



NAMA : HERI SOESILO
NRP : 3300 109 033

PENENTUAN JENIS DAN VARIASI JARAK ANTAR ELEKTRODA DALAM PROSES ELEKTROLISIS UNTUK
MENURUNKAN LOGAM BERAT Cr PADA LIMBAH INDUSTRI PENYEPUHAN LOGAM

TUGAS AKHIR - PL 1603

PENENTUAN JENIS DAN VARIASI JARAK ANTAR ELEKTRODA DALAM PROSES ELEKTROLISIS UNTUK MENURUNKAN LOGAM BERAT Cr PADA LIMBAH INDUSTRI PENYEPUHAN LOGAM

HERI SOESILO
NRP 3300 109 033

Dosen Pembimbing
Abdu Fadli Assomadi, SSI, MT

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2006



FINAL PROJECT - PI 1603

DESTINATION OF VARIATION CATHODE AND DISTANCE OF ELECTRODE IN ELECTROLYSIS PROCESS FOR REMOVING CHROMIUM IN THE ELECTROPLATING INDUSTRY

HERI SOESILO
3300.109.033

Supervisor
Abdu Fadli Assomadi, SSi, MT

ENVIROMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2006

**PENENTUAN JENIS KATODA DAN VARIASI JARAK
ANTAR ELEKTRODA DALAM PROSES ELEKTROLISIS
UNTUK MENURUNKAN LOGAM BERAT Cr PADA
LIMBAH INDUSTRI PENYEPUHAN LOGAM**

Nama Mahasiswa : HERI SOESILO
Nrp : 3300.109.033
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP - ITS
Dosen Pembimbing : ABDU FADLI ASSOMADI, SSI. MT.

Abstrak

Industri pelapisan logam (elektroplating), dapat menghasilkan air limbah yang mengandung unsur-unsur logam, salah satunya Cr. Apabila dibuang langsung ke badan air akan membahayakan lingkungan. Untuk itu, perlu dikembangkan suatu teknik pengolahan sederhana untuk menurunkan kadar logam berat yang bisa diterapkan pada industri-industri tersebut, yaitu dengan prinsip elektrolisa sebagai salah satu alternatif pemecahan dalam menangani permasalahan air buangan yang mengandung logam berat Cr.

Pada penelitian ini dilakukan penyisihan logam Cr dengan variasi yang dilakukan adalah jenis katoda dan jarak antar elektroda. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan efisiensi removal yang terbesar dalam penurunan logam berat Cr. Proses elektrolisa dilakukan dalam proses batch selama waktu 180 menit. Jarak antar elektroda yang digunakan adalah sebesar 2 cm; 3 cm, 5 cm dan 6 cm, sedangkan jenis katoda yang digunakan adalah karbon dan besi..

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar logam berat Cr dapat diturunkan melalui proses elektrolisa dengan berbagai macam jarak antar elektroda yang berbeda. Efisiensi penghilangan Cr terbesar terjadi pada katoda besi dengan jarak 2 cm yaitu 91,63%. Sedangkan untuk katoda karbon pada jarak 2 cm kenaikan efisiensi removal Cr sebesar 84,15%.

Kata kunci: Elektrolisa, Cr (Kromium), jenis katoda, jarak antar elektroda

**DESTINATION OF VARIATION CATHODE AND DISTANCE
OF ELECTRODE IN ELECTROLYSIS PROCESS
FOR REMOVING CHROMIUM
IN THE ELECTROPLATING INDUSTRY**

Name : HERI SOESILO
ID No : 3300.109.033
Departement : Environmental Engineering
Faculty of Civil Engineering And
Planning - Institute of Technology
Sepuluh Nopember
Supervisor : ABDU FADLI ASSOMADI, SSi. MT.

Abstrak

Industries of metal veneering (electroplating) can produce chromatic waste water and contain metal elements. If the waste water is thrown into a river, it will endanger the human life. So, it is require to developed a simple method to degrade the content of heavy metal that can be applied to industries that their waste water contains heavy metal. The method is called electrolysis. It can be used as an alternative to treat waste water that contains heavy metals such as Cr (Chromium).

The electrolysis is applied in a batch process for a duration of 180 minutes. The variables in this research are the variation distance between of cathodes and and variation of cathode. These variable are used to identify the biggest removal efficiency of Cr. The distance between electrodes are 2 cm; 3 cm,5 cm and 6 cm The variation of its cathode are Carbon and Ferrum.

The research result show that the concentration of Cr can be decreased by electrolysis process Using many electrode distance the biggest removal efficiency is 91,63% by using 2 cms electrode distance. As cathode variation, the using of ferrum cathode can decrease the Cr removal efficiency up to 91,63% bigger in result compare to the use of.

Keywords : Electrolysis, Cr (Chromium), distance of electrode , and variation of cathode

**PENENTUAN JENIS KATODA DAN VARIASI JARAK
ANTAR ELEKTRODA DALAM PROSES ELEKTROLISIS
UNTUK MENURUNKAN LOGAM BERAT Cr PADA
LIMBAH INDUSTRI PENYEPUHAN LOGAM**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

HERI SOESILO

Nrp. 3300 109 033

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Abdu Fadli Assomadi, SSi. MT

NIP. 132 314 574

**SURABAYA
SEPTEMBER , 2006**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil' alamin.....

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penentuan Jenis Katoda dan Variasi Jarak Antar Elektroda Dalam Proses Elektrolisis Untuk Menurunkan Logam Berat Cr Pada Limbah Industri Penyepuhan Logam”.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu kegiatan kurikuler yang berbobot 5 SKS yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Teknik Lingkungan Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan ITS untuk dapat meraih gelar Sarjana Teknik.

Tidak lupa pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Abdu Fadli Assomadi, SSi, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Agus Slamet., MSc, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan.
3. Bapak Ir. Hariwiko Indaryanto, M.Eng, Sc. Selaku dosen wali yang telah banyak membimbing kami selama masa perkuliahan serta Bapak/Ibu Dosen Teknik Lingkungan FTSP-ITS, atas ilmu yang diberikan kepada kami.
4. Bapak Ir. M. Razif, MM, Bapak Ir. Didik BS, MT dan Ibu Atiek M, MKes selaku dosen penguji tugas Akhir ini yang telah memberikan masukan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.
5. Kedua Orang Tuaku di Kediri dan Adikku Sony “Momon” tercinta yang telah memberikan dukungan, semangat serta do'anya.
6. Bapak dan Ibu di Laboratorium TL, atas bantuannya dan bapak Irfan, dan bapak Asmadi diterima kasih atas pinjaman bukunya.
7. Luthfi, Bonie, Hendra, Mic, Farid, Citra, Aan Fis '03, Rani Stat '00, Adit, Nit-not '02, Nop nop '02, Nopeng 'D3Kim, Trido 'D3Kim, Ita, Eki, Joko, Dika, Ahmad, Bram, Ririn, Na², Rima, Yusnizar 'UB, Erie 'UB, Widyana 'UB atas semua bantuannya dan TL angkatan 2000.
8. Semua pihak yang telah membantu penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Logam	5
2.1.1 Logam Berat	5
2.1.2 Sifat Toksisitas Logam Berat di Lingkungan Perairan	8
2.1.2.1 Logam Berat Kromium (Cr)	9
2.1.2.2 Sifat Kimia Kromium	10
2.1.2.3 Dampak Negatif Cr Terhadap Mahkluk Hidup	11
2.2 Elektrolisis	12
2.2.1 Sel Elektrokimia	12
2.2.2 Prinsip Reaksi Redoks (Reduksi-Oksidasi)	13
2.3 Prinsip Dasar Elektrolisis	15
2.3.1 Pengertian <i>Entalphi</i> atau Kandungan Panas	15
2.3.3 Persamaan Nernst	16
2.3.4 Sel Elektrolisa	18
2.3.4.1 Reaksi-reaksi pada Katoda	19
2.3.4.2 Reaksi-reaksi pada Anoda	20

2.4 Proses Produksi Industri Elektroplating	21
2.5 Sumber Limbah dan Pengolahan	
Limbah Cair Industri Penyepuhan Logam	25
2.5.1 Sumber Limbah	25
2.5.2 Pengolahan Limbah Cair	25
2.6 Inductively Coupled Plasma Spectrometry (ICPS)	27
2.7 Perhitungan Prosentase Efisiensi Removal Cr	30
2.8 Jurnal Penelitian Terdahulu	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Umum	33
3.2 Kerangka Penelitian	33
3.3 Sampel Uji	38
3.4 Spesifikasi Peralatan dan Bahan Untuk Uji Elektrolisis	38
3.5 Proses Penelitian dan Metode Analisis	40
3.6 Prosedur Pelaksanaan	42
3.7 Teknik Pengambilan Sampel	43
3.8 Pengolahan Data	43
3.9 Potensial Dekomposisi	44
3.10 Perhitungan Potensial Dekomposisi	44
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Penelitian Pendahuluan	47
4.2 Analisa Data	48
4.2.1 Pengaruh Jarak Terhadap Penurunan Konsentrasi Cr dan Efisiensi Removal	48
4.2.2 Pengaruh Jenis Katoda Terhadap Penurunan Konsentrasi Cr	55
4.2.3 Perubahan Suhu	58
4.2.4 Pengaruh pH	60
4.3 Analisa Pembahasan	62
4.3.1 Pengaruh Jarak Terhadap Proses Elektrolisis	62
4.3.2 Pengaruh Jenis Katoda Terhadap Proses Elektrolisis	62

4.3.3 Pengaruh Temperatur Terhadap Proses Elektrolisis	63
4.3.4 Hubungan Waktu dengan Efisiensi Removal	64
4.3.5 Pengaruh Interaksi Jenis Katoda dan Jarak	65
4.3.6 Effisiensi Removal pada Katoda Besi dan Karbon	66
4.3.7 Laju Reaksi	66
4.3.8 Analisa Statistik dengan SPSS	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Densitas, berat atom dan titik cair dari beberapa logam ringan dan berat	6
Tabel 2.2	Pemakaian Unsur-unsur Logam Berat Dalam Berbagai Industri	7
Tabel 2.3	Potensial Standar Elektrode Logam pada 25°C	14
Tabel 2.4	Potensial Oksidasi-Reduksi Standar dari Sistem Asam-Basa dan Redoks Gabungan pada 25°C	15
Tabel 2.5	Panjang Gelombang dan Sensitivitas	29
Tabel 4.1	Penelitian Pendahuluan	47
Tabel 4.2	Penelitian Uji Kontrol	48
Tabel 4.3	Penurunan Konsentrasi Cr Berdasarkan Variasi Jarak Antar Elektroda	49
Tabel 4.4	Penurunan Efisiensi Removal Cr Berdasarkan Variasi Jarak Antar Elektroda	51
Tabel 4.5	Penurunan Konsentrasi Cr Berdasarkan Variasi Jenis Katoda	55
Tabel 4.6	Perubahan Suhu pada Variasi Jenis Katoda Terhadap Jarak Antar Elektroda	58
Tabel 4.7	Perubahan pH pada Variasi Jenis Katoda Terhadap Jarak Antar Elektroda	60
Tabel 4.8	Deskripsi Analisis Statistik dengan Metode SPSS pada variasi jenis katoda	68
Tabel 4.9	Analisa Statistik dengan Metode ANOVA (jenis katoda karbon)	69
Tabel 4.10	Analisa Statistik dengan Metode ANOVA (jenis katoda besi)	70
Tabel 4.11	Pengaruh Variasi pada Penurunan Konsentrasi Cr pada Jenis Katoda	70
Tabel 4.12	Deskripsi Analisis Statistik dengan Metode SPSS Pada Variasi Jarak Antar Elektroda	71
Tabel 4.13	Analisa Statistik dengan Metode ANOVA (jarak antar elektroda 2 cm)	72

Tabel 4.14 Pengaruh Variasi pada Penurunan Konsentrasi Cr pada Jarak Antar Elektroda	73
Tabel 4.15 Deskripsi Analisis Statistik dengan Metode SPSS Pada Variasi Jarak Antar Elektroda	74
Tabel 4.16 Analisa Statistik dengan Metode ANOVA (jenis katoda dan jarak antar elektroda 2 cm)	75
Tabel 4.17 Pengaruh Variasi pada Penurunan Konsentrasi Cr pada Jenis Katoda dan Jarak Antar Elektroda	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Listrik Pelapisan	22
Gambar 2.2 Diagram Alir Pelapisan Serta Potensi Bahan Pencemar	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian	34
Gambar 3.2 Peralatan Untuk Elektrolisis	42
Gambar 4.1 Grafik Prosentase Efisiensi Removal Cr Berdasarkan Jarak untuk Katoda Karbon	54
Gambar 4.2 Grafik Prosentase Efisiensi Removal Cr Berdasarkan Jarak untuk Katoda Besi	54
Gambar 4.3 Grafik Penurunan Konsentrasi Cr Berdasarkan Katoda Karbon	57
Gambar 4.4 Grafik Penurunan Konsentrasi Cr Berdasarkan Katoda Besi	57
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Suhu Berdasarkan pada Jarak Terhadap Jenis Katoda Karbon	59
Gambar 4.6 Grafik Perubahan Suhu Berdasarkan pada Jarak Terhadap Jenis Katoda Besi	59
Gambar 4.7 Grafik Perubahan pH Berdasarkan Jarak pada Jenis Katoda Karbon	61
Gambar 4.8 Grafik Perubahan pH Berdasarkan Jarak pada Jenis Katoda Besi	61
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Waktu Terhadap Efisiensi Removal	65
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Jarak Terhadap Efisiensi Removal	66
Gambar 4.11 Grafik Perubahan Kecepatan Laju Reaksi Katoda Karbon	67
Gambar 4.12 Grafik Perubahan Kecepatan Laju Reaksi Katoda besi	67

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A ANALISA LABORATORIUM KONSENTRASI Cr	81
LAMPIRAN B PROSEDUR ANALISA DENGAN ICPS	97
LAMPIRAN C FOTO-FOTO PENELITIAN ELEKTROLISIS	99
LAMPIRAN D PERHITUNGAN TEMPERATUR TEORITIS	105
LAMPIRAN E PENENTUAN ORDE LAJU REAKSI	107
LAMPIRAN F METODE ANALISA STATISTIK	117

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Logam	5
2.1.1 Logam Berat	5
2.1.2 Sifat Toksisitas Logam Berat di Lingkungan Perairan	8
2.1.2.1 Logam Berat Kromium (Cr)	9
2.1.2.2 Sifat Kimia Kromium	10
2.1.2.3 Dampak Negatif Cr Terhadap Mahkluk Hidup	11
2.2 Elektrolisis	12
2.2.1 Sel Elektrokimia	12
2.2.2 Prinsip Reaksi Redoks (Reduksi-Oksidasi)	13
2.3 Prinsip Dasar Elektrolisis	15
2.3.1 Pengertian <i>Entalphi</i> atau Kandungan Panas	15
2.3.3 Persamaan Nernst	16
2.3.4 Sel Elektrolisa	18
2.3.4.1 Reaksi-reaksi pada Katoda	18
2.3.4.2 Reaksi-reaksi pada Anoda	19
2.4 Proses Produksi Industri Elektroplating	21

2.5 Sumber Limbah dan Pengolahan	
Limbah Cair Industri Penyepuhan Logam	25
2.5.1 Sumber Limbah	25
2.5.2 Pengolahan Limbah Cair	25
2.6 Inductively Coupled Plasma Spectrometry (ICPS)	27
2.7 Perhitungan Prosentase Efisiensi Removal Cr	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum	31
3.2 Kerangka Penelitian	31
3.3 Sampel Uji	36
3.4 Spesifikasi Peralatan dan Bahan Untuk Uji Elektrolisis	36
3.5 Proses Penelitian dan Metode Analisis	38
3.6 Prosedur Pelaksanaan	40
3.7 Teknik Pengambilan Sampel	41
3.8 Pengolahan Data	41
3.9 Potensial Dekomposisi	42
3.10 Perhitungan Potensial Dekomposisi	42

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan	45
4.2 Analisa Data	46
4.2.1 Pengaruh Jarak Terhadap Penurunan Konsentrasi Cr dan Efisiensi Removal	46
4.2.2 Pengaruh Jenis Katoda Terhadap Penurunan Konsentrasi Cr	53
4.2.3 Pengaruh Suhu	56
4.2.4 Pengaruh pH	58
4.3 Analisa Pembahasan	60
4.3.1 Pengaruh Jarak Terhadap Proses Elektrolisis	60
4.3.2 Pengaruh Jenis Katoda Terhadap Proses Elektrolisis	60
4.3.3 Pengaruh Temperatur Terhadap Proses Elektrolisis	61
4.3.4 Hubungan Waktu dengan Efisiensi Removal	62

4.3.5 Pengaruh Interaksi Jenis Katoda dan Jarak	63
4.3.6 Hubungan Karbon Vs Besi	64
4.3.7 Kecepatan Dekomposisi	64
4.3.8 Analisa Statistik dengan SPSS	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A	79
LAMPIRAN B	95
LAMPIRAN C	97
LAMPIRAN D	103
LAMPIRAN E	105
LAMPIRAN F	115

BUKTI BEBAS PINJAM
PERPUSTAKAAN TEKNIK LINGKUNGAN

Bersama ini dinyatakan bahwa :

Nama : HERI SOESILO
Nrp : 3300.109.033

Telah memenuhi persyaratan perpustakaan sebagai berikut :

- Tidak mempunyai pinjaman buku, jurnal dan lain lain dari perpustakaan Teknik Lingkungan ITS
- Tidak punya tunggakan denda dari pinjaman
- Telah menyerahkan daftar pustaka ++ (bentuk CD)
- Telah menyumbang textbook atau foto kopi

Senilai : 70,000 (Terbilang : Tujuh puluh ribu rupiah)

doa untuk wisudawan wisudawati kami :

Ya Allah Tuhanku,

lapangkanlah hatiku, dan mudahkanlah urusanku,

lancarkanlah lisanku, agar mereka mengerti maksudku

Surabaya, 9 Agustus 2006
Pengelola Perpustakaan Teknik Lingkungan ITS

Ir. Ellina S. Pandebesie MT
NIP. 132 001 481

BUKTI BEBAS PINJAM
PERPUSTAKAAN TEKNIK LINGKUNGAN

Bersama ini dinyatakan bahwa :

Nama : HERI SOESILO
Nrp : 3300.109.033

Telah memenuhi persyaratan perpustakaan sebagai berikut :

- Tidak mempunyai pinjaman buku, jurnal dan lain lain dari perpustakaan Teknik Lingkungan ITS
- Tidak punya tunggakan denda dari pinjaman
- Telah menyerahkan daftar pustaka ++ (bentuk CD)
- Telah menyumbang textbook atau foto kopi

Senilai : 22,580 (Terbilang : Tujuh puluh ribu rupiah)

doa untuk wisudawan wisudawati kami :

Ya Allah Tuhanku,

lapangkanlah hatiku, dan mudahkanlah urusanku,

lancarkanlah lisanku, agar mereka mengerti maksudku

Surabaya, 9 Agustus 2006
Pengelola Perpustakaan Teknik Lingkungan ITS

Ir. Ellina S. Pandebesie MT
NIP. 132 001 481

Nama : Heri Soesilo (Raja Kediri)
 Nrp : 3300-109-033
 Alamat kost : Gebang Kidul 11 Surabaya
 Alamat rumah : Jl. KH Agus Salim No. 2B Kediri
 Telp./Fax/HP/E-mail : (0354) 773304
 Judul TA : **Penentuan Jenis Katoda dan Variasi Jarak**

No.	Pengarang	Tahun terbit	Judul - buku/jurnal/internet (web site)
1.	Connel, W and Miller G.J	1995	Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran
2.	Droga, SK	1990	Kimia Fisik dan Soal Soal
3.	Day, RA Underwood AC	1996	Analisa Kimia Kuantitatif
4.	Fahidy T.Z	1985	Principle of Electrochemichal Reactor Analysis
5.	Goodridge, F and Scott, K	1995	Electrochemical Process Engineering
6.	Hamidah (Majalah Oseana)	1984	Pengaruh Logam Berat Terhadap Lingkungan
7.	Heitz ,E	1985	Principes Of Electrochemichal Engineering
8.	Hutagalung (Majalah Oseana)	1984	Logam Berat dalam Lingkungan Perairan.
9.	Khopkar	1990	Konsep Dasar Kimia Analitik
10.	Maron, Samuel H and Lando	1974	Fundamentals of Physical Chemistry
11.	M.Taufan	1994	Tugas Akhir : Penurunan Limbah Anorganik Cadmium (Cd) dengan Menggunakan Prinsip Elektrolisa
12.	Palar	1994	Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat
13.	Petrucci. Ralph H – Suminar	1985	Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern
14.	Suhendrayatna	2001	Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme Suatu Kajian Kepustakaan
15.	Surono dan Soeprijanto	1991	Tugas Akhir :Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Timbal (Pb)
16.	Vogel	1990	Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro

HP : 08123133381

Antar Elektroda Dalam Proses Elektrolisis Untuk Menurunkan Logam Bera

Kota Terbit	Penerbit	Pustaka diperoleh dari ...?
	UI - Press	Perpus Pusat
Jakarta	UI - Press	Perpus Pusat
Jakarta	Erlangga	Perpus TL
New York		Perpus Pusat
New York and London	Plenum Press	Perpus Pusat
		Perpus Pusat
New York		Perpus Pusat
		Perpus Pusat
	UI Press	Perpus Pusat
	Macmillan Publishing Co. Inc	Perpus Pusat
Surabaya	Teknik Lingkungan FTSP - ITS	Perpus TL
Jakarta	PT. Rineka Cipta	Perpus Pusat
Jakarta	Erlangga	Perpus Pusat
		Internet
Surabaya	Teknik Lingkungan FTSP - ITS	Perpus TL
Jakarta	PT Kalman Media Pustaka	Perpus TL

E-mail : herryx_its@yahoo.com

It Cr Pada Limbah Industri Penyepuhan Logam

Alamat pustaka diperoleh	Kota	Kode Area	Telp./Fax	halaman	?...Harga
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)			
Kampus TL	Surabaya	SBY (031)			
Kampus TL	Surabaya	SBY (031)		339 - 341	
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)			
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)			
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)		15-19	
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)			
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)		1	
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)			
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)			
Kampus TL	Surabaya	SBY (031)			
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)			
Kampus Pusat	Surabaya	SBY (031)			
www.istecs.org					
Kampus TL	Surabaya	SBY (031)			
Kampus TL	Surabaya	SBY (031)		126 - 135	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Listrik Pelapisan	22
Gambar 2.2 Diagram Alir Pelapisan Serta Potensi Bahan Pencemar	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian	33
Gambar 3.2 Peralatan Untuk Elektrolisis	40
Gambar 4.1 Grafik Prosentase Efisiensi Removal Cr Berdasarkan Jarak untuk Katoda Karbon	52
Gambar 4.2 Grafik Prosentase Efisiensi Removal Cr Berdasarkan Jarak untuk Katoda Besi	52
Gambar 4.3 Grafik Penurunan Konsentrasi Cr Berdasarkan Katoda Karbon	55
Gambar 4.4 Grafik Penurunan Konsentrasi Cr Berdasarkan Katoda Besi	55
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Suhu Berdasarkan pada Jarak Terhadap Jenis Katoda Karbon	57
Gambar 4.6 Grafik Perubahan Suhu Berdasarkan pada Jarak Terhadap Jenis Katoda Besi	57
Gambar 4.7 Grafik Perubahan pH Berdasarkan Jarak pada Jenis Katoda Karbon	59
Gambar 4.8 Grafik Perubahan pH Berdasarkan Jarak pada Jenis Katoda Besi	59
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Waktu Terhadap Efisiensi Removal	62
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Jarak Terhadap Efisiensi Removal	63
Gambar 4.11 Grafik Perubahan Kecepatan Laju Reaksi Katoda Karbon	64
Gambar 4.12 Grafik Perubahan Kecepatan Laju Reaksi Katoda besi	65
Gambar C.1 Sampel limbah industri	97
Gambar C.2 Karbon	97
Gambar C.3 Besi	98
Gambar C.4 Adaptor	98

Gambar C.5	Ampermeter	99
Gambar C.6	Voltmeter	99
Gambar C.7	Reostat	100
Gambar C.8	Rangkaian elektrolisis	100
Gambar C.9	Hasil elektrolisis katoda besi	101
Gambar C.10	Hasil elektrolisis katoda karbon	101
Gambar E.1	Grafik laju reaksi jenis katoda karbon dan jarak antar elektroda 2 cm	106
Gambar E.2	Grafik laju reaksi jenis katoda karbon dan jarak antar elektroda 3 cm	107
Gambar E.3	Grafik laju reaksi jenis katoda karbon dan jarak antar elektroda 5 cm	108
Gambar E.4	Grafik laju reaksi jenis katoda karbon dan jarak antar elektroda 6 cm	109
Gambar E.5	Grafik laju reaksi jenis katoda besi dan jarak antar elektroda 2 cm	110
Gambar E.6	Grafik laju reaksi jenis katoda besi dan jarak antar elektroda 3 cm	111
Gambar E.7	Grafik laju reaksi jenis katoda besi dan jarak antar elektroda 5 cm	112
Gambar E.8	Grafik laju reaksi jenis katoda besi dan jarak antar elektroda 6 cm	113

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Densitas, berat atom dan titik cair dari beberapa logam ringan dan berat	6
Tabel 2.2 Pemakaian Unsur-unsur Logam Berat Dalam Berbagai Industri	7
Tabel 2.3 Potensial Standar Elektrode Logam pada 25°C	14
Tabel 2.4 Potensial Oksidasi-Reduksi Standar dari Sistem Asam-Basa dan Redoks Gabungan pada 25°C	15
Tabel 2.5 Panjang Gelombang dan Sensitivitas	29
Tabel 4.1 Penelitian Pendahuluan	45
Tabel 4.2 Penelitian Uji Kontrol	46
Tabel 4.3 Penurunan Konsentrasi Cr Berdasarkan Variasi Jarak Antar Elektroda	48
Tabel 4.4 Penurunan Efisiensi Removal Cr Berdasarkan Variasi Jarak Antar Elektroda	49
Tabel 4.5 Penurunan Konsentrasi Cr Berdasarkan Variasi Jenis Katoda	53
Tabel 4.6 Perubahan Suhu pada Variasi Jenis Katoda Terhadap Jarak Antar Elektroda	56
Tabel 4.7 Perubahan pH pada Variasi Jenis Katoda Terhadap Jarak Antar Elektroda	58
Tabel 4.8 Deskripsi Analisis Statistik dengan Metode SPSS pada variasi jenis katoda	66
Tabel 4.9 Analisa Statistik dengan Metode ANOVA (jenis katoda karbon)	67
Tabel 4.10 Analisa Statistik dengan Metode ANOVA (jenis katoda besi)	67
Tabel 4.11 Pengaruh Variasi pada Penurunan Konsentrasi Cr pada Jenis Katoda	68
Tabel 4.12 Deskripsi Analisis Statistik dengan Metode SPSS Pada Variasi Jarak Antar Elektroda	69
Tabel 4.13 Analisa Statistik dengan Metode ANOVA (jarak antar elektroda 2 cm)	70

Tabel 4.14 Pengaruh Variasi pada Penurunan Konsentrasi Cr pada Jarak Antar Elektroda	71
Tabel 4.15 Deskripsi Analisis Statistik dengan Metode SPSS Pada Variasi Jarak Antar Elektroda	72
Tabel 4.16 Analisa Statistik dengan Metode ANOVA (jenis katoda dan jarak antar elektroda 2 cm)	73
Tabel 4.17 Pengaruh Variasi pada Penurunan Konsentrasi Cr pada Jenis Katoda dan Jarak Antar Elektroda	74
Tabel E.1 Laju reaksi jenis katoda karbon dan jarak antar elektroda 2 cm	106
Tabel E.2 Laju reaksi jenis katoda karbon dan jarak antar elektroda 3 cm	107
Tabel E.3 Laju reaksi jenis katoda karbon dan jarak antar elektroda 5 cm	108
Tabel E.4 Laju reaksi jenis katoda karbon dan jarak antar elektroda 6 cm	109
Tabel E.5 Laju reaksi jenis katoda besi dan jarak antar elektroda 2 cm	110
Tabel E.6 Laju reaksi jenis katoda besi dan jarak antar elektroda 3 cm	111
Tabel E.7 Laju reaksi jenis katoda besi dan jarak antar elektroda 5 cm	112
Tabel E.8 Laju reaksi jenis katoda besi dan jarak antar elektroda 6 cm	113
Tabel F.1 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jarak antar elektroda 3 cm)	115
Tabel F.2 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jarak antar elektroda 5 cm)	115
Tabel F.3 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jarak antar elektroda 6 cm)	115
Tabel F.4 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jenis katoda karbon jarak antar elektroda 3 cm)	116
Tabel F.5 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jenis katoda karbon jarak antar elektroda 5 cm)	116

Tabel F.6 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jenis katoda karbon jarak antar elektroda 6 cm)	116
Tabel F.7 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jenis katoda besi jarak antar elektroda 2 cm)	117
Tabel F.8 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jenis katoda besi jarak antar elektroda 3 cm)	117
Tabel F.9 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jenis katoda besi jarak antar elektroda 5 cm)	117
Tabel F.10 Analisa statistik dengan metode ANOVA (jenis katoda besi jarak antar elektroda 6 cm)	118

