



PENENTUAN KURVA BREAKTROUGH UNTUK SCALE-UP KOLOM ADSORPSI Cr⁶⁺ MENGUNAKAN KARBON AKTIF

ICE – 410 Penelitian

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat tugas akhir guna memperoleh gelar Strata-1
dalam bidang ilmu teknik kimia

Disusun Oleh :

Velicia (2012 620 064)

Pembimbing :

Tedi Hudaya, S.T, M.Eng.Sc., Ph.D.



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**

No. Kode	: TK VEL p / 17 2017
Tanggal	: 24 Februari 2017
No. Ind.	: 4260-FTI / 9xp 33527
DIVISI	:
Medan	:
Dari	: FTI

LEMBAR PENGESAHAN



**JUDUL : PENENTUAN KURVA BREAKTROUGH UNTUK
SCALE-UP KOLOM ADSORPSI Cr⁶⁺ MENGGUNAKAN
KARBON AKTIF**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 19 Januari 2017

Pembimbing Tunggal

Tedi Hudaya, S.T, M.Eng.Sc., Ph.D.



LEMBAR REVISI

**JUDUL : PENENTUAN KURVA BREAKTROUGH UNTUK
SCALE-UP KOLOM ADSORPSI Cr⁶⁺ MENGGUNAKAN
KARBON AKTIF**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 19 Januari 2017

Penguji

Susiana Prasetyo, S.T.,M.T

Penguji

Herry Santoso, S.T.,M.T.M, Ph.D.



Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan Bandung

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Velicia

NPM : 2012 620 064

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

**“PENENTUAN KURVA *BREAKTROUGH* UNTUK *SCALE-UP* KOLOM ADSORPSI
Cr⁶⁺ MENGGUNAKAN KARBON AKTIF”**

adalah hasil pekerjaan saya, dan seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi dari peraturan yang berlaku.

Bandung, 19 Januari 2017

Velicia

2012 620 064

KATA PENGANTAR



Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian tepat pada waktunya. Penelitian dengan judul **“Penentuan Kurva Breaktrough untuk Scale-Up Kolom Adsorpsi Cr⁶⁺ menggunakan Karbon Aktif”** disusun dengan tujuan untuk memberikan informasi edukatif bagi masyarakat, khususnya untuk industri pelapisan logam tradisional di seluruh Indonesia.

Selama penyusunan Penelitian ini, penulis memperoleh banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Tedi Hudaya, S.T., M.Eng. Sc, Ph.D., selaku pembimbing atas bimbingan, pengarahan, dan perhatian yang telah diberikan selama penyusunan Penelitian.
2. Bapak Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D. dan Ibu Susiana Prasetyo, S.T.,M.T selaku dosen penguji atas kritik, saran yang telah diberikan untuk penelitian ini.
3. Kedua orang tua, saudara, serta seluruh keluarga penulis yang telah banyak memberi dukungan, baik secara moral, spiritual, maupun material.
4. Teman-teman yang telah banyak mendukung, membantu, dan memberi semangat khususnya Hans Kristianto, S.T, M.T. dan Lukito Hadisaputra, S.T., M.T. atas saran dan masukan untuk penelitian ini.
5. Semua pihak yang telah membantu penulis sehingga Penelitian ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Diharapkan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun dan memperbaiki mengenai isi Penelitian ini.

Bandung, 19 Januari 2017

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR REVISI	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian.....	2
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah Berbahaya dan Beracun.....	4
2.1.1 Identifikasi Limbah Berbahaya dan Beracun.....	6
2.1.2 Kriteria Limbah Berbahaya dan Beracun.....	6
2.1.2.1 <i>Ignitability</i> (Dapat Menyala).....	6
2.1.2.2 <i>Corrosivity</i> (Korosivitas).....	7

2.1.2.3 <i>Reactivity</i> (Reaktivitas)	7
2.1.2.4 <i>Toxicity</i> (Sifat Beracun).....	8
2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri <i>Electroplating</i>	8
2.2.1 Logam Berat Cr^{6+}	10
2.3 Adsorpsi	11
2.3.1 Tipe-Tipe Adsorpsi	12
2.3.1.1 Adsorpsi Fisika (<i>Physical Adsorption</i>).....	12
2.3.1.2 Adsorpsi Kimia (<i>Chemisorption</i>)	12
2.3.2 Adsorben	13
2.3.2.1 Granular Activated Carbon (GAC)	14
2.3.3 Keseimbangan Adsorpsi	16
2.4 Perancangan Fixed Bed Adsorbers.	19
2.4.1 Metode Analisa dan Perilaku <i>Fixed Bed Adsorbers</i>	20
2.4.2 Proses Adsorpsi di dalam <i>Fixed Bed Adsorbers</i>	21
2.4.3 Laju adsorpsi pada <i>Fixed Bed Adsorbers</i>	22
BAB III	29
RANCANGAN DAN METODE	29
3.1 Tahap-Tahap Penelitian	29
3.1.1 Perancangan dan Prosedur <i>Scale-Up</i> Kolom Adsorpsi.	29
3.1.2 Eksperimen Adsorpsi Skala Laboratorium	30
3.2 Alat dan Bahan.....	31
3.2.1 Alat.....	31
3.2.1.1 Alat Gelas dan Alat Pendukung	31
3.2.1.2 Alat Instrumen	32
3.2.2 Bahan.....	32
3.3 Metode Analisa	32
3.4 Variasi Percobaan	34

3.5	Prosedur Percobaan.....	34
3.5.1	Penentuan <i>Bulk Density</i> Adsorben	34
3.5.2	<i>Pre-Treatment</i> Karbon Aktif.....	35
3.5.3	Tahap Operasi Skala Laboratorium	35
3.5.3.1	Kesetimbangan Adsorpsi.....	35
3.5.3.2	Metode Analisa.....	36
3.5.3.2.a	Pembuatan Larutan Induk <i>1.5-diphenylcarbazine</i>	36
3.5.3.2.b	Pembuatan Larutan Sample Spektrofotometri.....	36
3.5.3.3	Pre Treatment Larutan Kromium Heksavalen Cr^{6+}	37
3.5.3.4	Tahap Operasi.....	37
3.5.4	Prosedur Perhitungan <i>Scale-Up</i>	38
3.6	Lokasi dan Pelaksanaan Penelitian	38
BAB IV	.....	40
PEMBAHASAN	.....	40
4.1	Eksperimen Skala Laboratorium.....	40
4.1.1	Kurva Standar Cr^{6+}	40
4.1.2	Pemilihan Karbon Aktif Granular	41
4.1.3	Kesetimbangan Adsorpsi	43
4.2	Adsorpsi Kolom Karbon Aktif Kontinu dan <i>Scale-Up</i> Kolom Adsorpsi	46
4.2.1	Percobaan Run 1	46
4.2.2	Percobaan Run 2	49
4.2.3	Percobaan Run 3	52
BAB V	.....	54
KESIMPULAN	.....	54
DAFTAR PUSTAKA	.....	55
LAMPIRAN A	.....	58
MATERIAL SAFETY DATA SHEET	.....	58

LAMPIRAN B	65
DATA PERCOBAAN DAN HASIL ANTARA	65
LAMPIRAN C	77
GRAFIK	77
LAMPIRAN D	81
CONTOH PERHITUNGAN	81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Electroplating.....	9
Gambar 2.2 Struktur Adsorben Secara Umum.	14
Gambar 2.3 Kurva Isoterm Adsorpsi.	16
Gambar 2.4 Skema Alat <i>Fixed Bed Adsorbers</i>	19
Gambar 2.5 Profil Konsentrasi Adsorbat pada Kolom dan Kurva <i>Breakthrough</i>	22
Gambar 2.6 Kurva Ideal <i>Breakthrough</i>	23
Gambar 2.7 (a) Kolom Adsorpsi (b) Kurva Kesetimbangan dan Garis Operasi	26
Gambar 2.8 Kurva <i>Breakthrough</i> Idealisasi.	27
Gambar 3.1 Skema Alat Kolom Adsorpsi Skala Laboratorium.....	31
Gambar 3.2 Struktur Molekul <i>1,5-diphenylcarbazide</i>	33
Gambar 3.3 Penentuan <i>Bulk Density</i> Karbon Aktif.....	34
Gambar 3.4 Bagan Prosedur <i>Pre-Treatment</i> Karbon Aktif.	35
Gambar 3.5 Prosedur Utama Kesetimbangan Adsorpsi	35
Gambar 3.6 Prosedur Pembuatan Larutan <i>1,5-diphenylcarbazide</i>	36
Gambar 3.7 Prosedur Pembuatan Larutan Sample Analisis.	36
Gambar 3.8 <i>Pre-Treatment</i> Larutan Kromium Heksavalen Cr^{6+}	37
Gambar 3.9 Tahap Operasi.	37
Gambar 3.10 Prosedur Perhitungan Scale Up.....	38
Gambar 4.1 Reaksi Kompleks Cr^{6+} dengan <i>1,5-diphenylcarbazide</i> . [11]	40
Gambar 4.2 Kurva Standar Cr^{6+}	41
Gambar 4.3 Kurva Isoterm Langmuir.....	44
Gambar 4.4 Kurva Isoterm Freundlich	45
Gambar 4.5 Kurva Kesetimbangan Adsorpsi	45
Gambar 4.6 Kurva <i>Breakthrough</i> Konsentrasi 10 ppm	47

Gambar 4.7 Kurva <i>Breakthrough</i> Konsentrasi 20 ppm.	50
Gambar 4.8 Kurva <i>Breakthrough</i> Konsentrasi 30 ppm.	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Pelapisan Logam.....	1
Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Pelapisan Logam.....	10
Tabel 2.2 Perbandingan Adsorpsi Fisika dengan Adsorpsi Kimia	13
Tabel 2.3 Ukuran Pori-Pori Karbon Aktif Umum.	15
Tabel 2.4 Metode Analisa Transisi Fixed Bed Adsorbers.	21
Tabel 3.1 <i>Rule-of-Thumb</i> Perancangan Kolom Adsorpsi	29
Tabel 3.2 Persamaan <i>Scale-Up</i> Kolom Adsorpsi.....	30
Tabel 3.3 Data-data yang dibutuhkan untuk <i>Scale-Up</i>	30
Tabel 3.4 Variasi Percobaan	34
Tabel 3.7 Rencana Jadwal Kegiatan Penelitian.	38
Tabel 4.1 Tabel Spesifikasi Jacobi Aquasorb 2000®.....	42
Tabel 4.2 Tabel Spesifikasi Jacobi Aquasorb 2000®.....	42
Tabel 4.3 Basis perhitungan dan <i>rule of thumb</i> yang digunakan untuk percobaan run 1 ...	48
Tabel 4.4 Spesifikasi Kolom Adsorpsi Percobaan Run 1.....	49
Tabel 4.5 Basis perhitungan dan <i>rule of thumb</i> yang digunakan untuk percobaan run 2 ...	51
Tabel 4.6 Spesifikasi Kolom Adsorpsi Percobaan Run 2.....	51
Tabel 4.6 Spesifikasi Kolom Adsorpsi Percobaan Run 3.....	53

DAFTAR NOTASI

q	kandungan adsorbat pada fasa padat (adsorben)	kg adsorbat/kg adsorben
K	konstanta isoterm	m^3/kg adsorben
c	kandungan adsorbat pada fasa fluida	kg adsorbat / m^3 fluida
C_o	konsentrasi umpan	mg/L
G_s	fluks laju umpan	massa luas ⁻¹ waktu ⁻¹
S_s	fluks laju adsorben pada unggun	massa luas ⁻¹ waktu ⁻¹
Y_o	kandungan adsorbat pada fasa fluida ($t = 0$)	massa adsorbat/massa fluida
Y_B	kandungan adsorbat pada fasa fluida ($t = \Theta_B$)	massa adsorbat/massa fluida
Y_E	kandungan adsorbat pada fasa fluida ($t = \Theta_E$)	massa adsorbat/massa fluida
Y	konsentrasi adsorbat pada fasa fluida kontinu	kg adsorbat / m^3 fluida
X	konsentrasi adsorbat pada unggun adsorben kontinu	kg adsorbat/kg adsorben
X_T	konsentrasi adsorbat pada unggun adsorben kontinu jenuh pada saat Kesetimbangan	
Y^*	konsentrasi adsorbat pada fasa fluida kontinu pada saat kesetimbangan	
Θ_A / T_a	waktu yang dibutuhkan ^u / mengadsorpsi pada zona adsorpsi	h
Θ_E / T_e	waktu yang dibutuhkan ^u / mengadsorpsi pada saat unggun jenuh	h
Θ_B / T_b	waktu yang dibutuhkan ^u / mengadsorpsi pada saat <i>breakpoint</i>	h
Θ_F / T_f	waktu yang dibutuhkan ^u / pembentukan zona adsorpsi	h
Θ_S / T_s	waktu idealisasi kurva <i>breakthrough</i>	h
w_b	jumlah keluaran pada saat <i>breakpoint</i>	-
w_A	jumlah keluaran pada saat terakumulasi (adsorpsi) pada unggun	-
w_E	jumlah keluaran pada saat jenuh	-
Z_a	tinggi zona adsorpsi	m
Z_s	tinggi karbon aktif	m
Z	tinggi unggun keseluruhan	m
U	luas kurva <i>breakthrough</i> (tingkat kejenuhan adsorben)	mg adsorbat / m^2

f	kemampuan fraksional adsorben	-
NTU	<i>Number of Transfer Unit</i>	-
HTU	<i>Height of Transfer Unit</i>	m
LUB	<i>Length of Unused Bed</i>	m
$K_y a_p$	Koefisien perpindahan massa karbon aktif	-
L	tinggi kolom skala industri	m
D	diameter kolom skala industri	m
A	luas permukaan kolom skala industri	m ²



INTISARI

Pencemaran akibat limbah cair industri yang mengandung logam berat merupakan masalah yang serius. Hal ini disebabkan karena logam berat bersifat beracun dan tidak dapat diuraikan. Limbah cair yang mengandung logam berat harus diolah secara efisien dan hati-hati. Industri pelapisan logam merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah cair mengandung logam berat diantaranya adalah Cr^{6+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , dan lain – lain.

Proses pelapisan logam adalah proses pelapisan logam dengan bantuan arus listrik searah pada logam yang dilapisi di dalam cairan elektrolit (biasanya mengandung logam berat) sehingga diperoleh karakteristik tertentu pada permukaan logam yang dilapis. Di Indonesia, industri pelapisan logam tradisional masih banyak yang kesulitan atau tidak mengolah limbahnya. Limbah dari pencelupan tersebut seringkali hanya dibuang ke sungai, sehingga menyebabkan polusi logam berat.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji dan merancang kolom adsorpsi karbon aktif untuk pengolahan limbah cair industri kecil yang mengandung kromium heksavalen Cr^{6+} . Penelitian ini dibagi dua tahap, yaitu untuk tahap pertama akan dilakukan prosedur *Scale-Up* perancangan kolom karbon aktif sehingga dapat diaplikasikan pada industri. Tahap kedua adalah melakukan eksperimen dalam skala laboratorium untuk mencari dan menentukan faktor-faktor yang dibutuhkan untuk prosedur *Scale-Up*.

Pada penelitian ini diperoleh persamaan kesetimbangan isoterm Langmuir memiliki persamaan $y = 1088,6 x - 18,665$ dengan $R^2 = 0,9933$ dan persamaan kesetimbangan isoterm Freundlich memiliki persamaan $y = 1,3111x - 7,4933$ dengan $R^2 = 0,9848$ sehingga adsorpsi pada penelitian ini mengikuti asumsi Langmuir. Persamaan kesetimbangan adsorpsi dengan persamaan Treyball memiliki persamaan garis $y = 6,9608 \text{ E-}04 x$ dengan $R^2 = 0,92596$.

Karbon aktif yang digunakan berbahan baku *Bituminous Coal* dengan merek Jacobi Aquasorb® 2000. Laju alir volumetrik umpan pada 100 mL / min dengan konsentrasi yang berbeda pada setiap run. Konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini untuk setiap run adalah 18,87 ; 19,58 dan 34,63 ppm. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode *Length of Unused Bed*, dengan kondisi operasi pada industri dengan laju alir superficial 400 $\text{kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ dengan waktu *breakthrough* 3 bulan, diperoleh spesifikasi kolom run 1 dengan diameter 0,44 m dan tinggi 1,63 m ; spesifikasi kolom run 2 dengan diameter 0,45 m dan tinggi 1,69 m ; dan spesifikasi kolom run 3 dengan diameter 0,46 m dan tinggi 1,72 m.



ABSTRACT

Pollution that caused by industrial wastewater containing heavy metals is a serious problem nowadays, it is because heavy metal cannot be degradable by biological substances. Wastewater containing heavy metals must be managed and process carefully. Electroplating industry is one of the industry that produce wastewater containing heavy metals such as Cr^{6+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , and etc.

Electroplating is the process of applying a metallic coating to an article by passing an electric current through an electrolyte in contact with the article, thereby forming a surface having properties or dimensions different from those of the article. In Indonesia, traditional electroplating industries still operating until nowadays. The traditional low budget electroplating industries usually dispose their electrolyte bath to the river, causing a really bad heavy metal pollution.

The purpose of this research is to analyze and to design fixed bed adsorbers with granular activated carbon as an adsorbent for chromium hexavalent Cr^{6+} wastewater treatment. This research will be divided into two section, the first one is to design fixed bed adsorbers followed with a Scale-Up procedure, and the second section is to take laboratory scale experiment to determine variables that needed for design and scale-up procedure.

Activated Carbon that were used in this research is from Bituminous Coal, Jacobi Aquasorb 2000®. In this research, the adsorption isotherm and adsorption equilibrium curve is determined. The Langmuir isotherm equation for this research is $y = 1088,6x - 18,665$ with $R^2 = 0,9933$, and the Freundlich isotherm equation for this research is $y = 1,3111x - 7,4933$ with $R^2 = 0,9848$, so the adsorption in this research follow Langmuir assumption. Adsorption equilibrium curve is determined by plotting the Treyball equation. The adsorption equilibrium equation for this research is $y = 6,9608 \text{ E-}04 x$ with $R^2 = 0,92596$. This equation have $R^2 < 0,99$ it is because Treyball has stated that this equation is derived from Freundlich equation.

The continuous lab-scale equation is held with volumetric flow is 100 mL/h. The inlet synthetic wastewater is prepared in different Cr^{6+} concentration for each run respectively 18,87 ; 19,58 and 34,63 ppm. Based on Scale-Up calculation with Length Of Unused Bed Methods, for superficial inlet flow $400 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ with breakthrough time 3 months, the specification for run 1 is 0,44 m diameter with 1,63 m depth ; specification for run 2 is 0,45 m diameter with 1,69 m depth; and specification for run 3 is 0,46 m diameter with 1,72 m depth.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di era industrialisasi dan urbanisasi sekarang ini, sejumlah besar logam berat telah dilepaskan ke dalam lingkungan, hal ini memberikan permasalahan yang serius di seluruh dunia. Logam berat ini memiliki sifat mencemarkan lingkungan, karena sifatnya yang tidak dapat di uraikan. Keberadaan logam berat di lingkungan merupakan ancaman karena logam berat bersifat beracun untuk semua makhluk hidup. Pencemaran logam berat biasa ditemukan di perairan sekitar industri, terutama pada industri pelapisan logam, pada daerah pertambangan, industri *chloralkali*, industri baterai dan industri radiator.

Pada penelitian ini, logam berat yang akan ditinjau adalah logam berat krom heksavalen (Cr^{6+}) yang berasal dari industri *electroplating* atau industri pelapisan logam. Proses *Electroplating* adalah proses pelapisan logam dengan mengalirkan listrik searah pada logam yang dilapisi di dalam cairan elektrolit (biasanya mengandung logam berat) sehingga menciptakan karakteristik permukaan logam yang baru. Pada beberapa industri, setelah proses pelapisan logam setelah itu diselesaikan dengan pencelupan pada cat. Berdasarkan literatur, telah diketahui bahwa limbah cair mengandung Cr^{6+} yang dihasilkan oleh industri *electroplating* pada rentang konsentrasi 1-40 ppm tanpa mengalami pengolahan *watertreatment*. [1]

Limbah cair hasil industri *electroplating* harus memenuhi baku mutu industri limbah cair yang ditentukan oleh Kementrian Lingkungan Hidup Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No : KEP-51/MENLH/10/1995. Berikut disertakan Tabel 1.1 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Pelapisan Logam.

Tabel 1.1 Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Pelapisan Logam . [2]

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
TSS (Total Solid Suspension)	mg/L	20
Sianida Total (CN) tersisa	mg/L	0.2
Krom Total (Cr)	mg/L	0.5
Krom Heksavalen (Cr^{6+})	mg/L	0.1
Tembaga (Cu)	mg/L	0.6

Tabel 1.1 Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Pelapisan Logam. (Lanjutan) [2]

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Seng (Zn)	mg/L	1.0
pH	mg/L	6.0-9.0
Nikel (Ni)	mg/L	1.0
Kadmium (Cd)	mg/L	0.05
Timbal (Pb)	mg/L	0.1
Debit Limbah Maksimum	L/ m ³ produk pelapisan logam	20

Berdasarkan baku mutu diatas, maka limbah cair hasil dari industri pelapisan logam sebelum dibuang ke lingkungan harus memenuhi kriteria diatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyediakan teknologi pengolahan limbah yang murah yang dapat di aplikasikan pada industri skala kecil – menengah. Karena studi yang mempelajari tentang keluaran limbah yang membawa logam berat telah menunjukkan bahwa adsorpsi merupakan teknik yang memiliki efektivitas tinggi untuk menghilangkan logam berat dari aliran limbah cair dan karbon aktif sering digunakan sebagai adsorben. [3]

1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian

Penyediaan teknologi pengolahan limbah cair mengandung logam Cr^{6+} yang tepat guna untuk skala kecil-menengah yang sederhana dengan biaya yang relatif terjangkau.

1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan tema sentral masalah penelitian ini, maka masalah-masalah yang dapat di identifikasikan adalah sebagai berikut :

- a) Bagaimana menentukan waktu untuk mencapai kejenuhan ?
- b) Bagaimana cara melakukan *scale-up* untuk skala industri berdasarkan hasil penelitian?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- a) Merancang, membuat, dan mengkaji efektivitas penghilangan logam berat Cr^{6+} dengan menggunakan kolom adsorpsi.
- b) Membuat prosedur perhitungan *Scale-up* kolom adsorpsi sehingga dapat digunakan pada skala industri.
- c) Menyediakan teknologi yang efektif, efisien dan ekonomis untuk pengolahan limbah cair mengandung logam berat Cr^{6+} .

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain :

- a) Bagi pemerintah : meningkatkan kualitas air buangan limbah cair dari industri *electroplating* sehingga bisa menjaga kualitas air di lingkungan sekitarnya.
- b) Bagi mahasiswa dan ilmuwan : memberikan tambahan ilmu pengetahuan tentang pengolahan limbah industri, khususnya untuk limbah cair mengandung logam berat secara efisien dan murah.
- c) Bagi masyarakat dan industri: mendapatkan ilmu untuk mengolah limbah cair mengandung logam berat secara efisien, mudah dan murah pengoperasiannya.