

PENGOLAHAN LARUTAN TEMBAGA(II) DENGAN MENGUNAKAN PROSES ADSORPSI KONTINU PADA UNGGUN TETAP DENGAN KARBON AKTIF

ICE-410 Laporan Penelitian

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

Disusun Oleh :

Daniel Setiawan (2013620091)

Pembimbing :

Arenst Andreas, S.T., S.Si., MSc., Ph.D

Katherine, S.T., Ph.D.



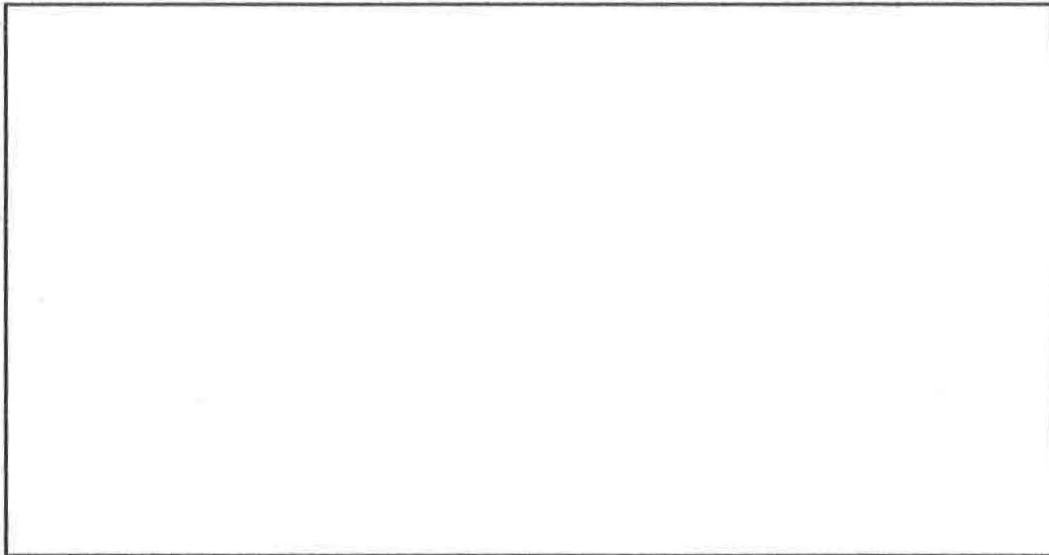
**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2018**



LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : PENGOLAHAN LARUTAN TEMBAGA(II) DENGAN MENGGUNAKAN PROSES ADSORPSI KONTINU PADA UNGGUN TETAP DENGAN KARBON AKTIF

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 3 Januari 2018

Pembimbing Utama

Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si, MSc., Ph.D

Pembimbing Kedua

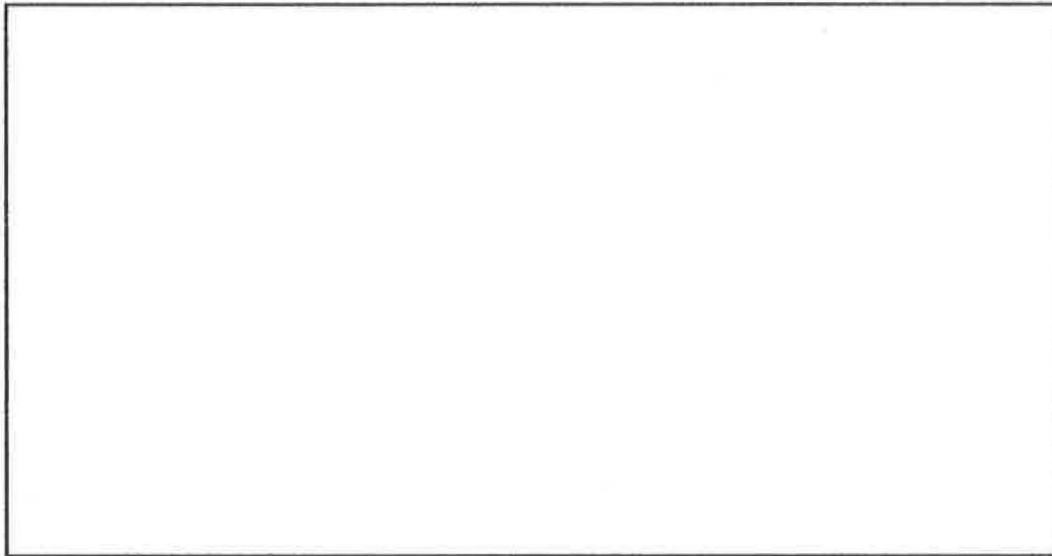
Katherine, S.T., PhD



LEMBAR REVISI

**JUDUL : PENGOLAHAN LARUTAN TEMBAGA(II) DENGAN
MENGUNAKAN PROSES ADSORPSI KONTINU PADA UNGGUN
TETAP DENGAN KARBON AKTIF**

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 3 Januari 2018

Penguji I,

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

Penguji II,

Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.

Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan Bandung



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Daniel Setiawan

NRP : 6213091

dengan ini menyatakan bahwa laporan proposal dengan judul :

**“PENGOLAHAN LARUTAN TEMBAGA(II) DENGAN MENGGUNAKAN
PROSES ADSORPSI KONTINU PADA UNGGUN TETAP DENGAN KARBON
AKTIF”**

adalah hasil perkerjaan 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, 3 Januari 2018

Daniel Setiawan
(2013620091)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan penyertaan-Nya sehingga laporan penelitian ini dapat tersusun hingga selesai sesuai dengan harapan. Proposal penelitian yang berjudul **“Pengolahan Larutan Tembaga(II) Dengan Menggunakan Proses Adsorpsi Kontinu Pada Unggun Tetap Dengan Karbon Aktif”** ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan.

Untuk segala dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si., MSc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, dukungan serta masukan saran selama penyusunan laporan.
2. Katherine, S.T., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan saran selama penyusunan laporan.
3. Orang tua, saudara, dan seluruh keluarga yang telah mendukung dan memberi perhatian.
4. Teman-teman yang telah memberi dukungan dan semangat.
5. Semua pihak yang ikut membantu penulis dalam proses penyusunan proposal penelitian.

Penulis menyadari masih ada banyak kekurangan dalam penyusunan laporan penelitian ini karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Bandung, 3 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Lembar Revisi	iii
Surat Pernyataan	iv
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Gambar	x
Intisari.....	xi
<i>Abstract</i>	xii
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis	3
1.5 Hipotesis	3
1.6 Tujuan Penelitian	3
1.7 Manfaat Penelitian	3
Bab II Tinjauan Pustaka	5
2.1 Logam Berat	5
2.1.1 Tembaga (Cu^{2+})	5
2.2 Adsorpsi	6
2.3 Mekanisme Adsorpsi	6
2.4 Jenis Adsorpsi	7
2.5 Karbon Aktif	8
2.5.1 Adsorpsi Ion Logam Berat dengan Karbon Aktif	10
2.5.2 Zat Pengompleks Ion Logam Tembaga	11
2.5.3 Regenerasi Karbon Aktif.....	13
2.6. Sistem Operasi Pada Adsorpsi.....	14
2.6.1 <i>Batch</i>	14
2.6.2. Kontinu	15

2.7.	Kurva Kinetik Percobaan.....	16
2.8.	Pola Konsentrasi pada <i>Fixed-Bed</i>	17
2.9	Parameter Proses <i>Fixed-Bed</i>	19
2.10	Parameter Proses pada Unggun Tetap.....	20
2.11	Model dari Kurva <i>Breakthrough</i>	22
2.11.1	Model Yoon-Nelson.....	22
2.11.2	Model Adams-Bohart.....	22
2.11.3	Model Thomas.....	23
2.12	Persamaan Adsorpsi Isotermal.....	23
2.12.1	Adsorpsi Isothermal Langmuir.....	24
2.12.2	Adsorpsi Isothermal Freundlich.....	25
2.13	<i>Review</i> Jurnal.....	25
Bab III	Bahan dan Metode Penelitian.....	28
3.1	Rancangan dan Tahapan Penelitian.....	28
3.2	Bahan dan Alat Penelitian.....	29
3.3	Prosedur Percobaan.....	31
3.3.1	Tahap Persiapan.....	31
3.3.2	Percobaan <i>Batch</i>	33
3.3.3	Percobaan Utama.....	34
3.4	Analisa Percobaan.....	36
3.4.1	Analisa Spektrofotometri UV-Vis.....	36
3.4.2	Analisis Model Kurva <i>Breakthrough</i>	36
3.4	Lokasi dan Pelaksanaan Penelitian.....	37
Bab IV	Pembahasan.....	40
4.1	Adsorpsi <i>Batch</i>	40
4.1.1	Isotermal Adosorpsi Langmuir.....	41
4.1.2	Isotermal Adsorpsi Freundlich.....	42
4.2	Adsorpsi Dengan Kolom Kontinu.....	45
4.2.1	Penentuan Laju Alir Optimum.....	46
4.2.2	Pengaruh Tinggi Unggun.....	47
4.2.3	Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan.....	48
4.3	Model Kurva <i>Breakthrough</i>	50
4.3.1	Model Adam-Bohart.....	50

4.3.2 Model Yoon-Nelson.....	52
4.3.3 Model Thomas.....	53
4.4 Perbandingan Model Kurva <i>Breakthrough</i>	54
Bab V Kesimpulan dan Saran.....	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
Daftar Pustaka	57
Daftar Simbol	60
Lampiran.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia (Sukardjo, 2002).....	8
Tabel 2.2 Perbandingan Adsorber <i>Fixed-Bed</i> dengan Adsorber <i>Slurry</i> (Worch, 2012).....	15
Tabel 2.3 Review Jurnal	26
Tabel 3.1 Variasi Percobaan Penentuan Laju Alir Optimum <i>Downflow</i>	28
Tabel 3.2 Percobaan <i>Batch</i>	28
Tabel 3.3 Variasi Konsentrasi Awal dan Tinggi Unggun Pada Laju Alir Optimum pada laju alir 51,6 ml/menit.....	29
Tabel 3.4 Jadwal Penelitian	38
Tabel 4.1 Parameter Isotermal Adsorpsi	44
Tabel 4.2 Perbandingan Nilai q_{total} Untuk Variasi Jumlah Karbon Aktif Pada Konsentrasi Awal Larutan Konstan	48
Tabel 4.3 Perbandingan Nilai q_{total} Untuk Variasi Konsentrasi Awal Larutan Pada Jumlah Karbon Aktif Konstan.....	50
Tabel 4.4 Parameter Adam-Bohart Seluruh Run Dengan Variasi Konsentrasi Awal Larutan dan Tinggi Unggun	51
Tabel 4.5 Parameter Adam-Bohart Variasi Konsentrasi Awal Larutan Pada Tinggi Unggun Tetap	51
Tabel 4.6 Parameter Adam-Bohart Variasi Tinggi Unggun Pada Konsentrasi Awal Larutan Tetap	51
Tabel 4.7 Hasil Parameter Model Yoon-Nelson	52
Tabel 4. 8 Hasil Parameter Model Thomas Untuk Setiap Run	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapasitas Adsorben pada Adsorpsi Ion Logam.....	11
Gambar 2.2 Kompleks Ligan Amonia dengan Tembaga 5	12
Gambar 2.3 Kurva Kinetik Perubahan Konsentrasi terhadap Waktu.....	16
Gambar 2.4 Profil Konsentrasi Adsorbat pada Kolom dan Kurva <i>Breakthrough</i>	17
Gambar 2.5 Kurva <i>Breakthrough</i> Adsorbat Tunggal	19
Gambar 2.6 Penentuan Kapasitas Kolom dari Kurva <i>Breakthrough</i>	19
Gambar 3.1 Rangkaian Alat Kolom Adsorpsi.....	30
Gambar 3.2 Skema Alat.....	31
Gambar 3.3 Prosedur Pembuatan Larutan Induk Tembaga Sulfat.	31
Gambar 3.4 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	32
Gambar 4.1 Kurva Linearisasi Model Adsorpsi Isotermal Langmuir	41
Gambar 4.2 Perbandingan q_e Model dengan Hasil Percobaan.....	42
Gambar 4.3 Kurva Linearisasi Model Isotermal Freundlich.....	43
Gambar 4.4 Perbandingan q_e Penelitian dengan Model Freundlich	44
Gambar 4. 5 Penentuan Kapasitas Kolom dari Kurva <i>Breakthrough</i>	46
Gambar 4.6 Kurva <i>Breakthrough</i> Variasi Laju Alir Dengan Konsentrasi Larutan 100 ppm dan 15 gram Karbon Aktif.....	47
Gambar 4.7 Kurva <i>breakthrough</i> Pengaruh Variasi Tinggi Unggun Terhadap Konsentrasi Awal Larutan Konstan.....	48
Gambar 4.8 Kurva <i>breakthrough</i> Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal Larutan Terhadap Tinggi Unggun Tetap.....	49

INTISARI

Logam berat sudah menjadi perbincangan para pecinta lingkungan. Seperti yang diketahui, logam berat tidak boleh dibuang secara langsung ke lingkungan tanpa melalui suatu proses pengolahan terlebih dahulu. Jika logam berat langsung dibuang ke lingkungan tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu, logam berat dapat mencemari lingkungan dan bahkan meracuni makhluk hidup, seperti manusia. Salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan adalah ion logam Cu^{2+} .

Salah satu cara mengolah limbah yang mengandung logam berat adalah dengan teknik adsorpsi. Menurut jenis prosesnya, adsorpsi dibagi menjadi batch dan kontinu. Untuk pengolahan limbah, lebih cocok menggunakan proses adsorpsi secara kontinu dengan menggunakan kolom unggun tetap. Adsorpsi secara kontinu dengan unggun tetap membuat proses adsorpsi menjadi lebih komersial, dapat mengolah limbah dalam jumlah besar, serta adsorben mendapatkan adsorbat baru secara terus menerus sehingga proses adsorpsi menjadi lebih optimal. Karbon aktif selalu menjadi salah satu pilihan untuk menjadi adsorben karena memiliki kemampuan adsorpsi yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari laju aliran, konsentrasi awal, dan tinggi unggun adsorben, terhadap kinerja kolom adsorpsi serta kapasitas dari kolom tersebut kontinu. Penelitian terdiri dari tahap persiapan penelitian dengan menentukan panjang gelombang maksimum larutan ion logam Cu^{2+} , lalu mencari hubungan adsorbansi dan konsentrasi dengan membuat kurva standar. Tahap percobaan utama dibagi menjadi dua yaitu adsorpsi *batch* isothermal dan adsorpsi kontinu dengan unggun tetap. Pada adsorpsi isothermal didapatkan hasil apakah data yang didapatkan sesuai dengan model Langmuir dan Freundlich dengan variasi konsentrasi 0-300 ppm dengan rentang 50 ppm menggunakan 1 gram karbon aktif. Pada adsorpsi kontinu, variasi yang dilakukan adalah dengan memvariasikan laju aliran, tinggi unggun 2, 4, dan 6 cm, dan konsentrasi awal sebesar 100, 150, dan 200 ppm. Ketika larutan dengan variasi tertentu keluar dari kolom, dilakukan sampling dalam rentang waktu tertentu sampai konsentrasi keluaran sama dengan konsentrasi umpan masuk. Kandungan logam berat dalam air dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan menggunakan pengompleks NH_3 yang menghasilkan senyawa kompleks berwarna biru tua. Data yang didapat diolah menjadi kurva *breakthrough* dengan menggunakan model Yoon-Nelson, model Adams-Bohart, dan model Thomas, lalu diamati model yang paling sesuai untuk percobaan ini.

Hasil penelitian untuk kasus *batch* menunjukkan model isothermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich tidak dapat ditentukan untuk penelitian kali ini karena konsentrasi larutan terlalu besar dan kurangnya data pada konsentrasi yang lebih rendah. Pada studi kolom, untuk penentuan laju alir optimum adalah 51,6 ml/menit. Pada variasi tinggi unggun, nilai q_{total} akan semakin meningkat seiring dengan kenaikan jumlah unggun dengan nilai q_{total} terbesar 140,867 mg pada tinggi unggun 6 cm. Pada variasi konsentrasi awal larutan, semakin meningkatnya konsentrasi awal maka waktu untuk mencapai *breakthrough* semakin cepat untuk jumlah karbon aktif yang sama. Model kurva *breakthrough* yang cocok adalah model Yoon-Nelson dan Adam-Bohart.

Kata kunci : logam berat, tembaga (II), karbon aktif, kontinu, adsorpsi, *fixed-bed*

ABSTRACT

Heavy metals are one of the concern for environmentalist. As we know, heavy metals cannot be thrown away to surroundings without advanced waste treatment. If heavy metals thrown away to surroundings without advanced waste treatment can contaminate surroundings and other living creatures, for example human. One of the heavy metals that can contaminate surroundings is Cu^{2+} ion.

One of the advanced waste treatment for heavy metals is by adsorption. According to its processes, adsorption is divided into batch process and continuous process. For waste treatment, adsorption using continuous process with fixed bed column is more suitable. Adsorption using continuous process with fixed bed column makes the adsorption process is available to use commercially, since it can be used to treat waste in large amount and the adsorbent obtain more adsorbate continuously, so the adsorption process become more optimal. Activated carbon is one of the available adsorbent that can be selected because it has good adsorption ability.

This experiment's purpose is to discover the effect of flow rate, initial concentration, and bed height of adsorbent toward column performance and column capacity in continuous process. This experiment is divided into pretreatment process, which is determination of maximum wavelength from Cu^{2+} ion solution and also adsorbance and concentration relation by using standard curve. The main process divided into isothermal batch adsorption and continuous adsorption using fixed bed column. From isothermal batch adsorption, the data will be converted and compared into Langmuir and Freundlich model with initial concentration variation from 0-300 ppm with 50 ppm range which is adsorbed using 1 gram of activated carbon. In continuous adsorption process, the variations were flow rate, bed height of adsorbent (2, 4, and 6 cm), and initial concentration (100, 150, and 200 ppm). When the solution came out from the column, samples were collected in certain time until the output concentration equal with input concentration. The heavy metal concentration in the solution was analyzed using UV-Vis spectrophotometer with NH_3 solution as complex and produce dark blueish complex compound. The data collected processed into breakthrough curve with Yoon-Nelson model, Adams-Bohart model, and Thomas model. From those models, suitable model will be chosen for this experiment.

The results from the isothermal batch adsorption shows that Langmuir isothermal adsorption model and Freundlich isothermal adsorption model cannot be determined because the solution concentration for this experiment is too large and the data for lower concentration is not available. In column studies, the optimum flow rate is 51,6 ml/minute. In bed height of adsorbent variations, q_{total} value increased as the height of bed increase, with the biggest q_{total} value is 140,867 mg for 6 cm height. In initial concentration variation, when the initial concentration increase, then the time to reach breakthrough is faster for the same amount of adsorbent. Breakthrough curve model Yoon-Nelson and Adam-Bohart is suitable for this experiment.

Key words: heavy metals, cooper (II), activated carbon, continuous, adsorption, fixed bed

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah salah satu unsur inti dari kehidupan bagi semua makhluk hidup. Namun di era yang dewasa ini, sebagian besar dari sumber air yang tersedia telah tercemar oleh zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Zat-zat berbahaya tersebut berasal dari limbah buangan yang berasal dari kegiatan industri yang dibuang tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu adalah salah satu penyebab utama sumber air tercemar. (Wardhana, 1995) Polutan pencemar memiliki berbagai macam jenisnya, salah satunya adalah logam berat yang banyak digunakan atau dihasilkan industri di negara maju atau negara berkembang. (Darmono, Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup, 1995)

Pencemaran pada air, dapat dikarenakan oleh perkembangan industri yang sangat pesat. Banyak industri menggunakan logam berat dalam proses produksi mereka, baik untuk alat pengoprasi atau sebagai produk utama. Salah satu logam yang sering digunakan adalah tembaga (Cu^{2+}). Aplikasi penggunaan logam tembaga adalah sebagai alat penukar panas, kabel listrik, bahkan sebagai mata uang. Hal tersebut dikarenakan sifat tembaga yang merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. (Eisler, 2007)

Menurut Darmono (2006), yang termasuk logam berat berbahaya yaitu krom (Cr), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), arsen (As), dan kadmium (Cd). Logam tembaga adalah salah satu logam beracun dan berbahaya bagi lingkungan. (Darmono, Lingkungan Hidup dan Pencemaran; hubungannya dengan toksilologi senyawa logam, 2006) Karena memiliki racun, tembaga dapat menyebabkan terjadinya keracunan akut bahkan keracunan kronis jika dikonsumsi dalam jumlah banyak. Efek samping dari tembaga (Cu^{2+}) adalah reaksi alergi pada kulit. Jika terhirup akan menyebabkan gangguan pernafasan seperti batuk, sesak nafas, dan hidung gatal. Karena sifat logam berat yang dapat terakumulasi pada rantai makanan, maka pengolahan untuk logam berat menjadi salah satu topik penting penelitian saat ini untuk kelangsungan kehidupan. (Darmono, Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup, 1995) Batas maksimum Cu^{2+} yang diperbolehkan menurut WHO dalam air minum sebesar 1,5 mg/L. (Bilal, et al., 2013)

Salah satu metode yang umum digunakan untuk pengolahan limbah adalah dengan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses fisika dan/atau proses kimia dimana suatu zat terlarut dalam larutan menempel, terikat, atau terserap didalam permukaan. (mihelcic, 1999)

kelebihan dari teknologi adsorpsi adalah biaya operasi yang rendah, efisiensi tinggi, pengoprasian yang sederhana, ramah lingkungan. Karbon aktif menjadi pilihan untuk menjadi adsorben karena memiliki kemampuan menjadi adsorben yang baik. Sebagian besar penelitian yang telah dilakukan, menggunakan adsorben karbon aktif untuk mengadsorp ion logam berat. (Gong, et al., 2014)

Adsorpsi dibedakan menjadi 2 dalam segi proses. Proses secara batch dan kontinu. Proses batch dilakukan untuk mengolah limbah dalam jumlah yang sedikit, sedangkan proses kontinu dilakukan untuk mengolah limbah dalam jumlah yang cukup banyak. Sistem kontinu banyak menggunakan pendekatan untuk dilapangan (skala industri) karena lebih cocok untuk proses industri. Dengan cara mengontakkan adsorben dengan adsorbat secara terus menerus, membuat proses adsorpsi kontinu dapat mengadsorp dengan optimal. Ukuran partikel adsorben yang sering digunakan untuk proses kolom unggun tetap adalah 8-50 mesh. (Hadiwidodo, 2008)

Pada penelitian ini, menggunakan karbon aktif sebagai isi pada unggun (adsorben) untuk mengadsorp ion logam berat Cu^{2+} dalam larutan air. Variasi yang akan dilakukan pada penelitian kali ini adalah variasi laju alir, konsentrasi awal, tinggi unggun, dan pH larutan. Analisis yang dilakukan adalah analisi kurva *breakthrough* dengan tiga model yaitu model Yoon-Nelson, model Thomas, dan model Adams-Bohart.

1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian

Analisis pada kinerja kolom adsorpsi kontinu dengan menggunakan karbon aktif sebagai adsorben untuk pengolahan limbah yang mengandung ion logam Cu^{2+} serta mengetahui pengaruh variasi laju alir, konsentrasi awal, dan tinggi unggun terhadap kapasitas adsorpsi dan model kurva *breakthrough*.

1.3 Identifikasi Masalah

Masalah yang akan diidentifikasi pada penelitian kali ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi laju alir terhadap kinerja kolom adsorpsi?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi awal umpan (adsorbat) terhadap kinerja kolom adsorpsi?
3. Bagaimana pengaruh variasi tinggi unggun adsorben terhadap kinerja kolom adsorpsi?
4. Berapa kapasitas adsorpsi maksimum ion logam Cu^{2+} menggunakan karbon aktif pada sistem kontinu ?

1.4 Premis

1. Dimensi kolom adsorpsi dengan diameter dalam 1cm dan tinggi 30 cm. Adsorpsi Cu, dengan *granular activated carbon* pada kolom unggun tetap. (Paul Chen & Wang, Separation and Purification Technology, 1999)
2. Konsentrasi Cu^{2+} 5×10^{-5} M, 1×10^{-4} M, dan 3×10^{-4} M. Adsorpsi menggunakan kolom unggun tetap dengan karbon aktif (Paul Chen, Yoon, & Yiacoumi, Carbon 41, 2003)
3. Laju alir larutan Cu^{2+} 2,5 ml/min sampai 10 ml/min (Paul Chen & Wang, Separation and Purification Technology, 1999). Laju alir 10 dan 15 ml/menit. (Paul Chen, Yoon, & Yiacoumi, Carbon 41, 2003)

1.5 Hipotesis

1. Kapasitas kolom adsorpsi dan konsentrasi keluaran adsorpsi dipengaruhi oleh laju alir adsorbat, konsentrasi awal adsorbat, dan tinggi unggun adsorben.
2. Semakin lambat laju alir masuk ke kolom, maka adsorpsi akan berjalan semakin baik karena larutan memiliki kontak secara baik dengan karbon aktif sehingga kapasitas adsorpsi semakin besar.
3. Kenaikkan jumlah adsorben akan menghasilkan peningkatan kapasitas adsorpsi pada kolom.
4. Kenaikkan konsentrasi awal larutan akan mengakibatkan adsorben lebih cepat jenuh dan berakhirnya proses adsorpsi.

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh laju alir adsorbat terhadap kinerja kolom.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi awal adsorbat terhadap kinerja kolom.
3. Mempelajari pengaruh tinggi unggun terhadap kinerja kolom.
4. Menentukan kapasitas adsorben penelitian.

1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini :

1. Bagi peneliti dan mahasiswa: menambah pengetahuan mengenai pengaruh laju alir adsorbat, konsentrasi awal adsorbat, dan tinggi unggun adsorben terhadap kapasitas dan

konsentrasi keluaran kolom adsorpsi. Dan menjadi modul pembelajaran baru untuk laboratorium teknik kimia mengenai adsorpsi secara kontinu.

2. Bagi industri: menjadi salah satu alternatif untuk mengolah limbah hasil produksi sebelum dibuang ke lingkungan.
3. Bagi pemerintah: menambah wawasan untuk mengatasi limbah industri khususnya limbah logam berat.