

ADSORPSI ION LOGAM BERAT Cu^{2+} MENGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG TELUR

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia

oleh :

Olivia Halim Pramana (2013620098)



Pembimbing :

Arenst Andreas, S.T., S.Si, M.Sc., Ph.D

Hans Kristianto, S.T., M.T.



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2017**

No. Kode	: TK PRA a/17
Tanggal	: 16 Januari 2018
No. Ind.	: 4267 - FTI / skp 35012
Divisi	:
Hadiah / Sertifikat	:
Dari	: FTI



LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : ADSORPSI ION LOGAM BERAT Cu^{2+} MENGGUNAKAN ADSORBEN
CANGKANG TELUR

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 7 Agustus 2017

Pembimbing Pertama

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

Pembimbing Kedua

Hans Kristianto, S.T., M.T.



SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Olivia Halim Pramana

NPM : 2013620098

dengan ini menyatakan bahwa Laporan Proposal Penelitian dengan judul:

ADSORPSI ION LOGAM BERAT Cu^{2+} MENGGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG TELUR

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, materi atau 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 sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 8 Agustus 2017

Olivia Halim Pramana
(2013620098)



LEMBAR REVISI

JUDUL : ADSORPSI ION LOGAM BERAT Cu^{2+} MENGGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG TELUR

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 8 Agustus 2017

Penguji

I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T.

Penguji

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



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan proposal penelitian dengan judul “Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Adsorben Cangkang Telur” tepat waktu. Proposal penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan tugas akhir untuk mencapai gelar sarjana Strata-1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Dengan kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan proposal penelitian ini, terutama kepada :

1. Bapak Arenst Andreas, S.T., S.Si., MSc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran yang diperlukan selama penyusunan proposal penelitian ini,
2. Bapak Hans Kristianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran yang diperlukan selama penyusunan proposal penelitian ini,
3. Keluarga penulis yang setia memberikan dukungan moril dan materil kepada penulis,
4. Teman-teman yang telah memberikan masukan, saran, dan dukungan kepada penulis,
5. Serta semua pihak lain yang telah ikut membantu dalam penyusunan proposal penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari betul bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan proposal penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan, saran, serta kritik yang membangun sebagai bahan perbaikan dalam penyusunan laporan berikutnya. Penulis berharap agar proposal penelitian ini kelak dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 8 Agustus 2017

Penulis



DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	3
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis.....	3
1.5 Hipotesis.....	5
1.6 Tujuan.....	6
1.7 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Logam Berat.....	8
2.1.1 Definisi Logam Berat.....	8
2.1.2 Bahaya Logam Berat.....	8
2.1.3 Logam Berat Tembaga (Cu^{2+}).....	9
2.1.4 Spektrofotometri UV-Vis.....	13

2.1.5 Metode Penghilangan Logam Berat.....	14
2.2 Telur.....	17
2.2.1 Komponen Telur.....	17
2.3 Cangkang Telur.....	18
2.3.1 Komponen Cangkang Telur.....	18
2.4 Kalsinasi Cangkang Telur.....	21
2.4.1 Analisa Cangkang Telur.....	22
2.5 Adsorpsi.....	23
2.5.1 Mekanisme Adsorpsi.....	23
2.5.2 Adsorpsi Fisika dan Kimia.....	24
2.5.3 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi.....	25
2.5.4 Persamaan Adsorpsi Isotermal.....	26
2.5.5 Kinetika Adsorpsi.....	29
2.6 Adsorben.....	30
2.7 Penggunaan Cangkang Telur Sebagai Adsorben Logam Berat Tembaga (II).....	31
BAB III BAHAN DAN METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Tahap-Tahap Penelitian.....	34
3.1.1 Tahap Kalsinasi Cangkang Telur.....	34
3.1.2 Tahapan Adsorpsi Logam Tembaga (II).....	34
3.2 Bahan Baku dan Penunjang.....	35
3.2.1 Bahan Baku dan Bahan Penunjang Tahap Kalsinasi Cangkang Telur.....	35
3.2.2 Bahan Baku dan Bahan Penunjang Tahap Adsorpsi Logam Tembaga (II).....	36
3.3 Peralatan Utama dan Pendukung.....	36
3.3.1 Peralatan Utama dan Pendukung Tahap Kalsinasi Cangkang Telur.....	36
3.3.2 Peralatan Utama dan Pendukung Tahap Adsorpsi.....	36
3.4 Prosedur Percobaan.....	37
3.4.1 Pre-Treatment Cangkang Telur dan Kalsinasi.....	37

3.4.2 Pembuatan Larutan Induk Ion Logam Berat Cu^{2+}	37
3.4.3 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	38
3.4.4 Pembuatan Kurva Standar	39
3.4.5 Adsorpsi Larutan Logam Berat dengan Cangkang Telur.....	40
3.4.6 Analisis Konsentrasi Logam Tembaga Hasil Adsorpsi.....	42
3.5 Analisis Proses Adsorpsi	43
3.5.1 Analisis Isotermal Adsorpsi	43
3.5.2 Analisis Kinetika Adsorpsi.....	45
3.6. Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	46
BAB IV PEMBAHASAN	47
4.1 Karakteristik Adsorben Cangkang Telur	47
4.1.1 Analisa FTIR.....	47
4.1.1 Analisa SEM dan EDS	50
4.2 Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) Variasi Konsentrasi Awal.....	54
4.2.1 Isotermal Langmuir	57
4.2.2 Isotermal Freundlich	58
4.2.3 Isotermal Temkin	59
4.2.4 Isotermal Dubinin-Radushkevich.....	59
4.3 Adsorpsi Logam Tembaga (II) Variasi pH.....	61
4.4 Adsorpsi Logam Tembaga Variasi Massa Adsorben	66
4.5 Adsorpsi Logam Tembaga Variasi Temperatur.....	68
4.6 Perbandingan Kapasitas Adsorpsi dengan Hasil Penelitian	70
BAB V KESIMPULAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74
LAMPIRAN A: MATERIAL SAFETY DATA SHEET	80

A.1 Tembaga Sulfat Pentahidrat.....	80
A.1.1 Identifikasi Umum.....	80
A.1.2 Sifat Fisik	80
A.1.3 Stabilitas dan Reaktivitas	80
A.1.4 Informasi Bahaya	80
A.1.5 Informasi Lingkungan	80
A.1.6 Perlindungan Diri	81
A.1.7 Tindakan Darurat.....	81
A.1.8 Penanganan dan Penyimpanan	81
A.1.9 Pembuangan	81
A.2 Asam Hidroklorida.....	81
A.2.1 Identifikasi Umum.....	81
A.2.2 Sifat Fisik	81
A.2.3 Stabilitas dan Reaktivitas	82
A.2.4 Informasi Bahaya	82
A.2.5 Informasi Lingkungan	82
A.2.6 Perlindungan Diri	82
A.2.7 Tindakan Darurat.....	82
A.2.8 Penanganan dan Penyimpanan	83
A.2.9 Pembuangan	83
A.3 Natrium Hidroksida	83
A.3.1 Identifikasi Umum.....	83
A.3.2 Sifat Fisik	83
A.3.3 Stabilitas dan Reaktivitas	83
A.3.4 Informasi Bahaya	83
A.3.5 Informasi Lingkungan	84
A.3.6 Perlindungan Diri	84

A.3.7 Tindakan Darurat.....	84
A.3.8 Penanganan dan Penyimpanan	84
A.3.9 Pembuangan	84
A.4 Amonia.....	84
A.4.1 Identifikasi Umum.....	84
A.4.2 Sifat Fisik	84
A.4.3 Stabilitas dan Reaktivitas	85
A.4.4 Informasi Bahaya	85
A.4.5 Informasi Lingkungan	85
A.4.6 Perlindungan Diri	85
A.4.7 Tindakan Darurat.....	85
A.4.8 Penanganan dan Penyimpanan	85
A.4.9 Pembuangan	85
LAMPIRAN B: DATA PENGAMATAN DAN HASIL ANTARA	86
B.1 Hasil Analisa Cangkang Telur	86
B.2 Penentuan Gelombang Maksimum	86
B.3 Pembuatan Kurva Standar	87
B.4 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Non-Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal.....	87
B.5 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Kalsinasi pada Variasi Konsentrasi Awal	89
B.6 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Non-Kalsinasi pada Variasi pH.....	91
B.7 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Kalsinasi pada Variasi pH.....	95
B.8 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Kalsinasi pada Variasi Jumlah Cangkang Telur	98

B.9 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Kalsinasi pada Variasi Temperatur	99
LAMPIRAN C: GRAFIK.....	103
C.1 Grafik Hasil Analisa FTIR Cangkang Telur	103
C.2 Grafik Panjang Gelombang Maksimum.....	104
C.3 Grafik Kurva Standar Logam Tembaga (II).....	104
C.4 Adsorpsi Larutan Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Non-Kalsinasi untuk Variasi Konsentrasi Awal	105
C.5 Adsorpsi Larutan Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Kalsinasi untuk Variasi Konsentrasi Awal	107
C.6 Adsorpsi Larutan Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Non-Kalsinasi untuk Variasi pH	110
C.7 Adsorpsi Larutan Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Kalsinasi untuk Variasi pH	114
C.8 Adsorpsi Larutan Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Cangkang Telur Kalsinasi untuk Variasi Temperatur	119
LAMPIRAN D: CONTOH PERHITUNGAN	124
D.1 Pembuatan Kurva Standar	124
D.2 Isotermal Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal	124
D.2.1 Perhitungan Isotermal Langmuir	125
D.2.2 Perhitungan Isotermal Freundlich	126
D.2.3 Perhitungan Isotermal Temkin	127
D.2.4 Perhitungan Isotermal Dubinin-Radushkevich.....	128
D.3 Penentuan Kinetika Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal	129
D.3.1 Pseudo Orde 1.....	129
D.3.2 Pseudo Orde 2.....	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Tembaga Murni	11
Gambar 2. 2 Tembaga	12
Gambar 2. 3 Struktur Molekul Oktahedral $[\text{Cu}(\text{OH}_2)_6]^{2+}$	12
Gambar 2. 4 Stuktur Molekul Oktahedral $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2]^{2+}$	13
Gambar 2. 5 Struktur Telur.....	18
Gambar 2. 6 Mekanisme adsorpsi	24
Gambar 2. 7 Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Adsorpsi.....	33
Gambar 2. 8 Pengaruh Konsentrasi Adsorben Terhadap Laju Adsorpsi.....	33
Gambar 2. 9 Pengaruh pH Larutan Terhadap Laju Adsorpsi	33
Gambar 2. 10 Perbandingan Nilai pH Larutan Logam Berat Cu^{2+} Sebelum dan Sesudah Adsorpsi.....	33
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pre-treatment Cangkang Telur dan Kalsinasi.....	37
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pembuatan Larutan Logam Tembaga	38
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	39
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pembuatan Kurva Standar dengan Instrumen Spekrtofotometer	40
Gambar 3. 5 Diagram Alir Adsorpsi Logam Tembaga dengan Variasi Konsentrasi Awal	40
Gambar 3. 6 Diagram Alir Adsorpsi Logam Tembaga dengan Variasi pH	41
Gambar 3. 7 Diagram Alir Adsorpsi Logam Tembaga dengan Variasi Jumlah Adsorben.	41
Gambar 3. 8 Diagram Alir Adsorpsi Logam Tembaga dengan Variasi Temperatur	42
Gambar 3. 9 Proses Analisis Spektrofotometer UV-Vis	43
Gambar 4. 1 Hasil Analisa FTIR Cangkang Telur (a) Sebelum Kalsinasi (b) Sesudah Kalsinasi	48
Gambar 4. 2 Hasil FTIR (a) Cangkang Telur Non-Kalsinasi (b) Cangkang Telur Kalsinasi Berdasarkan Jurnal Penelitian (Witoon, 2011).....	49
Gambar 4. 3 Hasil SEM Cangkang Telur Sebelum Kalsinasi pada Perbesaran (a) 10.000 kali (b) 40.000 kali	50
Gambar 4. 4 Hasil SEM Cangkang Telur Sesudah Kalsinasi pada Perbesaran (a) 10.000 kali (b) 40.000 kali	51
Gambar 4. 5 Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan Terhadap %Removal	54

Gambar 4. 6 Adsorben Sebelum Proses Adsorpsi (a) Cangkang Telur Non-Kalsinasi (b) Cangkang Telur Kalsinasi	55
Gambar 4. 7 Adsorben Setelah Proses Adsorpsi (a) Cangkang Telur Non-Kalsinasi (b) Cangkang Telur Kalsinasi	56
Gambar 4. 8 Perbandingan Kinetika dari Cangkang Telur Kalsinasi dan Cangkang Telur Non-Kalsinasi Pada Konsentrasi Larutan 100 ppm.....	56
Gambar 4. 9 Perbandingan Model Isoterm Cangkang Telur Non-Kalsinasi.....	61
Gambar 4. 10 Perbandingan Model Isoterm Cangkang Telur Kalsinasi.....	61
Gambar 4. 11 Pengendapan Larutan Logam CuSO_4 Akibat Presipitasi.....	62
Gambar 4. 12 Profil Konsentrasi Larutan Setiap Waktu Terhadap Variasi pH Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Non-Kalsinasi.....	64
Gambar 4. 13 Profil Konsentrasi Larutan Setiap Waktu Terhadap Variasi pH Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Kalsinasi.....	64
Gambar 4. 14 Profil Konsentrasi Terhadap Waktu untuk Variasi Massa Cangkang Telur Kalsinasi	67
Gambar 4. 15 Profil Konsentrasi Terhadap Waktu Variasi Temperatur	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Adsorben Cangkang Telur yang Dikalsinasi	4
Tabel 1. 2 Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) pada Berbagai Kondisi dan Adsorben	5
Tabel 2. 1 Sifat Tembaga Murni	11
Tabel 2. 2 Komposisi Cangkang Telur	22
Tabel 2. 3 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia.....	25
Tabel 3. 1 Variasi Konsentrasi Awal Larutan Logam Berat Tembaga (Cu^{2+}).....	35
Tabel 3. 2 Variasi terhadap pH Larutan Awal.....	35
Tabel 3. 3 Variasi Massa Adsorben Cangkang Telur yang Sudah Dikalsinasi.....	35
Tabel 3. 4 Variasi Temperatur Cangkang Telur yang Sudah Dikalsinasi.....	35
Tabel 3. 5 Tabel Kerja Penelitian.....	46
Tabel 4. 1 Komposisi Cangkang Telur Sesudah dan Sebelum Kalsinasi.....	52
Tabel 4. 2 Hasil Adsorpsi Isotermal.....	57
Tabel 4. 3 Hasil % <i>Removal</i> dan Kapasitas Adsorpsi dengan Adsorben Cangkang Telur Non-Kalsinasi pada Variasi pH.....	63
Tabel 4. 4 Hasil % <i>Removal</i> dan Kapasitas Adsorpsi dengan Adsorben Cangkang Telur Kalsinasi pada Variasi pH.....	63
Tabel 4. 5 Hasil Parameter Kinetika Adsorpsi Variasi pH dengan Adsorben Cangkang Telur Non-Kalsinasi	65
Tabel 4. 6 Hasil Parameter Kinetika Adsorpsi Variasi pH dengan Adsorben Cangkang Telur Kalsinasi.....	65
Tabel 4. 7 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap % <i>Removal</i> dan Kapasitas Adsorpsi.....	66
Tabel 4. 8 Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap % <i>Removal</i> dan Kapasitas Adsorpsi....	68
Tabel 4. 9 Parameter Kinetika Adsorpsi Variasi Temperatur	69
Tabel 4. 10 Perbandingan Kapasitas Adsorpsi Logam Tembaga (II) Menggunakan Berbagai Jenis Adsorben	70



INTISARI

Logam berat merupakan salah satu pencemar lingkungan yang berbahaya terhadap lingkungan maupun manusia. Terdapat beberapa jenis logam berat yang memang dibutuhkan oleh tubuh manusia, namun bila kandungan logam berat tersebut berada dalam tubuh manusia melebihi batas yang diperbolehkan, akan berdampak negatif bagi tubuh manusia. Maka, untuk mengurangi kandungan logam berat pada air dapat dilakukan melalui proses adsorpsi yang merupakan salah satu proses penghilangan logam berat dalam air yang sangatlah efektif dan ekonomis. Dalam penelitian ini, untuk menghilangkan kandungan logam tembaga dalam air, digunakan proses adsorpsi logam tembaga (II) menggunakan dua jenis adsorben yaitu, cangkang telur yang dikalsinasi dan cangkang telur yang tidak dikalsinasi.

Cangkang telur yang digunakan untuk menyerap kandungan ion logam berat tembaga (Cu^{2+}) dalam air, adalah cangkang telur ayam. Proses pembuatan adsorben cangkang telur ayam terdiri dari dua tahap yaitu tahap *pre-treatment* dan tahap kalsinasi. Proses kalsinasi cangkang telur ayam, dilakukan menggunakan *muffle furnace* dengan temperatur 850°C selama 4 jam. Analisa yang digunakan untuk menguji karakteristik adsorben cangkang telur adalah FTIR, SEM, dan EDS. Adsorben cangkang telur yang telah dihasilkan digunakan untuk menyerap ion logam tembaga (Cu^{2+}) dalam air dengan variasi jumlah adsorben, pH, konsentrasi awal larutan, dan temperatur untuk memperoleh kondisi terbaik. Analisa yang digunakan untuk mengetahui jumlah logam berat yang terkandung dalam air adalah spektrofotometer UV-Vis, dengan menggunakan zat pegompleks NH_3 untuk logam tembaga (Cu^{2+}), sehingga larutan akan berubah warna dari biru muda menjadi biru tua karena terbentuknya $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$.

Cangkang telur sebelum dikalsinasi mengandung komponen CaCO_3 secara dominan, sedangkan cangkang telur sesudah dikalsinasi sebagian besar terdiri dari CaO . Hasil adsorpsi yang diperoleh dengan menggunakan cangkang telur non-kalsinasi dan kalsinasi sebanyak 1 g pada variasi konsentrasi awal 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm, memberikan hasil *%removal* terbaik pada konsentrasi awal 100 ppm sebesar 92,23% untuk cangkang telur non-kalsinasi dan 96,20% untuk kalsinasi. Pada variasi pH dilakukan variasi pH 2,5; 3,5; 5 pada konsentrasi awal 100 ppm, dan didapatkan pH optimum 5 dengan *%removal* untuk cangkang telur non kalsinasi dan kalsinasi sama dengan *%removal* pada variasi konsentrasi awal, karena proses adsorpsi berlangsung pada pH asli larutan yaitu 5. Kemudian, pada variasi massa cangkang telur digunakan cangkang telur yang dikalsinasi 0,5 g, 1 g, dan 1,5 g, dan diperoleh *%removal* tertinggi saat menggunakan 1 g cangkang telur kalsinasi yaitu sebesar 96,20%. Pada variasi temperatur, dilakukan pada temperatur 25°C , 35°C , dan 45°C , dan didapatkan perbedaan *%removal* yang tidak signifikan. Proses adsorpsi yang terjadi berlangsung secara fisika, dan diperoleh untuk setiap variasi konsentrasi awal menunjukkan bahwa isothermal adsorpsi yang paling sesuai adalah mengikuti model Langmuir dengan kapasitas adsorpsi sebesar 285,71 mg Cu^{2+}/g cangkang telur non-kalsinasi dan 479,84 mg Cu^{2+}/g cangkang telur kalsinasi. Kinetika adsorpsi yang diperoleh pada seluruh variasi menunjukkan kinetika adsorpsi mengikuti pseudo orde 2.

Kata kunci: adsorpsi, logam berat, tembaga, cangkang telur, kalsinasi



ABSTRACT

Heavy metal is one of the environmental pollutants that are harmful to the environment and humans. There are several types of heavy metals that are needed by the human body, but if the heavy metal contained in the human body beyond the permissible limit, it will give a negative impact on the human body. Thus, to reduce the heavy metal content in the water, adsorption is one of the most effective and economical solution for removing heavy metals. In this study, to remove the metal content copper in water, there are two types of adsorbents used for metal adsorption, which are calcined eggshells and raw eggshells.

The adsorbents that were used to adsorped the heavy metal, were chicken eggshells. The process of making eggshell adsorbents consisted of two stages which were pre-treatment stage and calcination stage. The process of calcination of eggshells, was carried out using a muffle furnace with a temperature of 850°C for 4 hours. The analysis used to test the eggshell adsorbent characteristics were FTIR, SEM, and EDS. The resulting eggshell adsorbents were used to adsorped metal ions copper (Cu^{2+}) in water with variations in the amount of adsorbent, pH, initial concentration of the solution, and temperature to obtain the best conditions. The analysis used to determine the amount of heavy metals contained in the water was UV-Vis spectrophotometer, using NH_3 to metallic copper (Cu^{2+}), so that the solution would change color from light blue to dark blue due to the formation of $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$.

The eggshell before calcination contained the dominant of CaCO_3 component, while the calcined eggshell was mostly contained CaO . The best %removal results of adsorption obtained by using 1 gram of raw eggshells and calcined eggshells, on the variation of the initial concentration for 100, 150, 200, 250, and 300 ppm, was when the initial concentration of samples was 100 ppm with result 92,23% for raw eggshells and 96.20% for calcined eggshells. The pH variation that were used in this study were pH 2,5; 3,5; and 5, with the initial concentration of 100 ppm, and the optimum pH that obtained was 5 for the both type of adsorbents. As the adsorption for initial concentration variation took place at the original pH solution which was 5, the results of %removal for raw eggshells and calcined eggshells for the pH variation were the same as %removal for the variation of the initial concentration. Then, for the adsorbent mass variations, the amounts of adsorbents that were used for calcined eggshell were 0,5 g, 1 g and 1,5 g, and the highest %removal obtained was 96,2 %, with the ammount of calcined eggshells was 1 g. In the temperature variations, it were applied at 25°C, 35°C, and 45°C, and the results of %removal that obtained was not significant. The adsorption process on this study was a physical adsorption, and the most appropriate isothermal adsorption model to followed was Langmuir model, with adsorption capacity of 285,71 mg Cu^{2+} /g raw eggshells and 479,84 mg Cu^{2+} /g calcined eggshell. The adsorption kinetics obtained in all variations showed that the adsorption kinetics were following the pseudo order 2.

Keywords: adsorption, heavy metal, copper, eggshell, calcination



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia perindustrian kini semakin berkembang seiring dengan terjadinya kemajuan teknologi. Terjadinya kemajuan teknologi tersebut, menyebabkan meningkatnya kebutuhan penggunaan logam berat dalam industri, seperti dalam industri yang memproduksi logam berat sebagai produk utama yang dapat digunakan untuk diolah menjadi suatu produk baru, ataupun digunakannya logam berat sebagai alat pengoperasian dalam berbagai industri (Eisler, 2007). Hampir semua peralatan yang kita gunakan pada zaman ini terbuat dari logam, salah satunya adalah logam berat tembaga (Cu^{2+}) yang sangat sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Logam tembaga memiliki sifat penghantar panas dan listrik yang baik, sehingga sering digunakan untuk industri pembuatan kabel listrik, utilitas listrik, *valve* dan *fitting*, ataupun koin logam dan perhiasan (Eisler, 2007) (Vliet, 1984).

Limbah dari industri-industri tersebut mengandung logam berat dengan konsentrasi yang tinggi, yang dapat mencemari lingkungan bila langsung dibuang ke lingkungan, dan akan berdampak negatif kepada makhluk hidup. Pada lingkungan, logam berat tembaga (II) dapat mengakibatkan gangguan pada ekosistem air yang mengakibatkan kerusakan pada biota ataupun tumbuhan, dikarenakan sifat logam berat yang beracun, tidak dapat terurai oleh mikroorganisme, mudah terserap, dan bersifat karsinogen. Logam berat tembaga (II) merupakan logam berat esensial yaitu logam yang dibutuhkan oleh tubuh manusia dalam kadar yang rendah, namun juga bersifat karsinogen yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada organ tubuh dan mutagenesis, bila terkandung dalam tubuh manusia dalam konsentrasi yang melebihi batas yang diperbolehkan (Bilal, 2013) (Yu, et al., 2000). Maka, untuk mengantisipasi terjadinya pencemaran yang berdampak negatif tersebut, terdapat batasan atau syarat tertentu mengenai konsentrasi logam berat tembaga (II) maksimum yang diperbolehkan terkandung dalam air minum untuk dikonsumsi, yaitu sebesar 1,5 mg/L, berdasarkan lembaga WHO (World Health Organization). Sedangkan untuk limbah yang akan dibuang, konsentrasi logam berat tembaga (II) maksimum pada limbah berdasarkan peraturan EPA (*Environmental Protection Agency*) adalah sebesar 1,3 mg/L (Bilal, 2013).

Pengolahan limbah yang mengandung logam berat diatas batas maksimum yang telah ditentukan agar menjadi tidak berbahaya dapat melalui berbagai cara, yaitu dengan

metode presipitasi, koagulasi dan flokulasi, pertukaran ion, elektrolisis, ultrafiltrasi dan adsorpsi. Dari metode-metode tersebut, adsorpsi merupakan metode paling sederhana dan juga memiliki efektifitas yang tinggi dalam menghilangkan kadar logam berat. Metode adsorpsi memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode lainnya, yaitu tidak terbentuknya produk samping yang dapat menjadi limbah baru, memiliki harga yang relatif murah dengan kapasitas penyerapan ion logam yang besar (Zakaria, 2011) (Agarwal & Gupta, 2014). Pada metode adsorpsi, digunakan adsorben sebagai media untuk menyerap logam berat, umumnya adsorben yang digunakan adalah karbon aktif, namun karbon aktif memiliki harga yang relatif lebih mahal (Zakaria, 2011). Maka, kini telah banyak digunakannya bioadsorben yang memiliki harga relatif lebih ekonomis dengan digunakannya tanaman ataupun limbah *agricultural*, seperti digunakannya tanaman air *Ceratophyllum demersum* untuk mengadsorpsi logam tembaga, timah, dan seng (Keskinkan, et al., 2003). Selain itu, dapat digunakan daun teh untuk menghilangkan kandungan logam timah, seng dan cadmium dalam limbah (Tee & Khan, 1988), dan penggunaan *Sphagnum* (sejenis lumut atau *peat moss*) untuk menghilangkan kandungan logam nikel dan tembaga pada limbah (Ho, et al., 1996). Digunakannya limbah *agricultural* dan limbah organik sebagai adsorben merupakan salah satu cara untuk mengurangi limbah yang umumnya memiliki harga jual yang rendah atau bahkan tidak berharga sama sekali, dan jumlahnya yang banyak. Sehingga, limbah-limbah tersebut perlu diolah menjadi sesuatu yang bermanfaat, seperti telah berhasil digunakannya limbah serbuk gergaji dan kulit kacang kedelai yang dimodifikasi dengan asam sitrat yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan kandungan logam tembaga (Cu^{2+}) dalam limbah (Yu, et al., 2000) (Marshall, et al., 1998). Selain itu, dapat digunakan juga limbah organik berupa cangkang telur, yaitu salah satu limbah yang terdapat dalam jumlah yang banyak namun tidak dimanfaatkan, sehingga hanya akan menjadi sarana tempat pertumbuhan mikroorganisme (Bawa, et al., 2008). Cangkang telur telah banyak berhasil digunakan sebagai adsorben, seperti digunakannya cangkang telur sebagai adsorben yang dapat menyerap limbah yang mengandung logam berat sianida (CN^-) (Akpan, et al., 2016), kromium (Cr), cadmium (Cd), timbal (Pb) (Park, et al., 2007), besi (Fe), seng (Zn), dan juga tembaga (Cu^{2+}) (Agarwal & Gupta, 2014) (Tao, 2011). Adsorben cangkang telur yang digunakan untuk menyerap logam berat tembaga (Cu^{2+}) tersebut diberikan perlakuan berupa kalsinasi terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai adsorben, akan tetapi adsorben tersebut hanya pernah diuji untuk mengadsorpsi logam berat tembaga (Cu^{2+}) pada kondisi larutan dengan pH yang sangat

rendah yaitu pH 3. Maka dari itu, dalam penelitian ini akan dilakukan adsorpsi logam berat tembaga (II) menggunakan cangkang telur yang sudah dikalsinasi dalam kondisi pH larutan yang bervariasi dari pH 2 yang tingkat keasamannya tinggi hingga pH 5 yang tingkat keasamannya lebih rendah. Kemudian akan dipelajari lebih lanjut mengenai pengaruh berbagai variabel percobaan adsorpsi logam berat tembaga (II) dalam larutan (jumlah adsorben, konsentrasi awal logam berat tembaga dalam larutan, dan temperatur) terhadap kinerja adsorben dari cangkang telur yang sudah dikalsinasi.

1.2 Tema Sentral Masalah

Pengujian adsorpsi logam berat tembaga (II) dengan menggunakan adsorben yang berasal dari cangkang telur sebelum dan sesudah dikalsinasi. Pengujian terhadap kinerja adsorpsi dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap pengaruh variabel pH larutan awal, jumlah adsorben, temperatur, dan konsentrasi awal logam berat tembaga (II) dalam larutan.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana kapasitas adsorpsi logam berat tembaga (II) yang dihasilkan menggunakan adsorben cangkang telur sebelum dan sesudah dikalsinasi?
2. Bagaimana pengaruh pH larutan, jumlah adsorben, temperatur, dan konsentrasi logam berat tembaga (II) dalam larutan terhadap kinerja adsorpsi menggunakan adsorben cangkang telur?
3. Bagaimana kapasitas adsorpsi dan parameter-parameter yang dihasilkan dari model isotermaal adsorpsi Langmuir, Freundlich, Temkin, dan Dubinin-Raduskevich, dalam proses adsorpsi logam berat tembaga (II) menggunakan adsorben cangkang telur?
4. Bagaimana kinetika adsorpsi yang dihasilkan dari model kinetika adsorpsi pseudo orde 1 dan pseudo orde 2, dalam proses adsorpsi logam berat tembaga (II) menggunakan adsorben cangkang telur?

1.4 Premis

Pada penelitian ini digunakan beberapa literatur yang berhubungan dengan penelitian, seperti yang disajikan pada Tabel 1.1 untuk adsorben cangkang telur dan Tabel 1.2 untuk adsorpsi tembaga (II).

Tabel 1. 1 Adsorben Cangkang Telur yang Dikalsinasi (Akpan, et al., 2016) (Park, et al., 2007) (Tao, 2011) (Muhammad Nazar, 2013)

Peneliti	Pre-Treatment				Kalsinasi			Kadar Ca ²⁺ (%)
	Penghilangan Pengotor	Pembesaran Luas Permukaan Partikel	Temperatur Pengerinan	Waktu Pengerinan	Jenis Furnace	Temperatur kalsinasi	Waktu Kontak	
Muhammad Nazar, Syahrial, dan Cut Lina Keumala Sari, 2013	Dicuci dengan aquades dan direndam dalam air	Dihancurkan	Oven 100°C	3 kali 8 jam	Muffle Furnace	400°C	2 jam	1,12
						600°C	3 jam	4,97
						750°C	4 jam	16,58
						900°C	2 jam	3,31
							3 jam	12,15
							4 jam	18,70
							5 jam	22,65
O.A.A. Eletta O.A. Ajayi O.O. Ogunleye I.C. Akpan, 2016	Direndam dalam air hangat, dan dicuci dengan air yang sudah di destilasi	Dihancurkan (ball mill)	Dijemur dibawah matahari	48 jam	-	900°C	4 jam	89,8
			Oven 120°C	6 jam				
Park Heung Jai, Jeong Seong Wook, Yang Jae Kyu, Kim Boo Gil, Lee Seung Mok, 2007	Dicuci dengan air deionisasi	Dihancurkan setelah dikeringkan	Oven 100°C	24 jam	-	800°C	2 jam (40°C / menit)	99,63
Liu Tao, 2011	Membran cangkang dipisahkan	Dihancurkan	Oven 100°C	-	Muffle Furnace	400°C	2 jam	-
Ayben Polat dan Sukru Aslan, 2014	Dicuci dengan air	Dihancurkan (106–250 µm)	Oven 60°C	24 jam	-	1000°C	4 jam (4°C / menit)	-

Tabel 1. 2 Adsorpsi Logam Berat Tembaga (II) pada Berbagai Kondisi dan Adsorben (Yu, et al., 2000) (Agarwal, et al., 2014) (O. Keskinan, 2003) (W.E. Marshall, 1998) (Tao, 2011) (Yavuz, et al., 2002)

Peneliti	Jenis Adsorben	Kondisi Adsorpsi						Kapasitas Adsorpsi Maksimum dan %removal
		pH	Temperatur	Waktu Kontak	Kecepatan Pengadukan	Jumlah Adsorben	Konsentrasi Larutan Tembaga (II)	
Bin Yu, Y. Zhang, Alka Shukla, Shyam S. Shukla, Kenneth L. Dorris, 2000	Serbuk Gergaji (<i>Sawdust</i>)	7	23°C	24 jam	70 rpm	0,5 g	1 ppm	1,79 mg/g
Omer Yavuz, Yalcin Altunkaynak, Fuat Guzel, 2003	Kaolinit	-	25°C	2 jam	-	1 g	3159 ppm	10,78 mg/g
			40°C					11,03 mg/g
O. Keskinan, M.Z.L. Goksu, M. Basibuyuk, dan C.F. Forster, 2004	<i>Ceratophyllum demersum</i>	< 6	20°C	120 menit	-	2 g	10 ppm	6,17 mg/g
Febe Apecsiana, 2016	Karbon aktif dari kulit salak	5	25°C	-	-	90 mg	100 ppm	687 mg/g
Animesh Agarwal dan Puneet Kumar Gupta, 2014	Cangkang Telur (tanpa kalsinasi)	-	-	24 jam	-	1 g	100 ppm	80%
Liu Tao, 2011	Cangkang Telur Kalsinasi	3	-	-	-	30 g	100 ppm	99,56%
Ayben Polat dan Sukru Aslan, 2014	Cangkang Telur Kalsinasi	4	25°C	-	-	0,25 g	250 ppm	5,05 mg/g 55%

1.5 Hipotesis

1. Kapasitas adsorpsi cangkang telur kalsinasi lebih besar dibandingkan dengan cangkang telur yang tidak dikalsinasi (Witoon, 2011).
2. Kapasitas adsorpsi logam berat tembaga (Cu^{2+}) dipengaruhi oleh pH larutan, dan terdapat pH optimum yang menghasilkan kapasitas adsorpsi paling besar saat berlangsung proses adsorpsi logam berat tembaga (Cu^{2+}) (Yu, et al., 2000).

3. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh konsentrasi awal larutan logam berat tembaga (Cu^{2+}). Maka, bila konsentrasi ion logam awal semakin rendah, maka jumlah ion logam yang akan terserap menjadi semakin tinggi (Yu, et al., 2000).
4. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh jumlah adsorben yang dikontakan dengan larutan logam berat, sehingga semakin banyak jumlah adsorben yang dikontakan, maka jumlah adsorpsi logam berat tembaga (Cu^{2+}) juga akan semakin tinggi (Yu, et al., 2000).
5. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh temperatur pengontakan, sehingga semakin tinggi temperatur kontak, maka jumlah adsorpsi logam berat tembaga (Cu^{2+}) yang dihasilkan juga akan semakin tinggi (Yu, et al., 2000).

1.6 Tujuan

1. Mengetahui kinerja adsorben cangkang telur sebelum dan sesudah dikalsinasi dalam mengadsorpsi logam berat tembaga (II), dilihat dari kapasitas adsorpsi nya.
2. Mengamati pengaruh pH larutan awal logam berat tembaga (II), jumlah adsorben, temperatur, dan konsentrasi awal larutan logam berat tembaga (II) dalam larutan terhadap kinerja adsorpsi logam berat tembaga (II) yang diadsorpsi oleh adsorben cangkang telur.
3. Menentukan kapasitas adsorpsi dan parameter-parameter persamaan model isoterm adsorpsi Langmuir, Freundlich, Temkin, dan Dubinin-Raduskevich untuk menemukan model persamaan isotermal adsorpsi yang paling sesuai proses adsorpsi larutan logam berat tembaga (Cu^{2+}).
4. Menentukan kinetika adsorpsi dengan pendekatan pseudo orde 1 dan pseudo orde 2.

1.7 Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti

Dapat mengetahui bahwa logam berat tembaga (Cu^{2+}) dapat dihilangkan melalui proses adsorpsi menggunakan cangkang telur, serta mengetahui pengaruh pH, jumlah adsorben, dan konsentrasi awal larutan logam berat terhadap proses adsorpsi.

2. Bagi Industri

Dapat memberikan metode alternatif untuk mengolah limbah yang mengandung logam berat tembaga melalui proses adsorpsi yang efektif dan efisien, dan dapat mengolah limbah cangkang telur yang selama ini tidak termanfaatkan, serta berharga ekonomis.

3. Bagi Bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pemanfaatan limbah cangkang telur untuk menghilangkan kandungan logam berat tembaga dalam air limbah maupun air untuk dikonsumsi.