



**ADSORPSI LOGAM BERAT TEMBAGA (II) MENGGUNAKAN KOMPOSIT  
NANOKARBON**

**ICE 410 Penelitian**

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

oleh :

**Erlita (2014620044)**

Pembimbing :

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

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



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

No. Kode	: TK ERL a/18 2018
Tanggal	: 7 Februari 2019
No. Ind.	: 4246 - FTI /SKP 36814
Divisi	: _____
Hadiah / Beli	: _____
Dari	: FTI



## LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : ADSORPSI LOGAM BERAT TEMBAGA (II) MENGGUNAKAN  
KOMPOSIT NANOKARBON

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 9 Juli 2018

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

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

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



Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Katolik Parahyangan

### **SURAT PERNYATAAN**

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Erlita

NPM : 2014620044

dengan ini menyatakan bahwa Laporan Penelitian dengan judul:

**ADSORPSI LOGAM BERAT TEMBAGA (II) MENGGUNAKAN KOMPOSIT  
NANOKARBON**

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, 9 Juli 2018

Erlita

(2014620044)



## LEMBAR REVISI

JUDUL : ADSORPSI LOGAM BERAT TEMBAGA (II) MENGGUNAKAN  
KOMPOSIT NANOKARBON

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 9 Juli 2018

Penguji

Dra. H. Maria Ingrid, M.Sc.

Penguji

Ratna Frida Susanti, Ph.D.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan proposal penelitian dengan judul “Adsorpsi Limbah Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan Adsorben Komposit Nano karbon” 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, 9 Juli 2018

# DAFTAR ISI



LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR REVISI .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tema Sentral Masalah .....	3
1.3 Identifikasi Masalah .....	3
1.4 Premis .....	4
1.5 Hipotesis .....	4
1.6 Tujuan .....	5
1.7 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II .....</b>	<b>7</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Adsorpsi.....	7
2.1.2 Adsorpsi Kimia .....	8
2.1.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi.....	8
2.2 Mekanisme Adsorpsi .....	9
2.3 Kinetika Adsorpsi.....	10
2.3.1 Persamaan Pseudo Orde 1 .....	11
2.3.2 Persamaan Pseudo Orde 2 .....	11
2.3.3 Difusi Intrapartikel .....	12
2.4 Isoterm Adsorpsi .....	12
2.4.1 Langmuir Isoterm.....	13
2.4.2 Freundlich Isoterm .....	13
2.4.3 Temkin Isoterm .....	14
2.5 Adsorben .....	15
2.5.1 Karbon Aktif.....	15
2.5.2 Karbon <i>Nanotube</i> .....	16
2.6 Metode Sintesis CNT .....	18
2.6.1 Metode <i>Arc Discharge</i> .....	18
2.6.2 Metode Laser Ablation.....	20
2.6.3 Metode Chemical Vapor Deposition.....	20
2.6.4 Metode Nebulized Spray Pyrolysis .....	21
2.7 Aplikasi CNT .....	23

2.7.1 Penggunaan CNT untuk Sensor .....	23
2.7.2 Penggunaan CNT untuk Baterai Litium Ion .....	23
2.7.3 Penggunaan CNT untuk Pemurnian Air .....	24
2.8 Logam Cu (II) .....	25
2.9 Studi yang Telah Dilakukan .....	26
<b>BAB III.....</b>	<b>28</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Sintesis Komposit Nanokarbon .....</b>	<b>28</b>
3.1.1 Tahap Sintesis .....	28
3.1.2 Bahan dan Alat .....	31
3.1.3 Rangkaian Alat.....	31
<b>3.2 Aplikasi CNT sebagai Adsorben .....</b>	<b>32</b>
3.2.1 Prosedur Percobaan.....	32
3.2.2 Bahan dan Alat.....	37
<b>3.3 Tabel Variasi Percobaan.....</b>	<b>38</b>
<b>3.4 Analisis Proses Adsorpsi .....</b>	<b>39</b>
3.4.1 Analisis %removal .....	39
3.4.2 Analisis Kapasitas Adsorpsi.....	39
<b>3.5 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....</b>	<b>40</b>
<b>BAB IV .....</b>	<b>41</b>
<b>PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Karakterisasi CNT .....</b>	<b>41</b>
4.1.1 Analisis EDS .....	42
<b>4.2 Adsorpsi Ion Logam .....</b>	<b>45</b>
4.2.1 Adsorpsi ion logam Cu (II) terhadap variasi pH larutan awal .....	45
4.2.2. Isotermal Adsorpsi Ion Logam Cu (II) terhadap Variasi Konsentrasi Awal dengan Komposit Nano Karbon dan Karbon Aktif.....	47
4.2.3 Kinetika Adsorpsi terhadap Variasi Konsentrasi Awal .....	50
4.2.4 Adsorpsi Ion Logam Cu (II) terhadap Variasi Suhu .....	52
<b>Tabel 4.7 Kinetika Adsorpsi Varisi Suhu.....</b>	<b>52</b>
<b>BAB V.....</b>	<b>53</b>
<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN A.....</b>	<b>66</b>
<b>MATERIAL SAFETY DATA SHEET .....</b>	<b>66</b>
<b>A.1 Ferrocene.....</b>	<b>66</b>
A.1.1 Sifat Fisik dan Sifat Kimia .....	66
A.1.2 Identifikasi Bahaya.....	66
A.1.3 Pertolongan Pertama .....	66
A.1.4 Penyimpanan Bahan .....	67
<b>A.2 Heksana .....</b>	<b>67</b>
A.2.1 Sifat fisik dan Sifat Kimia .....	67
A.2.2 Identifikasi Bahaya.....	67
A.2.3 Pertolongan Pertama .....	68
A.2.4 Penyimpanan Bahan.....	68
<b>A.3 Minyak Goreng (Palm oil ) .....</b>	<b>68</b>

A.3.1 Sifat Fisik dan Sifat Kimia .....	68
A.3.2 Identifikasi Bahaya .....	68
A.3.3 Pertolongan Pertama .....	69
A.3.4 Penyimpanan Bahan .....	69
<b>A.4 Gas Nitrogen .....</b>	<b>69</b>
A.4.1 Sifat Fisik dan Sifat Kimia .....	69
A.4.2 Identifikasi Bahaya .....	69
A.4.3 Pertolongan Pertama .....	69
A.4.4 Penyimpanan Bahan .....	69
<b>A.5 Tembaga Sulfat Pentahidrat.....</b>	<b>70</b>
A.5.1 Sifat Fisik dan Sifat Kimia .....	70
A.5.2 Identifikasi Bahaya .....	70
A.5.3 Informasi Lingkungan .....	71
A.5.4 Perlindungan Diri .....	71
A.5.5 Pertolongan Pertama .....	71
A.5.6 Penanganan dan Penyimpanan .....	71
A.5.7 Pembuangan .....	71
<b>A.6 Asam Hidroklorida .....</b>	<b>72</b>
A.6.1 Sifat Fisik dan Sifat Kimia .....	72
A.6.2 Stabilitas dan Reaktivitas .....	72
A.6.3 Identifikasi Bahaya .....	72
A.6.4 Informasi Lingkungan .....	73
A.6.5 Perlindungan Diri .....	73
A.6.6 Pertolongan Pertama .....	73
A.6.7 Penanganan dan Penyimpanan Bahan .....	73
A.6.8 Pembuangan .....	73
<b>A.7 Natrium Hidroksida .....</b>	<b>74</b>
A.7.1 Sifat Fisik dan Sifat Kimia .....	74
A.7.2 Stabilitas dan Reaktivitas .....	74
A.7.3 Identifikasi Bahaya .....	74
A.7.4 Informasi Lingkungan .....	74
A.7.5 Perlindungan Diri .....	75
A.7.6 Pertolongan Pertama .....	75
A.7.7 Penanganan dan Penyimpanan Bahan .....	75
A.7.8 Pembuangan .....	75
<b>A.8 Ammonia .....</b>	<b>75</b>
A.8.1 Sifat Fisik dan Sifat Kimia .....	75
A.8.2 Stabilitas dan Reaktivitas .....	76
A.8.3 Informasi Bahaya .....	76
A.8.4 Informasi Lingkungan .....	76
A.8.5 Perlindungan Diri .....	76
A.8.6 Pertolongan Pertama .....	76
A.8.7 Penanganan dan Penyimpanan .....	77
A.4.8 Pembuangan .....	77
<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>78</b>
<b>DATA PENGAMATAN DAN HASIL ANTARA .....</b>	<b>78</b>
<b>B.1 Panjang Gelombang dan Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu (II) .....</b>	<b>78</b>
<b>B.2 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Ion Logam Berat Cu (II) dengan Adsorben     Komposit Nano Karbon pada Variasi pH.....</b>	<b>79</b>
<b>B.3 Data Hasil Pengamatan Adsorpsi Ion Logam Berat Cu (II) Menggunakan Adsorben     Komposit Nano Karbon Variasi Konsentrasi Awal .....</b>	<b>83</b>



B.4 Data Hasil Pengamatan Adsorpsi Ion Logam Berat Cu (II) Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Variasi Konsentrasi Awal.....	91
B.5 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Ion Logam Berat Cu (II) Menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Suhu .....	98
B.6 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Ion Logam Berat Cu (II) menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben.....	102
<b>LAMPIRAN C .....</b>	<b>107</b>
<b>GRAFIK.....</b>	<b>107</b>
C.1 Panjang Gelombang Maksimum.....	107
C.2 Kurva Standar Larutan Ion Logam Berat Cu (II).....	107
C.3 Kurva Isoterm Langmuir menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan .....	108
C.4 Kurva Isoterm Freundlich menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan .....	108
C.5 Kurva Isoterm Temkin menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan .....	109
C.6 Kurva Kinetike Pseudo Orde Satu menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 100 ppm.....	109
C.7 Kurva Kinetike Pseudo Orde Satu menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 150 ppm.....	110
C.8 Kurva Kinetike Pseudo Orde Satu menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 200 ppm.....	110
C.9 Kurva Kinetike Pseudo Orde Satu menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 250 ppm.....	111
C.10 Kurva Kinetike Pseudo Orde Satu menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 300 ppm.....	111
C.11 Kurva Kinetike Pseudo Orde Dua menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 100 ppm.....	112
C.12 Kurva Kinetike Pseudo Orde Dua menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 150 ppm.....	112
C.13 Kurva Kinetike Pseudo Orde Dua menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 200 ppm.....	113
C.14 Kurva Kinetike Pseudo Orde Dua menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 250 ppm.....	113
C.15 Kurva Kinetike Pseudo Orde Dua menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan 250 ppm.....	114
C.16 Kurva Kinetike Pseudo Orde Satu menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben.....	114
C.17 Kurva Kinetike Pseudo Orde Dua menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben.....	115
C.18 Kurva Kinetike Pseudo Orde Satu menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa pH Larutan.....	115
C.19 Kurva Kinetike Pseudo Orde Dua menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa pH Larutan.....	116
C.20 Kurva Kinetike Pseudo Orde Satu menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Suhu .....	116
C.21 Kurva Kinetike Pseudo Orde Satu menggunakan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Suhu .....	117
<b>LAMPIRAN D .....</b>	<b>118</b>
<b>CONTOH PERHITUNGAN .....</b>	<b>118</b>
D.1 Pembuatan Kurva Standar .....	118

<b>D.2 Isotermal Adsorpsi Logam Berat Cu (II) dengan Variasi Konsentrasi Awal.....</b>	<b>118</b>
D.2.1 Perhitungan Isotermal Langmuir .....	119
D.2.2 Perhitungan Isotermal Freundlich .....	120
D.2.3 Perhitungan Isotermal Temkin .....	121
<b>D.3 Penentuan Kinetika Adsorpsi pada Variasi Konsentrasi Awal.....</b>	<b>122</b>
D.3.1 Pseudo Orde 1 .....	122
D.3.2 Pseudo Orde 2 .....	124



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Mekanisme Adsorpsi .....	10
<b>Gambar 2.2</b> Karbon Aktif.....	16
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Buckminster fullerene.....	17
<b>Gambar 2.4</b> SWCNT dan MWCNT .....	17
<b>Gambar 2.5</b> Skema alat sintesis CNT dengan metode <i>arc discharge</i> .....	19
<b>Gambar 2.6</b> Skema alat sintesis CNT dengan metode <i>laser ablation</i> .....	20
<b>Gambar 2.7</b> Skema alat sintesis CNT dengan metode <i>chemical vapor deposition</i> .....	21
<b>Gambar 2.8</b> Skema alat sintesis CNT dengan metode <i>nebulized spray pyrolysis</i> .....	22
<b>Gambar 3.1</b> Proses Sintesis Larutan Prekursor .....	29
<b>Gambar 3.2</b> Proses Persiapan dan <i>Start Up</i> .....	29
<b>Gambar 3.3</b> Proses Pemisahan dan <i>Shut Down</i> .....	30
<b>Gambar 3.4</b> Rangkaian Alat yang digunakan saat Percobaan.....	31
<b>Gambar 3.5</b> Proses Pembuatan Larutan Induk Ion Logam Berat $\text{Cu}^{2+}$ .....	32
<b>Gambar 3.6</b> Proses Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	33
<b>Gambar 3.7</b> Proses Pembuatan Kurva Standar.....	34
<b>Gambar 3.8</b> Proses Adsorpsi Ion Logam Berat $\text{Cu}^{2+}$ dengan Komposit Nanokarbon .....	35
<b>Gambar 3.9</b> Proses Analisis Konsentrasi Ion Logam Berat $\text{Cu}^{2+}$ Hasil Adsorpsi.....	36
<b>Gambar 4.1</b> Hasil Analisa SEM pada Sampel Penelitian (A) dan Hasil Analisa Sampel Penelitian Orlando dan Windy (B).....	42
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Analisa SEM untuk CNT yang diinginkan .....	42
<b>Gambar 4.3</b> Hasil Analisa EDS pada Sampel.....	42
<b>Gambar 4.4</b> Hasil Analisa XRD Sampel (A) dan Hasil Analisa XRD (Wilianti & Orlando, 2016) (B) .....	44
<b>Gambar 4.5</b> Profil Konsentrasi Ion Logam Cu (II) dalam Larutan terhadap Waktu untuk Variasi pH .....	46
<b>Gambar 4.6</b> Perbandingan <i>Fitting</i> Data Kinetika Pseudo Orde 1 dan 2.....	51



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Adsorpsi Limbah Ion Logam Berat $\text{Cu}^{2+}$ dengan Komposit Nanokarbon .....	4
<b>Tabel 2.1</b> Perbandingan Adsorpsi dari CNT pada suhu, dosis adsorben, waktu kontak, dan pH yang berbeda .....	26
<b>Tabel 3.1</b> Variasi Konsentrasi Awal Larutan Logam Berat Tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ) .....	38
<b>Tabel 3.2</b> Variasi terhadap pH Larutan Awal .....	38
<b>Tabel 3.3</b> Variasi Massa Adsorben Karbon Nano .....	39
<b>Tabel 3.4</b> Variasi Temperatur .....	39
<b>Tabel 3.5</b> Tabel Rencana Kerja Penelitian .....	40
<b>Tabel 4.1</b> Perbandingan Hasil Analisa EDS dengan Peneliti Sebelumnya .....	42
<b>Tabel 4.2</b> %removal pada variasi pH .....	45
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu dan Dua untuk Variasi pH .....	46
<b>Tabel 4.4</b> Isotermal Adsorpsi .....	47
<b>Tabel 4.5</b> Kinetika Adsorpsi terhadap Variasi Konsentrasi Awal .....	49
<b>Tabel 4.6</b> %removal terhadap variasi suhu .....	51
<b>Tabel B.1</b> Data Panjang Gelombang .....	78
<b>Tabel B.2</b> Data Kurva Standar Ion Logam Berat Cu (II) .....	78
<b>Tabel B.3</b> Hasil %Removal Ion Logam Cu (II) dengan Adsorben Komposit Nano Karbon untuk variasi pH .....	79
<b>Tabel B.4</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada pH 2,5. ....	79
<b>Tabel B.5</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada pH 3,5. ....	80
<b>Tabel B.6</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada pH 5... ..	80
<b>Tabel B.7</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi pH .....	81
<b>Tabel B.8</b> Penentuan Isotermal Langmuir .....	81
<b>Tabel B.9</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada pH 3,5. ....	82
<b>Tabel B.10</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada pH 5.. ....	82

<b>Tabel B.11</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi pH.....	83
<b>Tabel B.12</b> Hasil % <i>Removal</i> Ion Logam Cu(II) dengan Adsorben Komposit Nano Karbon Variasi Konsentrasi Awal .....	83
<b>Tabel B.13</b> Hasil Antara Isotermal Langmuir untuk Adsorben Komposit Nano Karbon ..	84
<b>Tabel B.14</b> Hasil Parameter Isotermal Langmuir untuk Adsorben Komposit Nano Karbon .....	84
<b>Tabel B.15</b> Hasil Antara Isotermal Freundlich untuk Adsorben Komposit Nano Karbon .....	84
<b>Tabel B.16</b> Hasil Parameter Isotermal Freundlich untuk Adsorben Komposit Nano Karbon .....	84
<b>Tabel B.17</b> Hasil Antara Isotermal Temkin untuk Adsorben Komposit Nano Karbon .....	85
<b>Tabel B.18</b> Hasil Parameter Isotermal Freundlich untuk Adsorben Komposit Nano Karbon .....	85
<b>Tabel B.19</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 100 ppm.....	85
<b>Tabel B.20</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 150 ppm.....	85
<b>Tabel B.21</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 200 ppm.....	86
<b>Tabel B.22</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 250 ppm.....	87
<b>Tabel B.23</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 300 ppm.....	87
<b>Tabel B.24</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal .....	88
<b>Tabel B.25</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 100 ppm.....	88
<b>Tabel B.26</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 150 ppm.....	88
<b>Tabel B.27</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 200 ppm.....	89

<b>Tabel B.28</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 250 ppm.....	90
<b>Tabel B.29</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Komposit Nano Karbon pada Konsentrasi 300 ppm.....	90
<b>Tabel B.30</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Konsentrasi Awal.....	91
<b>Tabel B.31</b> Hasil % <i>Removal</i> Ion Logam Cu (II) dengan Adsorben Karbon Aktif Variasi Konsentrasi Awal.....	91
<b>Tabel B.32</b> Hasil Antara Isotermal Langmuir untuk Adsorben Karbon Aktif.....	91
<b>Tabel B.33</b> Hasil Parameter Isotermal Langmuir untuk Adsorben Karbon Aktif.....	92
<b>Tabel B.34</b> Hasil Antara Isotermal Freundlich untuk Adsorben Karbon Aktif.....	92
<b>Tabel B.35</b> Hasil Parameter Isotermal Freundlich untuk Adsorben Karbon Aktif.....	92
<b>Tabel B.36</b> Hasil Antara Isotermal Temkin untuk Adsorben Karbon Aktif.....	92
<b>Tabel B.37</b> Hasil Parameter Isotermal Temkin untuk Adsorben Karbon Aktif.....	92
<b>Tabel B.38</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 100 ppm.....	93
<b>Tabel B.39</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 150 ppm.....	93
<b>Tabel B.40</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 200 ppm.....	94
<b>Tabel B.41</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 250 ppm.....	94
<b>Tabel B.42</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 300 ppm.....	95
<b>Tabel B.43</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 100 ppm.....	95
<b>Tabel B.44</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 150 ppm.....	96
<b>Tabel B.45</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 200 ppm.....	96
<b>Tabel B.46</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 250 ppm.....	97
<b>Tabel B.47</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Karbon Aktif pada Konsentrasi 300 ppm.....	97
<b>Tabel B.48</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Karbon Aktif pada Variasi Konsentrasi Awal.....	98
<b>Tabel B.49</b> Hasil % <i>Removal</i> Ion Logam Cu (II) dengan Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Suhu.....	98
<b>Tabel B.50</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Suhu 25°C.....	99
<b>Tabel B.51</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Suhu 35°C.....	99

<b>Tabel B.52</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Suhu 45°C.....	100
<b>Tabel B.53</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasu Suhu.....	100
<b>Tabel B.54</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Suhu 25°C.....	100
<b>Tabel B.55</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Suhu 35°C.....	101
<b>Tabel B.56</b> Hasil Pseudo Dua Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Suhu 45°C.....	101
<b>Tabel B.57</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Suhu .....	102
<b>Tabel B.58</b> Hasil % <i>Removal</i> Ion Logam Cu (II) dengan Adsorben Komposit Nano Karbon untuk Variasi Massa Adsorben .....	102
<b>Tabel B.59</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben 0,03 g.....	103
<b>Tabel B.60</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben 0,06 g.....	103
<b>Tabel B.61</b> Hasil Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben 0,09 g.....	104
<b>Tabel B.62</b> Hasil Parameter Pseudo Orde Satu untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben.....	104
<b>Tabel B.63</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben 0,03 g.....	104
<b>Tabel B.64</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben 0,06 g.....	105
<b>Tabel B.65</b> Hasil Pseudo Orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben 0,09 g.....	106
<b>Tabel B.66</b> Hasil Parameter Pseudo orde Dua untuk Adsorben Komposit Nano Karbon pada Variasi Massa Adsorben.....	106



## INTISARI

Kontaminasi logam berat adalah masalah ekologis yang universal. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang paling penting dan jumlahnya berlimpah (70% bagian dari bumi). Tanpa senyawa air maka semua bentuk kehidupan bumi tidak ada. Salah satu logam berat yang paling berbahaya adalah ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ . Ambang batas kandungan  $\text{Cu}^{2+}$  yang diperbolehkan air dalam air adalah 0,2 ppm. Dalam jumlah berlebih logam  $\text{Cu}^{2+}$  dapat bersifat racun bagi organisme. Maka, untuk mengurangi kandungan logam berat pada air dapat dilakukan melalui proses adsorpsi yang merupakan salah satu proses penghilangan logam berat dalam air. Proses adsorpsi limbah logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  dengan adsorben komposit nanokarbon.

Komposit nanokarbon diperoleh dengan metode *Nebulized Spray Pyrolysis* (NSP) pada temperatur  $850^{\circ}\text{C}$  dan katalis *ferrocene* 0,015 g/ml. Adsorben komposit nanokarbon yang telah dihasilkan digunakan untuk menyerap ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dalam air dengan variasi jumlah adsorben (30, 60, dan 90 mg), pH (2,5; 3,5 dan 5), konsentrasi awal larutan (100, 150, 200, 150, dan 300 ppm), dan temperature (25, 35, dan  $45^{\circ}\text{C}$ ) untuk memperoleh kondisi terbaik. Analisa yang digunakan untuk mengetahui jumlah logam yang terkandung dalam air adalah spektrofotometer UV-Vis, dengan menggunakan zat pengompleks  $\text{NH}_3$  untuk ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ . Hasil dari penelitian ini diperoleh pada pH optimum 5 dengan %removal sebesar 35,74%, model isothermal adsorpsi yang paling sesuai pada penelitian ini adalah model isothermal Langmuir dengan kapasitas adsorpsi ( $q_m$ ) 3,004 mg Cu (II)/g adsorben, dan model kinetika adsorpsi model yang paling sesuai untuk data penelitian ini merupakan model kinetika *pseudo orde 2*.

Kata kunci: logam berat, adsorpsi, komposit CNT, tembaga (II), *nebulized spray pyrolysis*





## ABSTRACT

*Heavy metal contamination is an universal ecological problem. Water is one of nature's most important and abundant resources (70% part of the earth). Without water compound then all life forms at earth do not exist. One of the most dangerous heavy metals is the  $\text{Cu}^{2+}$  metal ion. The limit of  $\text{Cu}^{2+}$  contact allowed in water is 0.2 ppm. The excess of  $\text{Cu}^{2+}$  metal may be toxic to the organism. Thus, to reduce the heavy metal content in water can be carried out by adsorption process which is one of the many process to remove heavy metal in water. Nanocarbon composite as adsorbent is used in the adsorption process of  $\text{Cu}^{2+}$  heavy metal waste. The nanocarbon composites were obtained by Nebulized Spray Pyrolysis (NSP) method at temperature of  $850^{\circ}\text{C}$  and ferrocene catalyst with concentration of 0.015 g/ml.*

*The nanocarbon composites were used to adsorb the  $\text{Cu}^{2+}$  metal ion in water with variations in the amount of adsorbents (30, 60, and 90 mg), initial concentration of the solution (100, 150, 200, 250, and 300 ppm), and temperature (25, 35, and  $45^{\circ}\text{C}$ ) to obtain the best conditions. The analysis used to determine the amount of metal contained in water is the UV-Vis spectrophotometer, using a  $\text{NH}_3$  complexing agent for  $\text{Cu}^{2+}$  metal ion. The results of this study were obtained at optimum pH 5 with removal% 35.74%, the most suitable adsorption isothermal model in this study was Langmuir isothermal model with adsorption capacity ( $q_m$ ) 3.003 mg Cu (II) / g metal adsorbent, and model kinetics adsorption model most suitable for this research data is pseudo second order.*

*Keywords: heavy metal, adsorption, CNT composite, copper (II), nebulized spray pyrolysis*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang paling penting. Tanpa air, semua bentuk kehidupan di bumi tidak akan ada. Air yang bersih semakin sulit diperoleh karena revolusi industri, oleh sebab itu air hasil daur ulang dari limbah dapat digunakan sebagai alternatif. Klasifikasi zat berbahaya dipertimbangkan berdasarkan berbagai faktor, seperti frekuensi, toksisitas, serta potensi paparan terhadap manusia. Ion logam berat terdaftar sebagai salah satu kontaminan kelas atas oleh *2007 CERCLA Priority List of Hazardous Substance complied by the US Environment Protection Agency* dan oleh *EU Restriction of Hazardous Substances Directive* (Ramana, Yu, & Seshaiyah, 2013).

Kontaminasi lingkungan oleh logam berat yang beracun terjadi di seluruh penjuru dunia. Kontaminasi logam berat biasanya berasal dari limbah industri, misalnya dalam operasi pengolahan logam, pertambangan, karet, plastik, kulit dan mikroelektronika. Ion logam beracun yang paling umum adalah nikel, merkuri, tembaga, seng, dan timbal (Hayati, Maleki, Najafi, Daraei, Gharibi, & McKay, 2017). Logam berat menyebabkan kerusakan yang tidak dapat diperbaiki yang berakibat fatal terhadap hati, tulang, kecerdasan, dll. Oleh sebab itu, pentingnya adsorpsi limbah logam berat juga memiliki tujuan untuk meningkatkan kesehatan lingkungan serta keamanan (Gao, Yin, Mao, Zhu, Xiao, & Wang, 2015).

Salah satu ion logam yang cukup berbahaya adalah ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ . Ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dapat menyebabkan masalah yang serius bagi lingkungan sebab ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  merupakan ion logam berat yang tidak dapat diurai oleh bakteri maupun makhluk hidup (*inbiodegradable*) (Xiao, Li, He, Lin, & Zuo, 2014). Ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  biasanya berasal dari industri pelapisan logam (*electroplating*) (Barakat, 2010). *Electroplating* merupakan proses pelapisan bahan padat dengan logam menggunakan arus listrik searah melalui suatu larutan elektrolit (Marwati, Padmaningrum, & Marfuatun, 2009). Pelapisan logam biasanya diaplikasikan dalam industri elektronika, konstruksi pabrik, peralatan rumah tangga, otomotif, dll. Tujuan dari proses pelapisan logam adalah memberikan perlindungan dari karat serta memberikan efek

mengkilap pada besi dan baja (Nurhasni, Salimin, & Nurifitriyani, 2015). Menurut peraturan pemerintah No. 82/2001 mengenai “Pengolahan Limbah Berbahaya dan Beracun”, ambang batas ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dalam air yang diijinkan sebesar 0,2 ppm (Suprihatin & Erriek, 2009).

Pengolahan limbah dikategorikan menjadi tiga pengolahan, yaitu *primary treatment*, *secondary treatment*, dan *tertiary treatment*. *Primary treatment* atau biasanya disebut dengan *pre-treatment* merupakan proses penghilangan suspended solid dan materi-materi yang kasar pada limbah sehingga dapat melalui proses *secondary treatment*. Pada *secondary treatment* terjadi proses penghilangan kandungan organik yang terlarut, yaitu bahan organik yang *biodegradable* diubah menjadi  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , dan biomassa. Pada *tertiary treatment*, limbah diolah hingga dibawah ambang batas yang ditetapkan dalam peraturan nasional untuk menghasilkan limbah hampir kualitas air minum (Ardcavan, 1997). Salah satu contoh pengolahan limbah dengan *tertiary treatment* adalah adsorpsi.

Adsorpsi merupakan fenomena perpindahan molekul dari fasa cair dan gas ke permukaan partikel padatan adsorben (Skoog, West, Holler, & Crouch, 2004). Jenis-jenis adsorben secara umum untuk proses adsorpsi adalah karbon aktif, silika gel, alumina aktif, dan zeolit. Adsorben yang paling sering digunakan adalah karbon aktif dalam pengolahan air, karena beberapa kelebihanannya: kemampuan adsorpsi terhadap berbagai polutan dan stabilitas termal. Akan tetapi, penggunaan karbon aktif sebagai adsorben juga terdapat kekurangan yaitu kinetika adsorpsi yang lambat, kesulitan untuk diregenerasi dan tidak bisa menghilangkan polutan hingga ke tingkat *parts per billion* (ppb). Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakan komposit nano karbon dimana kandungan utamanya adalah karbon *nanotube* sebagai adsorben.

Pada komposit nanokarbon, permukaan adsorpsi ditemukan pada lapisan dalam dan luar karbon nano. Dengan ukurannya yang relatif kecil, struktur yang berongga, dan ber dinding sehingga dapat menyediakan luas permukaan adsorpsi yang lebih besar. Secara teoritis komposit nanokarbon dapat dijadikan sebagai adsorben yang menjanjikan untuk menghilangkan polutan pada air (Liu, Wang, Zhang, & Pan, Application potential of carbon nanotubes in water treatment: A review, 2013). Oleh sebab itu, adsorben komposit nano karbon yang disintesis dengan metode *Nebulized Spray Pyrolysis* (NSP) harus memadai dan

dapat mengadsorpsi limbah logam Cu (II) hingga dibawah ambang batas yang diperbolehkan. Adsorpsi logam berat menggunakan nanokarbon bergantung pada kompleksasi spesifik antara ion logam dan kelompok fungsional hidrofilik yang ada pada nanokarbon. Kompleksasi merupakan kombinasi dari kelompok atom individu, ion atau molekul untuk membentuk satu ion atau molekul besar (Liu, Wang, Zhang, & Pan, Application potential of carbon nanotubes in water treatment: A review, 2013).

Penggunaan CNT sebagai adsorben memiliki beberapa kelebihan, antara lain kemampuannya yang dapat menembus berbagai ruang yang tidak dapat ditembus oleh partikel berukuran besar dan luas permukaan kontak yang besar (Munandar, Muhammad, & Sri, 2016). Akan tetapi, kendala penggunaan CNT sebagai adsorben adalah harganya yang masih mahal. Harga MWCNT (>98% basis karbon) adalah \$SGD 784.35. Selain daripada itu, adsorben CNT masih sulit diproduksi untuk skala besar. Oleh sebab itu maka dalam penelitian ini akan digunakan komposit nanokarbon.

Dalam penelitian ini, akan ditentukan kinerja adsorben yang diperoleh dengan metode NSP terhadap ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ . Adsorben yang diperoleh dengan metode NSP merupakan komposit nanokarbon dimana kandungan utama didalamnya adalah nanokarbon (CNT). Kinerja adsorben diukur dari %*removal*, kapasitas, dan kinetika adsorpsi.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Pengujian terhadap kinerja adsorben komposit nanokarbon terhadap ion logam  $\text{Cu}^{2+}$ . Komposit nano karbon yang diperoleh dengan metode sintesis NSP (*Nebulized Spray Pyrolysis*) dan penambahan katalis *ferrocene* sebesar 0,015 g/ml pada suhu operasi 850°C akan digunakan untuk adsorpsi ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$ .

## 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana kinerja adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  menggunakan komposit nanokarbon yang diperoleh melalui metode NSP?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi awal larutan logam berat  $\text{Cu}^{2+}$ , pH larutan awal, jumlah adsorben, dan temperatur terhadap kinerja adsorpsi menggunakan adsorben komposit nanokarbon?

- Berapakah kapasitas adsorpsi maksimum dari penggunaan komposit nano karbon pada proses adsorpsi limbah logam berat Cu (II)?
- Bagaimana kinetika adsorpsi yang dihasilkan dari model kinetika adsorpsi pseudo orde 1 dan pseudo orde 2, dalam proses adsorpsi ion logam berat Cu<sup>2+</sup> menggunakan adsorben komposit nanokarbon.

#### 1.4 Premis

**Tabel 1.1** Adsorpsi Limbah Ion Logam Berat Cu<sup>2+</sup> dengan Komposit Nanokarbon

No.	Adsorben	Logam	Suhu (°C)	Dosis Adsorben	Waktu Kontak	pH	Model	Summary	Kapasitas Adsorpsi	Daftar Pustaka
1	MWCNT	Cu <sup>2+</sup>	25	10 mg	1 - 120 menit	natural	Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich	waktu kontak optimum 60 menit	118.41 mg/g	(Gupta, Agarwal, Bharti, & Sadegn, 2017)
				1 - 10 mg	120 menit	natural		massa adsorben optimum 10 mg		
10 mg	60 menit	1.0 - 8.0	pH optimum 3							
2	MWCNT	Cu <sup>2+</sup>	25	10 mg	5 - 240 menit	6	Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich	waktu kontak optimum 60 menit	50 mg/g	(Zhao, Jiao, Yu, Xi, & Jiang, 2015)
				10 mg	n.a.	2.0 - 6.0		n.a.	n.a.	
3	MWCNT	Cu <sup>2+</sup>	n.a.	0.5 g/L	300 menit	n.a.		n.a.	n.a.	15.13 mg/g
4	MWCNT	Cu <sup>2+</sup>	n.a.	50 mg	240 menit	9	Freundlich Isoterm	n.a.	3.49 mg/g	(Stafiej & Pyrzyńska, 2007)
5	UVSWCNT	Cu <sup>2+</sup>	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich	pH optimum 10	9.6 mg/g	(Bayazit & İnci, 2014)
				n.a.	n.a.	n.a.			125.49 mg/g	
	n.a.			n.a.	n.a.	2			0 mg/g	
	n.a.			n.a.	n.a.	10			92.73 mg/g	
UVMWCNT	Cu <sup>2+</sup>	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

#### 1.5 Hipotesis

- Kinerja adsorpsi ion logam berat Cu<sup>2+</sup> akan lebih baik jika menggunakan adsorben komposit nanokarbon daripada karbon aktif yang kemudian akan diukur dari kapasitas adsorben.

2. Kapasitas adsorpsi ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  dipengaruhi oleh pH larutan, dan terdapat pH optimum yang menghasilkan kapasitas adsorpsi paling besar saat berlangsung proses adsorpsi ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$ .
3. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh jumlah adsorben yang dikontakan dengan larutan logam berat, sehingga semakin banyak jumlah adsorben yang dikontakan, maka jumlah adsorpsi ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  juga akan semakin tinggi.
4. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh temperatur pengontakan, sehingga semakin tinggi temperatur kontak, maka jumlah adsorpsi ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  yang dihasilkan juga akan semakin tinggi.
5. Kinerja adsorben komposit nanokarbon akan lebih baik daripada karbon aktif komersial.

## 1.6 Tujuan

1. Mengetahui kinerja adsorben komposit nanokarbon dalam dalam ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$ , dilihat dari kapasitas adsorpsi.
2. Menganalisa kapasitas adsorpsi komposit nanokarbon yang digunakan sebagai adsorben terhadap nanokarbon murni.
3. Mengamati pengaruh pH larutan awal ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$ , jumlah adsorben, temperatur, dan konsentrasi awal larutan logam berat tembaga (II) dalam larutan terhadap kinerja adsorpsi ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  yang diadsorpsi oleh adsorben komposit nanokarbon.
4. Menentukan kapasitas adsorpsi dan parameter-parameter persamaan isotermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich untuk proses adsorpsi larutan ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$ .
5. Menentukan kinetika adsorpsi dengan pendekatan pseudo orde 1 dan pseudo orde 2.

## 1.7 Manfaat Penelitian

### 1. Bagi Peneliti

Dapat mengetahui bahwa ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  dapat dihilangkan melalui proses adsorpsi menggunakan adsorben nanokarbon, serta mengetahui pengaruh pH, jumlah adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi awal larutan logam berat terhadap proses adsorpsi.

### 2. Bagi Industri

Dapat memberikan metode alternatif untuk mengolah limbah yang mengandung ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  melalui proses adsorpsi yang efektif dan efisien dengan menggunakan adsorben kompositn nanokarbon.

3. Bagi Bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pemanfaatan nanokarbon untuk menghilangkan kandungan ion logam berat  $\text{Cu}^{2+}$  dalam air limbah maupun air untuk dikonsumsi.