



**PENGARUH pH DAN KONSENTRASI ION LOGAM TEMBAGA (II)  
DALAM PROSES ADSORPSI MENGGUNAKAN MIKROALGA  
*Chlorella vulgaris***

**Laporan Penelitian**

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

oleh :

**Celline Hidayat (2014620028)**

Pembimbing :

**Ir. Y.I.P. Arry Miryanti, M.Si.**

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



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

No. Kode	: TK HID p/18
Tanggal	: 7 Februari 2019
No. Ind.	: 4348 - FTI / Skp 36216
Divisi	:
Nadiah / Bell	:
Dari	: FTI



## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL: PENGARUH pH DAN KONSENTRASI ION LOGAM TEMBAGA (II)  
DALAM PROSES ADSORPSI MENGGUNAKAN MIKROALGA *Chlorella*  
*vulgaris***

Catatan

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 1 Agustus 2018

Pembimbing Utama

Ir. Y.I.P. Arry Miryanti, M.Si.

Ko Pembimbing

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

**LEMBAR REVISI**

**JUDUL: PENGARUH pH DAN KONSENTRASI ION LOGAM TEMBAGA (II)  
DALAM PROSES ADSORPSI MENGGUNAKAN MIKROALGA *Chlorella  
vulgaris***

Catatan

Telah diperiksa dan disetujui,  
Bandung, 1 Agustus 2018

Penguji I

a/n

Dr. Ir. Judy Retti B. Witono, M.App.Sc.

Penguji II

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 : Celine Hidayat

NPM : 2014620028

dengan ini menyatakan bahwa proposal dengan judul:

**PENGARUH pH DAN KONSENTRASI ION LOGAM TEMBAGA (II) DALAM  
PROSES ADSORPSI MENGGUNAKAN MIKROALGA *CHLORELLA VULGARIS***

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 sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 1 Agustus 2018

Celline Hidayat  
(2014620028)



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal dengan judul “Pengaruh pH dan Konsentrasi Ion Logam Tembaga (II) Dalam Proses Adsorpsi Menggunakan Mikroalga *Chlorella Vulgaris*” tepat pada waktunya. Proposal ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan serta sebagai syarat utama bagi penulis untuk melaksanakan kegiatan penelitian yang merupakan salah satu mata kuliah wajib di jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan. Dengan kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan proposal penelitian ini, terutama kepada :

1. Y.I.P. Arry Miryanti, Ir., Msi. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran yang diperlukan selama penyusunan proposal penelitian ini,
2. Bapak Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng. 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, Agustus 2018

Penulis



## DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR REVISI.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	3
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis.....	4
1.5 Hipotesis.....	5
1.6 Tujuan.....	5
1.7 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Logam Berat.....	7
2.1.1 Definisi Logam Berat.....	7
2.1.2 Macam-macam Logam Berat.....	7
2.1.3 Sumber Pencemaran Logam Berat.....	8
2.1.4 Pengolahan Limbah Logam Berat.....	10
2.2 Logam Tembaga.....	12

2.2.1 Deskripsi Logam Tembaga .....	12
2.2.2 Sifat Fisik Logam Tembaga .....	13
2.2.3 Sifat Kimia Logam Tembaga .....	13
2.3 Biosorpsi .....	14
2.3.1 Deskripsi Biosorpsi .....	14
2.3.2 Mikroorganisme yang Digunakan Pada Proses Biosorpsi .....	16
2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan Biosorpsi.....	17
2.3.4 Mekanisme Biosorpsi.....	17
2.3.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Biosorpsi .....	19
2.4 Mikroalga .....	20
2.4.1 Definisi Mikroalga .....	20
2.4.2 Jenis-jenis Mikroalga .....	20
2.4.3 Manfaat Mikroalga .....	20
2.5 <i>Chlorella Sp.</i> .....	22
2.5.1 Deskripsi <i>Chlorella sp.</i> .....	22
2.5.2 <i>Chlorella vulgaris</i> .....	24
2.6 Analisa Kadar Logam Berat Tembaga di Dalam Air.....	27
2.6.1 Spektrofotometer UV-Vis .....	27
2.6.2 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS).....	29
2.7 Percobaan Biosorpsi Logam Berat .....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 Bahan Penelitian .....	33
3.1.1 Bahan Utama dan Bahan Pendukung Tahap Persiapan .....	33
3.1.2 Bahan Utama dan Bahan Pendukung Tahap Adsorpsi Logam Tembaga (II) .....	33
3.2 Peralatan Utama dan Pendukung .....	33
3.2.1 Peralatan Utama dan Pendukung Tahap Persiapan .....	33
3.2.2 Peralatan Utama dan Pendukung Tahap Adsorpsi Logam Tembaga (II).....	34

3.3 Skema Alat Utama dan Percobaan dapat dilihat pada bagan berikut: .....	34
3.4 Prosedur Percobaan .....	35
3.4.1 Persiapan Kultur Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> .....	35
3.4.2 Perhitungan Kepadatan Sel Mikroalga <i>Chlorella Vulgaris</i> Menggunakan Haemocytometer .....	36
3.4.4 Pembuatan Larutan Induk Ion Logam Berat Cu <sup>2+</sup> .....	36
3.4.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	37
3.4.6 Pembuatan Kurva Standar .....	37
3.4.7 Adsorpsi Larutan Logam Tembaga (II) dengan <i>chlorella vulgaris</i> .....	38
3.5 Analisis Varian pada Penelitian .....	39
3.6 Analisis Persentase <i>Removal</i> .....	41
3.7 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian .....	42
BAB IV .....	43
PEMBAHASAN .....	43
4.1 Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	43
4.2 Pembuatan Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu <sup>2+</sup> .....	47
4.3 Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> pada Adsorpsi Cu <sup>2+</sup> Variasi Konsentrasi Awal ....	49
4.4 Adsorpsi Ion Logam Cu <sup>2+</sup> Variasi Konsentrasi Awal .....	50
4.5 Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> pada Adsorpsi Ion Logam Cu <sup>2+</sup> Variasi pH .....	53
4.6 Adsorpsi Ion Logam Cu <sup>2+</sup> Variasi pH .....	54
4.7 Rancangan Percobaan Dalam Proses Biosorpsi Logam Cu <sup>2+</sup> Oleh <i>Chlorella vulgaris</i> .....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	59
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	60
LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS .....	66



A.1	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	66
A.2	Pembuatan Kurva Standar.....	66
A.3	Analisis Konsentrasi Logam Tembaga Hasil Adsorpsi .....	67
LAMPIRAN B MATERIAL SAFETY DATA SHEET .....		68
B.1	Tembaga Sulfat Pentahidrat ( <a href="http://www.sciencelab.com">www.sciencelab.com</a> ).....	68
B.1.1	Identifikasi Umum.....	68
B.1.2	Sifat Fisik.....	68
B.1.3	Stabilitas dan Reaktivitas .....	68
B.1.4	Informasi Bahaya.....	68
B.1.5	Informasi Lingkungan .....	69
B.1.6	Perlindungan Diri .....	69
B.1.7	Tindakan Darurat.....	69
B.1.8	Penanganan dan Penyimpanan .....	69
B.1.9	Pembuangan .....	69
B.2	Asam Hidroklorida ( <a href="http://www.sciencelab.com">www.sciencelab.com</a> ).....	69
B.2.1	Identifikasi Umum.....	69
B.2.2	Sifat Fisik.....	70
B.2.3	Stabilitas dan Reaktivitas .....	70
B.2.4	Informasi Bahaya.....	70
B.2.5	Informasi Lingkungan .....	70
B.2.6	Perlindungan Diri .....	70
B.2.7	Tindakan Darurat.....	71
B.2.8	Penanganan dan Penyimpanan .....	71
B.2.9	Pembuangan .....	71
B.3	Natrium Hidroksida ( <a href="http://www.sciencelab.com">www.sciencelab.com</a> ).....	71
B.3.1	Identifikasi Umum.....	71
B.3.2	Sifat Fisik.....	71

B.3.3	Stabilitas dan Reaktivitas .....	71
B.3.4	Informasi Bahaya.....	72
B.3.5	Informasi Lingkungan .....	72
B.3.6	Perlindungan Diri .....	72
B.3.7	Tindakan Darurat.....	72
B.3.8	Penanganan dan Penyimpanan .....	72
B.3.9	Pembuangan .....	72
B.4	Amonia ( <a href="http://avogadro.chem.iastate.edu/">http://avogadro.chem.iastate.edu/</a> ).....	72
B.4.1	Identifikasi Umum.....	72
B.4.2	Sifat Fisik.....	73
B.4.3	Stabilitas dan Reaktivitas .....	73
B.4.4	Informasi Bahaya.....	73
B.4.5	Informasi Lingkungan .....	73
B.4.6	Perlindungan Diri .....	73
B.4.7	Tindakan Darurat.....	73
B.4.8	Penanganan dan Penyimpanan .....	74
B.4.9	Pembuangan .....	74
LAMPIRAN C HASIL PENGAMATAN DAN HASIL ANTARA.....		75
C.1	Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	75
C.2	Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> Berbagai pH.....	75
C.3	Penentuan panjang gelombang maksimum .....	75
C.4	Pembuatan Kurva Standar .....	76
C.5	Hasil Data Pengamatan Biosorpsi Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan <i>Chlorella vulgaris</i> pada Variasi Konsentrasi Awal .....	77
C.6	Hasil Data apengamatan Biosorpsi Logam Berat Tembaga (II) Menggunakan <i>Chlorella vulgaris</i> pada Variasi pH .....	79
C.7	Hasil Rancangan Percobaan Biosorpsi Cu <sup>2+</sup> Menggunakan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	81

LAMPIRAN D GRAFIK .....	83
D.1 Grafik Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	83
D.2 Grafik Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> Pada Berbagai pH.....	83
D.3 Grafik Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	84
D.4 Grafik Pembuatan Kurva Standar .....	84
D.5 Grafik Persentase <i>Removal</i> Terhadap Waktu Pada Berbagai Konsentrasi Awal $\text{Cu}^{2+}$ .....	85
D.6 Grafik Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> Terhadap Waktu Dalam Biosorpsi $\text{Cu}^{2+}$ Pada Berbagai Konsentrasi Awal.....	85
D.7 Grafik Persentase <i>Removal</i> Terhadap Waktu Dalam Proses Biosorpsi $\text{Cu}^{2+}$ Pada Berbagai pH .....	86
D.8 Grafik Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> Terhadap Waktu Dalam Proses Biosorpsi $\text{Cu}^{2+}$ Pada Berbagai pH.....	86
D.9 Grafik Hasil Persentase <i>Removal</i> Pada Rancangan Percobaan.....	87
D.10 Profil Konsentrasi Larutan Setiap Waktu Terhadap Variasi Konsentrasi Ion Logam $\text{Cu}^{2+}$ Awal Dalam Biosorpsi Menggunakan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	87
D.11 Profil Konsentrasi Larutan Setiap Waktu Terhadap Variasi pH Dalam Biosorpsi Menggunakan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	88
LAMPIRAN E CONTOH PERHITUNGAN.....	89
E.1 Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	89
E.2 Pembuatan Larutan Induk Ion Logam $\text{Cu}^{2+}$ .....	89
E.3 Pembuatan Kurva Standar .....	90
E.4 Adsorpsi Ion Logam Tembaga (II) menggunakan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	90
E.5 Rancangan Percobaan (ANOVA) .....	91
E.6 Rancangan Percobaan (LSD) .....	92



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Proses Pengolahan Limbah Cair Secara Fisika .....	10
<b>Gambar 2. 2</b> Proses Pengolahan Limbah Cair Secara Kimia .....	11
<b>Gambar 2. 3</b> Proses Pengolahan Limbah Cair Secara Biologi .....	11
<b>Gambar 2. 4</b> Bentuk Umum <i>Chlorella sp.</i> ....	23
<b>Gambar 2. 5</b> Struktur Morfologi <i>Chlorella sp.</i> .....	23
<b>Gambar 2. 6</b> Bentuk Sel Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> .....	24
<b>Gambar 2. 7</b> Reproduksi Sel <i>Chlorella vulgaris</i> .....	26
<b>Gambar 2. 8</b> Kurva Pertumbuhan Populasi Mikroalga Dalam Batch Culture .....	27
<b>Gambar 3. 1</b> Skema Alat Utama dan Percobaan .....	34
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram Alir Kultur Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> .....	36
<b>Gambar 3. 3</b> Diagram Alir Pembuatan Larutan Logam Tembaga .....	37
<b>Gambar 3. 4</b> Diagram Alir Adsorpsi Logam Tembaga dengan Variasi konsentrasi logam Cu <sup>2+</sup> awal .....	38
<b>Gambar 3. 5</b> Diagram Alir Adsorpsi Ion Logam Tembaga (II) dengan Variasi pH .....	39
<b>Gambar 4.1</b> Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	43
<b>Gambar 4.2</b> Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> pada berbagai pH .....	45
<b>Gambar 4.3</b> Larutan Induk Logam Cu <sup>2+</sup> 1000 ppm .....	47
<b>Gambar 4.4</b> Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Ion Logam Cu <sup>2+</sup> .....	47
<b>Gambar 4.5</b> Perubahan Warna Larutan Cu <sup>2+</sup> yang Telah Terbentuk Kompleks dengan Amonia Pada Konsentrasi (a) 20 ppm (b) 40 ppm (c) 60 ppm (d) 80 ppm .....	48
<b>Gambar 4.6</b> Hasil Regresi Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu <sup>2+</sup> .....	48
<b>Gambar 4.7</b> Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> Terhadap Waktu Dalam Proses .....	49
<b>Gambar 4.8</b> Persentase <i>removal</i> terhadap Waktu pada berbagai Konsentrasi Awal Ion Logam Cu <sup>2+</sup> Pada pH 5 .....	51
<b>Gambar 4.9</b> Profil Konsentrasi Larutan Setiap Waktu Terhadap Variasi Konsentrasi Ion Logam Cu <sup>2+</sup> Awal Dalam Biosorpsi Menggunakan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	52
<b>Gambar 4.10</b> Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> Terhadap Waktu Dalam Proses Adsorpsi Ion Logam Cu <sup>2+</sup> Pada Berbagai pH .....	53

<b>Gambar 4.11</b> Persentase <i>removal</i> Terhadap Waktu Dalam Proses Adsorpsi $\text{Cu}^{2+}$ Pada Berbagai pH dengan Konsentrasi Ion Logam $\text{Cu}^{2+}$ Sebesar 40 ppm.....	54
<b>Gambar 4.12</b> Profil Konsentrasi Larutan Setiap Waktu Terhadap Variasi pH Dalam Biosorpsi Menggunakan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	56
<b>Gambar 4.13</b> Hasil Persentase <i>Removal</i> Pada Rancangan Percobaan.....	56
<b>Gambar A. 1</b> Diagram Alir Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	66
<b>Gambar A. 2</b> Diagram Alir Pembuatan Kurva Standar dengan Instrumen Spektrofotometer .....	66
<b>Gambar A. 3</b> Diagram Alir Analisis Kadar Logam Tembaga Hasil Adsorpsi dengan Spektrofotometer .....	67



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. 1</b> Biosorpsi Logam Berat Tembaga pada Berbagai Kondisi dan Biosorben .....	4
<b>Tabel 2. 1</b> Sumber dan Efek Beberapa Jenis Logam Berat (Lakherwal, 2014).....	9
<b>Tabel 2. 2</b> Pengolahan Limbah Logam Berat .....	12
<b>Tabel 2. 3</b> Sifat-sifat Fisika Logam Tembaga (Lipowsky dan Arpaci, 2007) .....	13
<b>Tabel 2. 4</b> Sifat-sifat Kimia Logam Tembaga (Richardson, 1997).....	13
<b>Tabel 2. 5</b> Kekurangan dan Kelebihan Metode Konvensional (Volesky, 2000) .....	15
<b>Tabel 2. 6</b> Mikroorganisme yang Digunakan Pada Proses Biosorpsi.....	16
<b>Tabel 2. 7</b> Kelebihan dan Kekurangan Biosorpsi .....	17
<b>Tabel 2. 8</b> Kombinasi flame-gas untuk berbagai jenis logam (Sharma dan Tyagi, 2013)..	30
<b>Tabel 3. 1</b> Komposisi Pupuk Walne Bagi Pemeliharaan Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> (Asean Canada CPMS-II,1995).....	35
<b>Tabel 3. 2</b> Matriks Penelitian Rancangan Percobaan.....	40
<b>Tabel 3. 3</b> Analisis Varian Rancangan Percobaan Faktorial Dua Faktor .....	40
<b>Tabel 3. 4</b> Tabel Kerja Penelitian .....	42
<b>Tabel C. 1</b> Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	75
<b>Tabel C. 2</b> Pertumbuhan <i>Chlorella vulgaris</i> Berbagai pH .....	75
<b>Tabel C. 3</b> Data Penentuan Gelombang Maksimum .....	75
<b>Tabel C. 4</b> Data Kurva Standar Logam Tembaga (II) .....	76
<b>Tabel C. 5</b> Hasil Persentase <i>Removal</i> Tembaga (II) dengan <i>Chlorella vulgaris</i> untuk Variasi Konsentrasi Awal (1) .....	77
<b>Tabel C. 6</b> Hasil Persentase <i>Removal</i> Tembaga (II) dengan <i>Chlorella vulgaris</i> untuk Variasi Konsentrasi Awal (2) .....	78
<b>Tabel C. 7</b> Hasil Persentase <i>Removal</i> Tembaga (II) dengan <i>Chlorella vulgaris</i> untuk Variasi Konsentrasi Awal (Rata-rata).....	78
<b>Tabel C. 8</b> Hasil Persentase <i>Removal</i> Tembaga (II) dengan <i>Chlorella vulgaris</i> untuk Variasi pH (1) .....	79

<b>Tabel C. 9</b> Hasil Persentase <i>Removal</i> Tembaga (II) dengan <i>Chlorella vulgaris</i> untuk Variasi pH (2) .....	80
<b>Tabel C. 10</b> Hasil Persentase <i>Removal</i> Tembaga (II) dengan <i>Chlorella vulgaris</i> untuk Variasi pH (Rata-rata) .....	80
<b>Tabel C. 11</b> Hasil Rancangan Percobaan Biosorpsi Ion Logam Cu <sup>2+</sup> dengan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	81
<b>Tabel C. 12</b> ANOVA Rancangan Percobaan Biosorpsi Ion Logam Cu <sup>2+</sup> dengan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	81
<b>Tabel C. 13</b> LSD Rancangan Percobaan Biosorpsi Ion Logam Cu <sup>2+</sup> dengan <i>Chlorella vulgaris</i> .....	82
<b>Tabel E. 1</b> Hasil Rancangan Percobaan Analisis Persentase <i>Removal</i> .....	91



## INTISARI

Ion logam berat tembaga (II) ( $\text{Cu}^{2+}$ ) merupakan salah satu pencemar lingkungan yang berbahaya terhadap lingkungan maupun makhluk hidup. Keberadaan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dalam jumlah kecil sangat berguna bagi makhluk hidup karena merupakan logam berat esensial, namun bila kandungan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  berada dalam tubuh manusia melebihi batas yang diperbolehkan, akan berdampak negatif bagi kesehatan makhluk hidup. Tujuan penelitian ini yaitu mempelajari pengaruh pH dan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  awal terhadap persentase *removal* dalam proses adsorpsi dengan menggunakan *Chlorella vulgaris*.

Metode penelitian yang dilakukan meliputi dua tahap yaitu persiapan awal dan penelitian utama. Tahap persiapan awal yaitu melakukan kulturisasi *Chlorella vulgaris* dan penelitian utama yaitu adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  menggunakan *Chlorella vulgaris*. Pada penelitian ini dilakukan variasi pH sebesar 2,3,4,dan 5 serta konsentrasi awal ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  sebesar 20, 40, 60, dan 80 ppm yang dikontakkan dengan inokulum *Chlorella vulgaris* sebanyak  $3,8 \times 10^3$  sel/ml dengan pencahayaan yang berasal dari lampu LED berintensitas cahaya sebesar 9000 lux dan aerasi yang berasal dari aerator. Analisis yang dilakukan meliputi analisis kepadatan sel *Chlorella vulgaris* dan persentase *removal*. Rancangan percobaan yang digunakan adalah faktorial dua faktor untuk mengetahui pengaruh dari konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dan pH terhadap persentase *removal* dalam proses biosorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  menggunakan *Chlorella vulgaris*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan *Chlorella vulgaris* yang tertinggi terjadi pada pH 5 dan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  awal sebesar 40 ppm yang mencapai nilai kepadatan sel sekitar  $37,5 \times 10^3$  sel/ml. Dengan tingkat kepercayaan 95%, nilai pH, konsentrasi larutan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dan interaksi antara keduanya berpengaruh terhadap persentase *removal* dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dengan *Chlorella vulgaris*. Kondisi operasi yang menghasilkan persentase *removal* tertinggi (96,1%) dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  menggunakan *Chlorella vulgaris* adalah saat pH 5 dan konsentrasi awal larutan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  sebesar 40 ppm.

Kata kunci : logam berat, tembaga, *Chlorella vulgaris*, biosorpsi, persentase *removal*





## ABSTRACT

Heavy metal copper (II) ( $\text{Cu}^{2+}$ ) ion is one of the environmental pollutants that are harmful to the environment and living things. The presence of small amounts of  $\text{Cu}^{2+}$  metal ions is very useful for living things because it is an essential heavy metal, but if the content of  $\text{Cu}^{2+}$  metal ions in the human body exceeds the allowed limit, it will have a negative impact on the health of living things. The purpose of this study is to study the effect of the initial  $\text{Cu}^{2+}$  metal ion concentration and study the presence or absence of interaction between pH and initial metal ion concentration of  $\text{Cu}^{2+}$  on the percentage of removal in the adsorption process using *Chlorella vulgaris*.

The research method that is carried out includes two stages: initial preparation and main research. The initial preparation stage is to do *Chlorella vulgaris* culture and the main research is the adsorption of  $\text{Cu}^{2+}$  metal ions using *Chlorella vulgaris*. Variations in pH were 2,3,4, and 5 and initial concentrations of  $\text{Cu}^{2+}$  metal ions were 20, 40, 60, and 80 ppm which were contacted with *Chlorella vulgaris* inoculum ( $3,8 \times 10^3$  cells/ml) with lighting coming from intensity LED lights light of 9000 lux and aeration coming from aerators. The analysis includes analysis of *Chlorella vulgaris* cell density and removal percentage. The experimental design used was a two-factor factorial analysis method. The experimental design was conducted to determine the effect of  $\text{Cu}^{2+}$  metal ion concentration and pH on removal percentage in the biosorption process of  $\text{Cu}^{2+}$  metal ions using *Chlorella vulgaris*, and the interaction of these two variables.

The results showed that the maximum growth of *Chlorella vulgaris* occurred at pH 5 and an initial concentration of 40 ppm which reached a cell density value of about  $37.5 \times 10^3$  cells/ml. With a 95% confidence level, pH value,  $\text{Cu}^{2+}$  metal ion solution concentration and the interaction between the two effect on the percentage of removal in the adsorption process of  $\text{Cu}^{2+}$  metal ions with *Chlorella vulgaris*. Operating conditions that produce the highest removal percentage (96.1%) in the adsorption process of  $\text{Cu}^{2+}$  metal ions using *Chlorella vulgaris* is when the initial concentration of  $\text{Cu}^{2+}$  metal ion solution is 40 ppm with pH 5.

**Keywords:** heavy metal, copper, *Chlorella vulgaris*, biosorption, percentage removal

# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri di Indonesia berkembang dengan sangat pesat dan di proyeksikan pada tahun 2018 ini mencapai angka 5,4% (Triwijanarko, 2017). Sektor industri ini memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap produk domestik bruto (PDB) Indonesia pada triwulan III 2016. Perolehan PDB yang didapat melalui sektor tersebut mencapai 19,90% (Hanifah, 2016). Pemerintah masih terus mengembangkan sektor industri dengan mencanangkan target pada tahun 2015-2019 adalah terbangunnya industri yang tangguh dan berdaya saing melalui penguatan struktur Industri nasional, peningkatan nilai tambah di dalam negeri, membuka kesempatan berusaha dan perluasan kesempatan kerja, serta pemerataan pembangunan industri ke seluruh wilayah Indonesia guna memperkuat dan memperkokoh ketahanan nasional (Media Indonesia, 2015).

Semakin berkembangnya kegiatan industri di Indonesia, selain membawa dampak positif juga mengakibatkan dampak negatif berupa pencemaran akibat limbah logam berat yang dikeluarkan (Ratnawati, Ermawati, & Naimah, 2010). Salah satu sumber pencemaran akibat proses industri adalah limbah cair. Sebagian besar dari limbah cair industri pertambangan, pestisida, dan metalurgi mengandung limbah berbahaya yaitu logam berat tembaga. Hal ini tentunya sangat membahayakan apabila limbah tersebut belum dikelola dan kemudian dibuang ke lingkungan begitu saja. Dampak pencemaran lingkungan akibat limbah logam berat tentunya sangat merugikan bagi masyarakat sekitar, untuk itu perlu adanya pengelolaan lebih lanjut akan limbah logam berat. Logam berat merupakan zat pencemar yang memiliki efek berbahaya karena sifatnya yang tidak dapat diuraikan secara biologis dan stabil (Ridhowati, 2013).

Logam berat dalam limbah biasanya berada dalam berbagai macam kondisi, seperti tidak terlarut, terlarut, anorganik, tereduksi, teroksidasi, logam bebas, terpresipitasi, terserap dan dalam bentuk kompleks. Logam-logam berat tersebut merupakan unsur yang dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah yang sangat kecil sehingga jika kelebihan maka akan menyebabkan keracunan pada makhluk hidup tersebut (Soeprijanto, Fabella, & Aryanto, 2007).

Logam berat dalam air limbah dapat dipisahkan dengan cara fisika, kimia dan biologi. Namun dari pengolahan secara kimia dan fisika membutuhkan biaya yang cukup

besar dan mempunyai dampak negatif pada lingkungan (Pinem, Sani, & Juliastuti, 2013). Oleh karena hal tersebut, pengolahan limbah secara biologi pun dianggap sebagai pengolahan yang paling efektif. Selain itu, perkembangan akhir-akhir ini juga menunjukkan kecenderungan yang semakin meningkat dalam pemanfaatan lingkungan dan proses alami untuk mengurangi pencemaran lingkungan, yaitu dengan menggunakan tumbuhan ataupun mikroorganisme yang ada di lingkungan (Fuad, Aunurohim, & Nurhidayati, 2013), antara lain dengan pemanfaatan kemampuan beberapa mikroorganisme sebagai penyerap logam berat.

Teknologi alternatif untuk mengolah limbah secara biologi dengan logam berat adalah dengan biosorpsi. Biosorpsi menjadi pilihan menarik karena tersedianya berbagai bahan biosorben seperti fungi, bakteri, *yeast*, *algae* dan biopolimer seperti alginat dan kitosan yang merupakan produk samping industri perikanan (Ratnawati, Ermawati, & Naimah, 2010). Biosorben juga merupakan materi biologis yang digunakan dalam proses penyerapan logam dari suatu larutan (Pinem, Sani, & Juliastuti, 2013).

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme, yaitu alga *Chlorella vulgaris*. Mikroalga yang digunakan berupa alga hidup. Secara umum, keuntungan pemanfaatan alga sebagai biosorben adalah (1) alga mempunyai kemampuan yang cukup tinggi dalam mengadsorpsi logam berat karena di dalam alga terdapat gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut terutama gugus karboksil, hidroksil, amina, sulfidril, imadazol, sulfat, dan sulfonat yang terdapat dalam dinding sel dalam sitoplasma; (2) bahan bakunya mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak; (3) biaya operasional yang rendah; dan (4) tidak perlu nutrisi tambahan (Ridhowati, 2013).

Beberapa penelitian pengolahan limbah logam berat dengan menggunakan mikroalga diantaranya dilakukan oleh Purnamawati, dkk (2015), dimana berdasarkan penelitian tersebut terbukti bahwa *C. vulgaris* terbukti mampu menurunkan konsentrasi ion Cd dan Pb dalam perairan. Prosentase penurunan konsentrasi ion Pb dalam media kontrol, 1 ppm, 3 ppm, dan 5 ppm berturut-turut 70%, 80%, 62%, dan 52% sedangkan dalam media Cd pada konsentrasi serupa berturut-turut 67%, 79%, 56%, dan 51%. *C. vulgaris* mampu mengakumulasi Cd lebih besar daripada Pb. Berdasarkan nilai BCF terhadap Cd maupun Pb, *C. vulgaris* tergolong akumulator logam. Penelitian berikutnya yaitu dilakukan oleh Soeprobawati dan Hariyati (2013), dimana hasil penelitiannya menunjukkan bahwa mikroalga mampu meremediasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Cu dari limbah industri plastik,

tekstil, dan lindi. *Chlorella pyrenoidosa* mempunyai kemampuan *bioremoval* paling tinggi, khususnya pada Cd limbah plastik (91,28%), Cu limbah tekstil (84,07), Pb limbah plastik (83,08%), Pb limbah tekstil (80,08%). *Chaetoceros calcitrans* memiliki kemampuan *bioremoval* Cd 87,27% sedangkan *Spirulina platensis* kemampuan *bioremoval* terhadap logam berat < 80%. Dengan demikian, maka dapat dikatakan bahwa penggunaan mikroalga dalam pengolahan limbah dapat dilakukan dan sangat bermanfaat.

Peneliti memilih ion logam tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ) dalam pengujian biosorpsi karena sebagai logam berat, ion logam tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ) berbeda dengan logam-logam berat lainnya seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam berat ion logam tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ) digolongkan kedalam logam berat esensial, yang artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam jumlah yang sedikit. Karena itu, ion logam tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ) juga termasuk kedalam logam-logam esensial bagi manusia, seperti besi (Fe). Toksisitas yang dimiliki oleh ion logam tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ) baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai organisme terkait.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh pH dan Konsentrasi Ion Logam Tembaga (II) Dalam Proses Adsorpsi Menggunakan Mikroalga *Chlorella Vulgaris*".

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Pengujian pengaruh pH dan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  awal terhadap persentase *removal* dalam proses adsorpsi menggunakan *Chlorella vulgaris*.

## 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimanakah pengaruh pH dan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  terhadap pertumbuhan *Chlorella vulgaris*?
2. Bagaimanakah pengaruh pH terhadap persentase *removal* dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dengan *Chlorella vulgaris*?
3. Bagaimanakah pengaruh konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  awal terhadap persentase *removal* dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dengan *Chlorella vulgaris*?
4. Bagaimanakah interaksi antara pH dan konsentrasi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  awal terhadap persentase *removal* dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dengan *Chlorella vulgaris*?

## 1.4 Premis

Penelitian ini berlandaskan beberapa literatur yang berhubungan dengan tema penelitian, seperti yang disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 1. 1 Biosorpsi Logam Berat Tembaga pada Berbagai Kondisi dan Biosorben**

Peneliti	Jenis Adsorben	Jenis Logam	Jenis Alga	Kondisi Adsorpsi						Kapasitas Adsorpsi Maksimum dan %removal
				pH	Temperatur	Waktu Kontak	Kecepatan Pengadukan	Jumlah Adsorben	Konsentrasi Larutan Tembaga (II)	
Aung, Hlaing, dan Aye (2013)	<i>Chlorella Vulgaris</i>	Timbal (Pb)	Alga kering	3, 4, 5, 6	60°C	24 jam		1 g	51,79 – 414,38 mg/L	75 um 99,4%
Soeprubowati dan Hariyati (2013)	<i>Chlorella Vulgaris</i>	Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb)	Alga basah	7,5 – 8,5	27 – 28°C	24 jam		1000 sel/ml	1 ppm, 3 ppm dan 5 ppm	40 mg/l 80%
Al-Rub, Naas, Benyahia dan Ashour (2004)	<i>Chlorella vulgaris</i>	Nikel (Ni)	Alga kering	2-7	25°C	24 jam	3000 rpm	2,5 mg	100 – 300 ppm	57,8 mg/g
Purnamawati, Soeprubowati, dan Izzati (2015)	<i>Chlorella Vulgaris</i>	Timbal (Pb), Kadmium (Cd)	Alga basah	6	27°C	24 jam	80 rpm	10000 sel/ml	0,1542 ppm 1,5702 ppm	71,6%
Pinem, Sani, dan Juliastuti (2013)	<i>Chlorella Vulgaris</i>	Cadmium (Cd)	Alga kering	6	25 - 30°C	60 menit		2,5 mg	25, 50, 100 mg/l	71,24%
Li, Helmreich, dan Horn (2011)	Red Alga ( <i>Pamarian Palmata</i> )	Tembaga (Cu)	Alga kering	5	22°C	24 jam		0,1 g	351,08 ppm	10 mmol/l 7%
Ronaldo, Silalahi, dan Wahyuni (2013)	Alga Coklat ( <i>Sargassum Crassifolium</i> )	Tembaga (Cu)	Alga kering	4-5	25°C	30 menit	-	1 g	0, 50, 100, 200, 300, 400 mg/L	0,75 mmol/g
Karthikeyan, Balasubramanian, dan Iyer (2007)	<i>Marine algae Ulva fasciata</i>	Tembaga (Cu)	Alga Kering	2-6	20°C	30 menit	150 rpm	2 g	-	73,5 mg/g
Romera, Gonzales, Blazquez, dan Munoz (2006)	<i>Red, Green and Brown Algae</i>	Kadmium (Cd), Nikel (Ni), Timbal (Pb), dan Seng (Zn)	Alga kering	7-8	60°C	120 menit	5000 rpm	100 g		1,02 mmol/g

### 1.5 Hipotesis

1. Dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dengan *Chlorella vulgaris*, semakin tinggi nilai pH, maka semakin tinggi persentase *removal*.
2. Dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dengan *Chlorella vulgaris*, semakin besar konsentrasi larutan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  awal, maka semakin besar persentase *removal*.
3. Terdapat interaksi antara pH dan konsentrasi larutan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  awal terhadap persentase *removal* dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dengan *Chlorella vulgaris*.

### 1.6 Tujuan

1. Mempelajari pengaruh pH terhadap persentase *removal* dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dengan *Chlorella vulgaris*.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi larutan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  awal terhadap persen *removal* dalam proses adsorpsi dengan *Chlorella vulgaris*.
3. Mempelajari ada atau tidaknya interaksi antara pH dan konsentrasi larutan ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  awal terhadap persentase *removal* dalam proses adsorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dengan *Chlorella vulgaris*.

### 1.7 Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti  
Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi peneliti sehingga dapat mengetahui pengaruh pH dan konsentrasi larutan logam Cu awal terhadap persentase *removal* ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  dalam proses adsorpsi menggunakan *Chlorella vulgaris* dan dapat mempraktekkan ilmu yang didapat sewaktu masa perkuliahan.
2. Bagi industri  
Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi dunia industri untuk dapat dijadikan sebagai masukan dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat tembaga melalui proses adsorpsi menggunakan *Chlorella vulgaris* yang efektif dan efisien.
3. Bagi bidang ilmu pengetahuan dan teknologi  
Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan mengenai pemanfaatan *Chlorella vulgaris* dalam proses adsorpsi untuk menyerap kandungan logam berat tembaga yang efektif dan efisien.