

*Skripsi*

**REDUKSI KROM(VI) MENGGUNAKAN KOAGULAN  
BESI(II) SULFAT DENGAN MEDIA ASAM KLORIDA DAN  
APLIKASINYA PADA LIMBAH SIMULASI ELEKTROPLATING**

**CICILIA OKTAFIEN SEFA**

**H031171322**



**DEPARTEMEN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2021**

**REDUKSI KROM(VI) MENGGUNAKAN KOAGULAN  
BESI(II) SULFAT DENGAN MEDIA ASAM KLOORIDA DAN APLIKASINYA  
PADA LIMBAH SIMULASI ELEKTROPLATING**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Sains pada Departemen Kimia*

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

*Universitas Hasanuddin*

**CICILIA OKTAFIEN SEFA**

**H031171322**

**DEPARTEMEN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

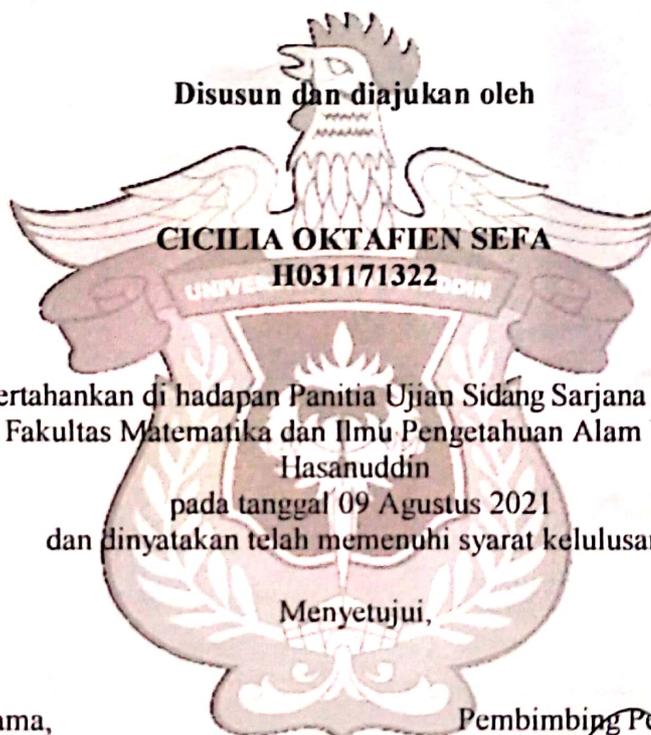
**MAKASSAR**

**2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

REDUKSI KROM(VI) MENGGUNAKAN KOAGULAN  
BESI(II) SULFAT DENGAN MEDIA ASAM KLORIDA DAN APLIKASINYA  
PADA LIMBAH SIMULASI ELEKTROPLATING

Disusun dan diajukan oleh



CICILIA OKTAFIEN SEFA

H031171322

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi  
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Hasanuddin  
pada tanggal 09 Agustus 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Dr. Djabal Nur Basir, S.Si, M.Si  
NIP. 19740319 200801 1 010

Pembimbing Pertama

Prof. Dr. Abd Wahid Wahab, M.Sc  
NIP. 19490827 1970 2 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Abdul Karim, M.Si

NIP. 196207101988031002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cicilia Oktafien Sefa  
NIM : H031171322  
Program Studi : Kimia  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul Reduksi Krom(VI) Menggunakan Koagulan Besi(II) Sulfat dengan Media Asam Klorida dan Aplikasinya pada Limbah Simulasi Elektroplating adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 09 Agustus 2021

Menyatakan  
  
Cicilia Oktafien Sefa

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*"Sebab Aku ini tau mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera, dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan.*

*-Yeremia 29:11-*

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Reduksi Krom(VI) Menggunakan Koagulan Besi(II) Sulfat dengan Media Asam Klorida dan Aplikasinya pada Limbah Simulasi Elektroplating**” sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Penulis banyak menemui kendala dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan skripsi ini, namun berkat doa, bantuan, motivasi, dan dukungan berbagai pihak hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua Orang Tua, untuk Ayahanda **Frans Rerung Tangalayuk** dan Ibunda **Sarce Lisu Kady** yang telah mencintai, mendidik, mendukung, dan selalu mendoakan penulis secara keseluruhan mulai dari penulis dalam kandungan hingga sampai dewasa. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas kerja keras dari kedua orang tua yang telah berjerih payah mencari nafkah untuk membiayai pendidikan penulis hingga sampai di bangku perkuliahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang pendidikan perguruan tinggi tanpa kekurangan sesuatu apa pun.

2. Keluarga tercinta, adik-adik **Anastasya Agustin Sefa** dan **Alfonso Wiraguna Sefa**, terkhusus Kakek **Ruben Raba Limbong**, Nenek **Luciana Rante**, Kakek **Toni Bumbungan**, Alm. Nenek **Yovita Liku**, yang banyak membantu penulis dalam menyelesaikan pendidikan, terima kasih atas kasih sayang, perhatian, motivasi, serta dukungan doanya.
3. Bapak Ketua Departemen Kimia, **Dr. Abdul Karim, M.Si.** dan seluruh dosen yang telah membimbing dan memberikan ilmunya kepada penulis selama menempuh pendidikan.
4. Ayahanda **Dr. Djabal Nur Basir, S.Si., M.Si.** selaku pembimbing utama dan Ayahanda **Prof. Dr. Abd Wahid Wahab, M.Sc.** selaku pembimbing pertama yang selama ini telah banyak meluangkan waktu, dengan sabar memberikan ilmu, pemikiran, motivasi, serta bimbingan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian maupun proses penyelesaian skripsi ini.
5. Ayahanda **Dr. Abdul Karim, M.Si.** dan Ayahanda **Ir. Abd. Hayat Kasim, MT** selaku tim penguji, atas segala diskusi dan saran yang telah diberikan demi perbaikan skripsi ini.
6. Ibunda **Dr. St. Fauziah, M.Si.**, Ayahanda **Dr. H. Yusafir Hala, M.Si.**, dan Ayahanda **Dr. Djabal Nur Basir, S.Si., M.Si.** selaku penasihat akademik, yang telah memberikan saran, motivasi, nasehat, dan dukungan selama penulis mengikuti proses perkuliahan di Departemen Kimia.
7. Seluruh **staf Departemen Kimia** dan **Fakultas MIPA** terkhusus kepada **Pak Taufik, Pak Haerul** dan **Kak Rahma** yang senantiasa memberikan bantuan kepada penulis.
8. Seluruh analis laboratorium Departemen Kimia FMIPA Unhas **Pak Sugeng, Bu Tini, Bu Anti, Kak Hana, Bu Linda, Pak Iqbal** yang selalu

sabar mengarahkan dan membantu penulis, khususnya **Kak Fibyanti** yang selalu membimbing dan memotivasi saya selama penelitian dan juga **Kak Akbar**, yang banyak membantu memberikan ilmunya serta motivasi selama kuliah dan terutama dalam persiapan ujian komprehensif.

9. Teman-teman rekan penelitian **Oxana Arung Rantelangi'**, **Nur Alim**, dan **Abdur Rahman Noval** atas kerja keras, motivasi, dan dukungan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik, khususnya Oxana yang selalu menjadi pengingat, pemberi dorongan, serta penyemangat selama ini.
10. Sahabat tercinta POP MIE, **Hendrianus Layuk Ada'**, **Andrian Nardus Yoel**, **Muh. Amrullah**, **Syamsuriadi**, **Ishar**, **Muh. Fathir Hasyim**, , **Oxana Arung Rantelangi'**, dan **Marfa Wahyuni A.P**, yang begitu hebat dan selalu menemani sejak perkuliahan hingga sekarang. Terima kasih kalian selalu ada untuk memberikan bantuan, motivasi, dan saran mulai dari penyusunan proposal, penelitian, hingga penyusunan skripsi ini.
11. Sahabat-sahabat **ChemChrist 17** yang senantiasa memberi motivasi dan dukungan selama masa studi.
12. Teman-teman **Analitik Squad 17** yang selalu mendukung saya selama penelitian.
13. Teman-teman seperjuangan **ALIFATIK 2017** dan **KIMIA 2017** yang selalu ada dari awal perkuliahan hingga saat ini. Terima kasih atas kenangan dan pengalaman yang tak terlupakan.
14. Kakak-kakak, adik-adik, Warga dan Alumni **KMK FMIPA Unhas** atas pengalaman dan pelajaran yang tak terlupakan.

15. Teman-teman **KKN Panakkukang 4 Gelombang 104** yang telah memberi dukungan dan motivasi.
16. Kakak-kakak, teman-teman dan adik-adik **Keluarga Mahasiswa Katolik FMIPA Unhas** dan **GMKI Komisariat FMIPA Unhas** yang senantiasa memberi motivasi dan dukungan doa kepada penulis selama masa studi.
17. Sahabat-sahabat SMP 08 Makassar, **Irawati W, Dwi Amalia Firdaus, Hari Wulandari, dan Jihan Atsila L.**, yang telah banyak membantu, memberi motivasi dan dukungan doa kepada penulis.
18. Serta ucapan terima kasih kepada pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung ataupun tidak langsung, yang tidak sempat penulis sebutkan satu per satu di sini. Atas segala kebaikan yang telah diberikan oleh berbagai pihak, penulis mengucapkan banyak terima kasih, semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan yang berlipat ganda kepada semuanya.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun diperlukan dalam penulisan selanjutnya. Akhirnya, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan wawasan bidang ilmu kimia, Amin.

Makassar, Juli 2021

Penulis

## ABSTRAK

Pesatnya perkembangan industri elektroplating di Indonesia berdampak pada semakin banyaknya limbah yang menimbulkan pencemaran di lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari industri elektroplating mengandung logam berat krom(VI) yang bersifat toksik. Penggunaan koagulan merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair yang mengandung krom(VI) secara kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum yang digunakan untuk proses reduksi limbah elektroplating yang mengandung krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat ( $\text{FeSO}_4$ ) dengan media asam klorida. Parameter yang diteliti adalah konsentrasi asam klorida, waktu kontak, dosis koagulan dan konsentrasi optimum krom(VI). Pengukuran kadar krom(VI) pada semua perlakuan ditentukan dengan metode Spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 541,5 nm. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum reduksi krom(VI) pada konsentrasi HCl 0,01 M dengan waktu kontak 5 menit dan dosis koagulan  $\text{FeSO}_4$  0,1 gram dapat menurunkan konsentrasi ion krom(VI) sebesar 99,97% dari konsentrasi awal 100 mg/L. Aplikasi kondisi optimum tersebut pada sampel limbah simulasi elektroplating diperoleh persen reduksi krom(VI) sampai 99,93%.

**Kata Kunci:** Elektroplating, Krom(VI), koagulan, asam klorida, reduksi

## ABSTRACT

The rapid development of the electroplating industry in Indonesia has an impact on the increasing amount of waste that causes pollution in the environment. Waste generated from the electroplating industry contains heavy metal chromium(VI) which is toxic. The use of coagulant is one of the techniques that can be used for the treatment of liquid waste containing chromium(VI) chemically. This study aims to determine the optimum conditions used for the reduction process of electroplating waste containing chromium(VI) using iron(II) sulfate ( $\text{FeSO}_4$ ) as a coagulant with hydrochloric acid as a medium. The parameters studied were hydrochloric acid concentration, contact time, coagulant dose and optimum chromium(VI) concentration. Measurement of chromium(VI) content in all treatments was determined by the UV-Vis Spectrophotometry method at a maximum wavelength of 541.5 nm. The results showed that the optimum conditions for chromium(VI) reduction at a concentration of 0.01 M HCl with a contact time of 5 minutes and a dose of 0.1 gram  $\text{FeSO}_4$  coagulant could reduce the concentration of chromium(VI) ions by 99.97% from the initial concentration of 100 mg/L. The application of these optimum conditions to the simulated electroplating waste samples obtained a reduction of chromium(VI) up to 99.93%.

**Keywords :** Chromium(VI), coagulant, Ferrous Sulfate, reducer, hydrochloric acid, electroplating waste.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Logam Kromium.....	7
2.2 Kromium Heksavalen.....	9
2.3 Koagulasi.....	10
2.3.1 Jenis Koagulan.....	14
2.3.1.1 <i>Ferrous sulphate</i> (FeSO <sub>4</sub> ).....	14
2.3.1.2 <i>Ferric sulphate</i> (Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ).....	14

2.3.1.3 <i>Ferric chloride</i> ( $\text{FeCl}_3$ ).....	15
2.3.1.4 Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ).....	15
2.3.1.5 <i>Polyelectrolyte</i> .....	17
2.3.1.6 <i>Polyaluminium Chloride</i> (PAC).....	17
2.4 Aplikasi Redoks dalam Pengolahan Limbah.....	18
2.5 Elektroplating.....	20
2.6 Spektrofotometri UV-Vis.....	22
BAB III METODE PENELITIAN .....	23
3.1 Bahan Penelitian .....	23
3.2 Alat Penelitian.....	23
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.4.1 Pembuatan Larutan .....	23
3.4.1.1 Pembuatan Larutan Induk (VI) 1000 mg/L....	23
3.4.1.2 Pembuatan Larutan Intermediet Cr(VI) 100 mg/L .....	24
3.4.1.3 Pembuatan Larutan Standar Cr(VI) 10 mg/L	24
3.4.1.4 Pembuatan Reagen 1,5-Difenilkarbazid 1% ..	24
3.4.1.5 Pembuatan Deret Larutan Standar Cr(VI).....	24
3.4.1.6 Pembuatan Larutan HCl 3 M.....	25
3.4.1.7 Pembuatan Larutan Kerja Cr(VI) 100 mg/ dengan Konsentrasi HCl 0,01; 0,05; 0,1; 0,2; dan 0,3 M.....	25
3.4.1.8 Pembuatan Limbah Simulasi Elektroplating	25
3.4.2 Optimasi Reduksi Cr(VI).....	26
3.4.2.1 Penentuan Konsentrasi Asam Klorida Optimum .....	26
3.4.2.2 Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	27

3.4.2.3	Penentuan Penambahan Dosis Optimum Koagulan $\text{FeSO}_4$ .....	28
3.4.2.4	Penentuan Konsentrasi Optimum $\text{Cr(VI)}$ .....	29
3.4.2.5	Aplikasi Kondisi Optimum Pada Pengolahan Limbah $\text{Cr(VI)}$ .....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Penentuan Kurva Kalibrasi Deret Larutan Standar .....	31
4.2	Optimasi Reduksi $\text{Cr(VI)}$ .....	32
4.2.1	Penentuan Konsentrasi Asam Klorida Optimum .....	33
4.2.2	Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	35
4.2.3	Penentuan Penambahan Dosis Optimum Koagulan $\text{FeSO}_4$ .....	36
4.2.4	Penentuan Konsentrasi Optimum $\text{Cr(VI)}$ .....	38
4.2.5	Aplikasi Kondisi Optimum Pada Pengolahan Limbah $\text{Cr(VI)}$ .....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		41
5.1	Kesimpulan .....	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA .....		42
LAMPIRAN.....		46

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Dampak dari paparan kromium heksavalen.....	10
2. Penerapan dosis koagulan .....	13
3. Daerah Spektrum Elektromagnetik .....	22
4. Hasil pengukuran deret larutan standar Cr(VI).....	64
5. Data hasil penentuan konsentrasi asam klorida optimum.....	66
6. Data hasil penentuan waktu kontak optimum .....	68
7. Data hasil penentuan penambahan dosis optimum koagulan FeSO <sub>4</sub> .....	70
8. Data hasil penentuan konsentrasi optimum Cr(VI).....	72
9. Aplikasi Kondisi Optimum Pada Pengolahan Limbah Simulasi Elektroplating.....	74

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Kromium .....	7
2. Proses Koagulasi .....	11
3. Fero Sulfat .....	14
4. Kurva kalibrasi deret larutan standar Cr(VI) .....	32
5. Grafik hubungan antara konsentrasi HCl dengan persen penurunan konsentrasi ion Cr(VI).....	34
6. Grafik hubungan antara waktu kontak dengan persen penurunan konsentrasi ion Cr(VI).....	35
7. Grafik hubungan antara dosis koagulan FeSO <sub>4</sub> dengan persen penurunan konsentrasi ion Cr(VI).....	37
8. Grafik hubungan antara konsentrasi Cr(VI) dengan persen penurunan konsentrasi ion Cr(VI).....	38

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Skema kerja penelitian .....	33
2. Bagan kerja penelitian.....	34
3. Perhitungan .....	42
4. Data Absorbansi Kurva Kalibrasi Deret Larutan Standar.....	64
5. Data Penentuan Konsentrasi Asam Klorida Optimum.....	65
6. Data Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	67
7. Data Penentuan Penambahan Dosis Optimum Koagulan FeSO <sub>4</sub> .....	69
8. Data Penentuan Konsentrasi Optimum Cr(VI) .....	71
9. Aplikasi Kondisi Optimum Pada Pengolahan Limbah Simulasi Elektroplating.....	73
10. Dokumentasi Penelitian .....	75

## DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Simbol/Singkatan</b>	<b>Arti</b>
ATSDR	<i>Agency for Toksic Substances and Disease Registry</i>
DHHS	<i>Deperment of Health and Human Services</i>
DNA	<i>Deoxyribo Nucleic Acid</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
IARC	<i>International Agency for Reseach on Cancer</i>
MENLH	Kementrian Lingkungan Hidup
PAC	<i>Polyaluminium Chloride</i>
PACS	<i>Polyaluminium Hydroxidechloride</i>
PASS	<i>Polyaluminium Hydroxidechloride Silicate Sulfate</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara penghasil mineral terkemuka di dunia dengan sumber daya mineral yang cukup besar dan termasuk ke dalam salah satu negara industri di dunia yang berkembang (Alamsyah, 2006). Pesatnya perkembangan di berbagai sektor industri banyak memberikan manfaat dan membawa pengaruh positif terhadap pembangunan negeri tetapi juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Nasrullah dkk., 2017; Nilasari dkk., 2020). Seiring meningkatnya aktivitas produksi, maka limbah yang dihasilkan juga akan semakin bertambah. Limbah yang dihasilkan dari beberapa kegiatan industri seperti industri elektroplating, penyamakan kulit, cat tekstil, fotografi, pigmen (zat warna), besi baja, dan industri kimia banyak mengandung logam berat yang bersifat toksik antara lain adalah logam kromium (Cr) (Hariyanti dan Razif, 2019; Hariyani dkk., 2009).

Pada industri elektroplating (pelapisan logam), kromium digunakan untuk menghambat terjadinya korosi pada logam dan dapat membuat tampilan logam lebih menarik. Untuk kedua tujuan tersebut beberapa peralatan rumah tangga seperti meja, kursi, lampu hias dan peralatan dapur diberikan lapisan krom. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk maka kebutuhan akan peralatan rumah tangga yang berlapis krom juga semakin meningkat. Hal ini mengakibatkan semakin banyaknya industri pelapisan logam. Dampak dari banyaknya industri pelapisan logam adalah semakin banyaknya limbah krom dari proses pelapisan logam pada industri tersebut (Udyani dkk., 2020).

Limbah yang mengandung logam kromium termasuk kategori limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3). Kromium masuk ke dalam kelompok 16 besar substansi berbahaya oleh *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) (Sy dkk., 2016). Logam kromium merupakan logam yang sulit didegradasi sehingga dapat bertahan lama di dalam perairan (Paramita dkk., 2017). Kromium bersifat bioakumulasi di dalam tubuh makhluk hidup melalui rantai makanan (Kristianto dkk., 2017), dan di dalam tubuh akan sulit untuk dikeluarkan sehingga kadarnya akan meningkat di dalam tubuh organisme (Prastyo dkk., 2016). Kandungan senyawa kromium dalam limbah elektroplating ditemui dalam bentuk krom trivalen ( $\text{Cr}^{3+}$ ) dan krom heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ).  $\text{Cr}^{6+}$  merupakan bentuk krom yang sangat berbahaya, karena dianggap sangat beracun, karsinogen, mutagenik, dan teratogenik (Kristianto dkk., 2017). Ion krom dapat menyebabkan kerusakan hati, saluran pernapasan, ginjal, dan kanker paru-paru (Sy dkk., 2016). Adapun  $\text{Cr}^{6+}$  bersifat lebih toksik karena sifatnya yang lebih stabil dibandingkan  $\text{Cr}^{3+}$ .

Pembuangan langsung limbah proses elektroplating tanpa pengolahan terlebih dahulu ke lingkungan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Nurhasni dkk., 2013). Oleh sebab itu perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair ini dimana  $\text{Cr}^{6+}$  terlebih dahulu perlu direduksi menjadi  $\text{Cr}^{3+}$  untuk menurunkan toksisitasnya dalam limbah sampai konsentrasinya berada di bawah batas yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah cair dalam proses produksi ini dimaksudkan untuk meminimalkan volume limbah dengan konsentrasi dan toksisitas yang juga minimal (Avesa dkk., 2016). Berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah menyatakan bahwa batas maksimal konsentrasi kromium total untuk air limbah

sebesar 0,5-1 mg/L dan untuk krom(VI) sebesar 0,1-0,5 mg/L (PERMENLH, 2014).

Berbagai macam usaha telah dilakukan untuk mengurangi konsentrasi logam kromium dalam air buangan, salah satunya melalui proses koagulasi. Koagulasi merupakan salah satu proses pengolahan limbah cair secara kimia. Proses koagulasi dilakukan dengan membubuhkan koagulan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap, logam-logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun. Prinsip dari koagulasi adalah peristiwa destabilisasi pada partikel-partikel koloid di mana gaya tolak-menolak (repulsi) di antara partikel-partikel tersebut dikurangi ataupun ditiadakan (Marisi, 2012). Keefektifan proses koagulasi dipengaruhi oleh jenis koagulan, konsentrasi, pH larutan, dan kekuatan ion dari koagulan. Koagulan yang digunakan dalam proses pengolahan limbah dapat berupa koagulan alami atau koagulan sintesis (kimia). Bahan koagulan kimia yang biasa digunakan sebagai koagulan misalnya tawas, fero sulfat, feri klorida, zeolit, dan lain-lain (Yuliati, 2006; Hariani dkk., 2009). Pada penelitian yang dilakukan oleh Hariani dkk. (2009) tentang penurunan konsentrasi Cr(VI) dalam air menggunakan koagulan  $\text{FeSO}_4$  diperoleh kondisi optimum yaitu pada pH 8, konsentrasi koagulan 140 mg/L dan waktu kontak 60 menit dengan konsentrasi awal ion krom(VI) 20 mg/L. Pada penelitian Wardhani dkk. (2018) diperoleh persentase penurunan kadar kromium (Cr) setelah dilakukan proses koagulasi menggunakan koagulan  $\text{FeSO}_4$  dengan variasi dosis 20 gr/L, 30 gr/L berturut-turut sebesar 75,89% dan 83,00%.

Pada penelitian ini digunakan metode koagulasi dengan koagulan  $\text{FeSO}_4$ . Senyawa  $\text{FeSO}_4$  disebut juga fero sulfat atau *copperas* merupakan senyawa kimia yang berbentuk kristal dengan warna putih kehijauan yang bersifat asam dan sangat

mudah larut dalam air. Pada proses ini ferro sulfat selain berfungsi sebagai koagulan juga bertindak sebagai pereduksi, yang selanjutnya pada pH tertentu ion krom akan terendapkan. Adapun pemilihan koagulan ferro sulfat dikarenakan koagulan ferro sulfat atau disebut juga *copperas* atau *iron sulphate* atau gula besi, merupakan garam yang mudah didapatkan di pasaran dan harganya yang relatif murah yang dapat digunakan untuk koagulasi, serta telah banyak digunakan dalam berbagai industri (Hariani dkk., 2009). Berdasarkan hal tersebut maka koagulan ini cocok digunakan untuk pengolahan limbah yang mengandung Cr(VI). Reduksi Cr(VI) dengan koagulan FeSO<sub>4</sub> baik dalam kondisi asam (Sevim dan Demir, 2008), oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan asam klorida sebagai media reduksi Cr(VI) dengan harapan efektivitas penurunan Cr(VI) menjadi Cr(III) tidak berbeda signifikan dengan penggunaan asam sulfat yang telah umum digunakan di berbagai industri. Adapun pemilihan asam klorida ini dikarenakan asam ini memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan asam sulfat sehingga asam ini baik digunakan sebagai media reduksi Cr(VI) apabila hasil penelitian yang didapatkan juga baik.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian reduksi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat dengan media asam klorida. Adapun parameter optimum yang diteliti adalah meliputi waktu, konsentrasi asam klorida, dosis koagulan besi(II) sulfat, konsentrasi krom(VI), dan aplikasinya dalam pengolahan limbah yang mengandung krom(VI). Limbah krom(VI) yang digunakan merupakan limbah simulasi elektroplating yang dibuat mirip dengan limbah elektroplating aslinya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat

memberikan manfaat untuk menangani masalah-masalah lingkungan terutama untuk masalah penanganan limbah logam berat kromium.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. berapakah waktu optimum reduksi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat dengan media asam klorida?
2. berapakah konsentrasi optimum asam klorida sebagai media pada reduksi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat?
3. berapakah penambahan dosis optimum koagulan besi(II) sulfat pada reduksi krom(VI) dengan media asam klorida?
4. berapakah konsentrasi optimum krom(VI) yang dapat direduksi oleh koagulan besi(II) sulfat dengan media asam klorida?
5. berapakah kadar krom(VI) pada limbah simulasi elektroplating setelah direduksi oleh koagulan besi(II) sulfat dengan media asam klorida?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui dan mempelajari reduksi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat dengan media asam klorida, serta aplikasinya pada pengolahan limbah simulasi elektroplating.

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan waktu optimum reduksi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat dengan media asam klorida?

2. menentukan konsentrasi optimum asam klorida sebagai media pada reduksi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat?
3. menentukan penambahan dosis optimum koagulan besi(II) sulfat pada reduksi krom(VI) dengan media asam klorida?
4. menentukan konsentrasi optimum krom(VI) yang dapat direduksi oleh koagulan besi(II) sulfat dengan media asam klorida?
5. menentukan kadar krom(VI) pada limbah simulasi elektroplating setelah direduksi oleh koagulan besi(II) sulfat dengan media asam klorida?

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai bahan informasi mengenai kondisi yang optimum pada proses reduksi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat ( $\text{FeSO}_4$ ) dengan media asam klorida, serta diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengolahan limbah yang mengandung logam krom(VI).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Logam Kromium



**Gambar 1.** Kromium ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com))

Krom adalah logam kristalin yang putih, tidak begitu liat dan tidak dapat ditempa. Logam krom memiliki titik lebur pada suhu 1765°C. Logam ini larut dalam asam klorida encer maupun pekat. Asam nitrat baik yang encer maupun yang pekat membuat krom menjadi pasif, begitu pula dalam sulfat pekat dingin dan air raja (Svehla, 1985). Kromium (Cr) merupakan jenis logam berat yang esensial bagi tubuh. Kromium dibutuhkan tubuh untuk metabolisme hormon insulin dan pengaturan kadar gula darah, akan tetapi dapat bersifat toksik dalam jumlah yang sangat tinggi. Selain bersifat toksik, kromium juga bersifat karsinogenik atau dapat menyebabkan kanker (Widowati dkk., 2008). Kromium mempunyai nama lain diantaranya yaitu *anhydrous chromic*, *chromic acid*, *chromium trioxide*, *sodium bichromate*, *sodium chromate*, *chromium (IV) oxide*, *zinc chromate*, *lead chromate*, *calcium chromate*, *potassium bichromate* dan *potassium chromate* (Berniyanti, 2018). Kromium merupakan salah satu jenis logam berat yang bersifat toksik. Adapun logam berat dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan

terakumulasi melalui udara, air dan rantai makanan yang terkontaminasi (Bugis dkk., 2013).

Logam berat adalah suatu unsur logam yang memiliki berat jenis lebih besar dari 5 gram/cm<sup>3</sup>. Logam berat berbahaya karena rapat jenis yang tinggi dan konsentrasi dalam jumlah kecil dapat bersifat racun dan berbahaya. Logam berat tidak dapat diuraikan atau dimusnahkan. Logam berat berbahaya karena cenderung terakumulasi di dalam tubuh makhluk hidup. Laju akumulasi logam berat di dalam tubuh lebih cepat dari kemampuan tubuh untuk membuangnya. Akibatnya, keberadaannya di dalam tubuh semakin tinggi dan semakin lama akan memberi dampak negatif terhadap tubuh. Logam berat dapat ditemukan pada alat rumah tangga, baterai, rokok, bensin dan material lainnya (Alloway, 2013; Yudartomo, 2009). Logam berat juga dikategorikan sebagai zat pencemar karena sifatnya yang sangat stabil dan sulit untuk terurai (Sandro dkk., 2013). Menurut Murniasih dan Sukirno (2012) bahwa logam berat yang sifatnya berbahaya dan sering mencemari lingkungan adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel. Logam berat tersebut dapat terakumulasi di dalam tubuh mikroorganisme dan tetap tinggal dalam jangka waktu yang lama sebagai racun.

Kromium (Cr) dapat masuk ke badan perairan dengan dua cara yaitu cara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah seperti erosi atau pengikisan pada batuan mineral dan debu-debu atau partikel Cr yang ada di udara yang akan di bawah turun oleh air hujan. Masuknya Cr secara non alamiah lebih berkaitan dengan aktivitas manusia seperti buangan limbah industri dan rumah tangga ke badan perairan (Departemen Kesehatan, 2009; Bugis dkk., 2013). Logam Cr yang masuk ke lingkungan dapat berasal dari berbagai sumber, tetapi sumber umum yang diduga paling banyak berpengaruh adalah berasal dari aktivitas industri

pertambangan, kegiatan rumah tangga, zat sisa pembakaran serta mobilitas bahan bakar (Palar, 2008).

## 2.2 Kromium Heksavalen

Kromium berada di alam dalam bentuk valensi  $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$ . Valensi  $\text{Cr}^{3+}$  merupakan bentuk yang paling banyak dijumpai di alam. Valensi  $\text{Cr}^{3+}$  banyak digunakan sebagai katalis di industri, fungisida, pewarna pada cat, serta keramik. Kromium(III) merupakan unsur esensial bagi tubuh manusia, apabila kekurangan dapat menyebabkan gangguan pada jantung dan diabetes tetapi apabila terlalu banyak penyerapan unsur ini maka dapat menyebabkan efek gangguan kesehatan seperti ruam pada kulit. Valensi  $\text{Cr}^{6+}$  merupakan bentuk yang jarang ditemukan di alam akan tetapi banyak dijumpai di perairan akibat dari limbah kegiatan industri serta aktivitas domestik. Kromium heksavalen tidak termasuk dalam zat esensial dan dapat menimbulkan efek berbahaya bagi tubuh manusia seperti gangguan pernapasan dan pencernaan (Berniyanti, 2018).

Akumulasi kromium di dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan kerusakan dalam sistem organ tubuh manusia. IARC (*International Agency for Research on Cancer*), DHHS (*Department of Health and Human Services*), dan EPA (*Environmental Protection Agency*) menetapkan bahwa kromium(VI) bersifat karsinogen bagi manusia. Akumulasi kromium(VI) pada dosis 0,57 mg/kg per hari dapat menyebabkan kerusakan pada hati, sedangkan akumulasi kromium(VI) dalam dosis 7,5 mg/L pada manusia menyebabkan toksisitas akut berupa kematian (ATSDR, 2008). Senyawa Cr(VI) di dalam air umumnya dalam spesi  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ , dan  $\text{HCrO}_4^-$  (Pradhan dkk., 2017). Sifat karsinogenik merupakan salah satu dari sifat kromium heksavalen, hal ini dikarenakan sifat dari

kromium(VI) yang dapat bereaksi dengan protein dan DNA, sehingga dapat mengakibatkan suatu mutasi. Logam ini umumnya masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan yang diakibatkan dari paparan saat bekerja (Sun dkk., 2015). Kromium(VI) akan mengakibatkan penyakit dan kerusakan terhadap tubuh manusia pada dosis tertentu, hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

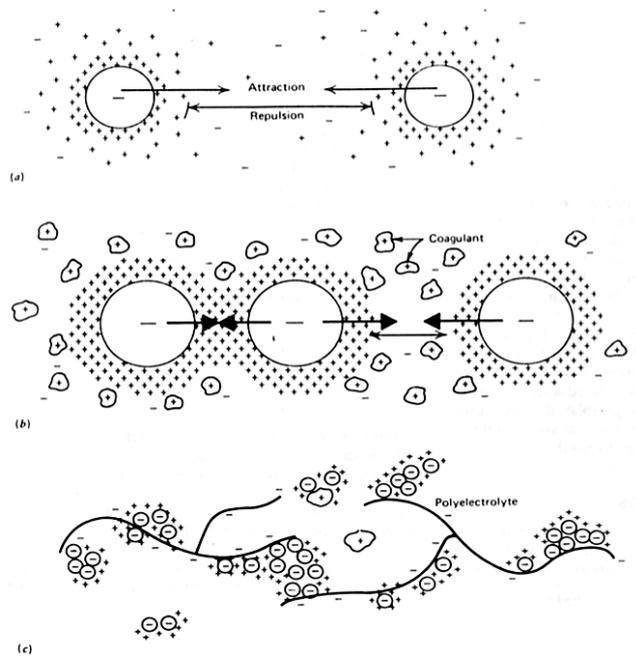
**Tabel 1.** Dampak dari paparan kromium heksavalen (Assem dan Zhu, 2007)

<b>Media</b>	<b>Dampak</b>	<b>Dosis (mg/L)</b>
Pernapasan	Asma	35
	Diare	20
	Leukositosis	20
Pencernaan	Muntah-muntah	20
	Kerusakan liver	7,5
	Kerusakan ginjal	7,5

### 2.3 Koagulasi

Pada prinsipnya koagulasi adalah menggumpalkan partikel-partikel koloid dan zat-zat organik yang tersuspensi. Tahapan proses ini yaitu destabilisasi sistem koloid, pembentukan mikroflok, dan aglomerasi. Keefektifan proses koagulasi dipengaruhi oleh jenis koagulan, konsentrasi, pH larutan dan kekuatan ion dari larutan. Koagulan yang digunakan dalam proses pengolahan limbah dapat berupa koagulan alami atau koagulan sintesis (Hariani dkk., 2009). Pada proses koagulasi, koagulan dan air limbah dicampurkan dalam suatu wadah atau tempat, kemudian dilakukan pengadukan secara cepat agar diperoleh campuran yang merata distribusi koagulannya, sehingga proses pembentukan gumpalan atau flok dapat terjadi secara merata pula (Eckenfelder, 2000).

Berikut ini adalah gambar proses koagulasi:



**Gambar 2.** Proses koagulasi (Wahyuni, 2007)

Keterangan gambar :

- a) gaya yang bekerja pada koloid hidrofilik dalam suspensi stabil,
- b) kompresi muatan lapis rangkap pada koloid (destabilisasi) dengan penambahan koagulan,
- c) gumpalan yang dihasilkan dari koagulan dengan larutan garam logam dan polimer.

Tujuan koagulasi kimia dalam pengolahan limbah adalah untuk mendestabilisasi kontaminan yang tersuspensi seperti partikel-partikel, membentuk flok yang mengendap. Destabilisasi koloid dalam hidrofobik disempurnakan dengan penambahan koagulan kimia seperti, garam aluminium dan besi. Besarnya muatan hidrolisis ion logam yang dihasilkan garam ini dalam larutan dapat menurunkan gaya tolakan antar koloid dengan kompresi difus lapis rangkap di sekitar partikel. Pengadukan menghasilkan kontak partikel dan gaya interaksi,

sehingga menyebabkan partikel menempel satu sama lain yang menghasilkan gumpalan. Bantuan koagulan digunakan untuk mempercepat proses flokulasi.

Proses koagulasi dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia (koagulan) yang mengikat bahan pencemar dalam air limbah sehingga mudah untuk dipisahkan. Koagulan logam yang biasanya digunakan dalam pengolahan limbah adalah :

1. garam-garam aluminium, seperti aluminium sulfat, sodium aluminat, potasium alum, dan ammonia alum.
2. garam-garam dari besi, seperti fero sulfat, feri sulfat terklorinasi dan feri sulfat (Wahyuni, 2007).

Dosis koagulan yang berlebihan maupun yang kurang dapat menurunkan efisiensi penyisihan padatan. Kondisi tersebut dapat dikoreksi dengan percobaan *JarTest* dan memverifikasi kinerja proses setelah melakukan perubahan dalam operasi proses koagulasi. Hal serupa juga kemungkinan perlu dilakukan jika terjadi perubahan kualitas atau karakteristik air yang akan diolah. Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Pada dasarnya tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. Rentang dosis beberapa koagulan yang biasa digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Penerapan dosis koagulan (Eckenfelder, 2000)

Proses kimia	Rentang dosis (mg/L)	pH	Keterangan
Soda (Ca(OH) <sub>2</sub> )	150-500	9,0-1,0	Untuk koagulasi koloid dan penghilangan P. air Limbah dengan kebasaaan rendah dan tinggi kandungan Pnya. Reaksi dasar: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Ca(HCO}_3)_2 \longrightarrow 2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MgCO}_3 + \text{Ca(OH)}_2 \longrightarrow \text{Mg(OH)}_2 + \text{CaCO}_3$
Aluminium sulfat Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .18H <sub>2</sub> O	75-250	4,5-7,0	Untuk koagulasi koloid dan penghilangan P. Air limbah dengan kebasaaan tinggi dan P rendah-stabil. Reaksi dasar: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Al(OH)}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$
<i>Ferri Chloride</i> FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	35-150	4,0-7,0	Untuk koagulasi koloii dan penghilangan P $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe(OH)}_3 + 3\text{HCl}$
Ferro Sulfat FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	70-200	4,0-7,0	Air limbah dengan kebasaaan tinggi dan P rendah-stabil. Sisa air besi ( <i>leaching</i> ) di effluen dapat dikontrol dan limbah besi diizinkan.
<i>Polyaluminium Chloride</i>	75-250	4,5-7,0	

### 2.3.1 Jenis Koagulan

### 2.3.1.1 *Ferrous Sulphate* ( $\text{FeSO}_4$ )



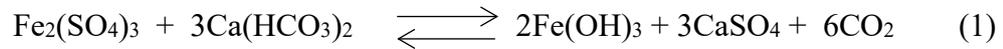
**Gambar 3.** Fero Sulfat ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com))

Fero sulfat disebut juga *copperas* atau *iron sulphate* atau gula besi, merupakan garam termurah yang dapat digunakan untuk koagulasi. Fero sulfat bersifat positif sehingga dapat melemahkan gaya tolak-menolak antar partikel koloid yang bermuatan negatif. Ketika elektrolit diserap partikel koloid dalam air, fero sulfat dapat menurunkan bahkan menghilangkan kekokohan partikel koloid dan menetralkan muatannya. Penetralkan muatan partikel oleh koagulan hanya mungkin terjadi jika muatan partikel mempunyai konsentrasi yang cukup untuk mengadakan gaya tarik-menarik antar partikel koloid (Risdianto, 2007). Fero sulfat selain berfungsi sebagai koagulan juga bertindak sebagai pereduksi, yang selanjutnya pada pH tertentu ion akan terendapkan atau mengendap sebagai hidroksidanya (Hariani dkk., 2009).

### 2.3.1.2 *Ferric Sulphate* ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ )

Feri Sulfat tersedia sebagai koagulan yang dijual di pasaran, berbentuk butiran berwarna merah kecoklatan, bersifat higroskopis, mudah larut dalam air dan terurai jika dipanaskan hingga suhu  $480\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Rumus kimianya adalah  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, beton, dan hampir semua besi-besian. Sama halnya dengan reaksi alum, flok *ferric hydroxide*

merupakan hasil dari reaksi antara koagulan yang asam dan alkalinitas alami dalam air.



Reaksi-reaksi dengan penambahan basa analog dengan reaksi yang terjadi jika menggunakan alum (Hammer,1986). Feri Sulfat merupakan koagulan yang efektif untuk penghilangan warna pada harga pH yang rendah, sedangkan pada pH tinggi bisa digunakan sebagai koagulan besi dan mangan. Penghilangan zat warna limbah tekstil dapat dilakukan dengan penambahan Feri Sulfat dengan pengadukan 60-100 rpm selama 1-3 menit pada rentang pH 5-9 (Anonim, 2000).

#### 2.3.1.3 Ferric Chloride ( $\text{FeCl}_3$ )

Feri klorida tersedia dalam bentuk yang tidak mengandung  $\text{H}_2\text{O}$  berupa bubuk hijau-hitam dengan rumus kimia  $\text{FeCl}_3$ , dan dalam bentuk likuid dengan rumus kimia  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  berupa sirup berwarna coklat gelap. Bentuk padatnya bersifat higroskopik dan tidak sesuai untuk pengumpanan kering. Larutannya bersifat sangat korosif dan menyerang hampir semua logam dan beton. Reaksi koagulasinya:



Koagulan besi bervalensi 3 (*ferric*) bekerja pada rentang pH yang lebar dan sering kali dapat digunakan pada batas rentang yang lebih tinggi, misalnya dari 7,5-8 (Gebbie, 2005).

#### 2.3.1.4 Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )

Aluminium Sulfat (Alum) merupakan salah satu koagulan yang paling lama dikenal dan paling luas digunakan. Alum dapat dibeli dalam bentuk likuid dengan konsentrasi 8,3% atau dalam bentuk kering (bisa berupa balok, granula, atau bubuk)

dengan konsentrasi 17%. Alum padat akan langsung larut dalam air tetapi larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, besi, dan beton sehingga tangki-tangki dari bahan-bahan tersebut membutuhkan lapisan pelindung. Rumus kimia alum adalah  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  tetapi alum yang disuplai secara komersial kemungkinan hanya memiliki 14  $\text{H}_2\text{O}$ . Ketika ditambahkan ke dalam air, alum bereaksi dengan air dan menghasilkan ion-ion bermuatan positif. Ion-ion dapat bermuatan +4, tetapi secara tipikal bermuatan +2 (bivalen). Ion-ion bivalen 30-60 kali lebih efektif dalam menetralkan muatan-muatan partikel dibanding ion-ion yang bermuatan +1 (monovalen).

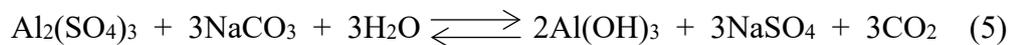
Pembentukan flok aluminium hidroksida merupakan hasil dari reaksi antara koagulan yang bersifat asam dan alkalinitas alami air (biasanya mengandung kalsium bikarbonat).



Jika air kurang memiliki kapasitas alkalinitas (*buffering capacity*), basa tambahan seperti *hydrated lime*, sodium hidroksida (soda kaustik) atau sodium karbonat harus ditambahkan.



Penambahan sodium karbonat:



Alum 1 mg/L bereaksi dengan alkalinitas ( $\text{CaCO}_3$ ) 5,3 mg/L. Jika tidak ada basa yang ditambahkan, maka alkalinitas akan turun dan terjadi penurunan pH. Flok aluminium hidroksida tidak dapat larut pada rentang pH yang relatif sempit, dan akan bervariasi tergantung air yang diolah. Oleh karenanya, kontrol pH menjadi penting dalam koagulasi, tidak hanya untuk menyingkirkan kekeruhan dan warna, tetapi juga untuk menjaga residu terlarut tetap berada dalam jumlah minimum untuk

membantu sedimentasi. Nilai pH optimum koagulasi sebaiknya dijaga dengan menambahkan asam seperti asam sulfat, tidak dengan menambahkan koagulan yang berlebih. pH optimum untuk koagulasi menggunakan alum, sangat tergantung pada karakteristik air yang diolah, biasanya berada dalam rentang 5-8 (Gebbie, 2005).

#### **2.3.1.5 *Polyelectrolyte***

Larutan dari *polyelectrolyte* memiliki viskositas tinggi dan sering kali dibutuhkan hanya dalam dosis yang sangat kecil. Oleh karenanya, turbulensi yang cukup harus tersedia pada titik pengumpanan untuk memastikan pencampuran yang cepat dan menyeluruh. Larutan *polyelectrolyte* yang encer lebih mudah terdispersi ke dalam aliran dibandingkan larutan terkonsentrasi. *Polyelectrolyte* organik alami seperti sodium alginat dan sebagian produk pati yang larut dalam air telah lama digunakan dalam pengolahan air. Saat ini tersedia secara luas *polyelectrolyte* sintesis yang lebih baru. Koagulan bermerek yang berupa larutan *polyelectrolyte* sintesis dan garam-garam logam juga tersedia di pasaran (Gebbie, 2005).

#### **2.3.1.6 *Polyaluminium Chloride (PAC)***

*Polyaluminium Chloride* memiliki rumus kimia umum  $Al_nCl_{(3n-m)}(OH)_m$  banyak digunakan karena memiliki rentang pH yang lebar sesuai nilai n dan m pada rumus kimianya. PAC yang paling umum dalam pengolahan air adalah  $Al_{12}Cl_{12}(OH)_{24}$ . Senyawa-senyawa modifikasi PAC di antaranya *polyaluminium hydroxidechloride silicate* (PACS) dan *polyaluminium hydroxidechloride silicate sulfate* (PASS). PAC digunakan untuk mengurangi kebutuhan akan penyesuaian

pH untuk pengolahan, dan digunakan jika pH badan air penerima lebih tinggi dari 7,5 (Gebbie, 2005).

*Polyaluminium Chloride* merupakan koagulan anorganik yang tersusun dari polimer makromolekul dengan kelebihan seperti memiliki tingkat adsorpsi yang kuat, mempunyai kekuatan lekat, tingkat pembentukan flok-flok tinggi walau dengan dosis kecil, memiliki tingkat sedimentasi yang cepat, cakupan penggunaannya luas, merupakan agen penjernih air yang memiliki efisiensi tinggi, cepat dalam proses, aman, dan konsumsinya cukup pada konsentrasi rendah. Menurut Eaglebrook Inc (1999) dalam Yuliati (2006), keuntungan koagulan PAC yaitu sangat baik untuk menghilangkan kekeruhan dan warna, memadatkan dan menghentikan penguraian flok, membutuhkan kebasaaan rendah untuk hidrolisis, sedikit berpengaruh pada pH, menurunkan atau menghilangkan kebutuhan penggunaan polimer, serta mengurangi dosis koagulan sebanyak 30-70% (Yuliati, 2006).

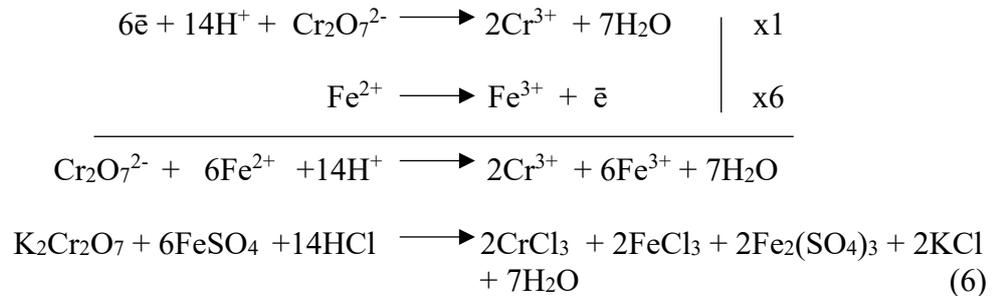
#### **2.4 Aplikasi Redoks dalam Pengolahan Limbah**

Reaksi redoks adalah proses elektrokimia, dimana energi dalam reaksi dilepaskan secara spontan diubah menjadi energi listrik, atau energi listrik digunakan agar reaksi yang non spontan dapat terjadi. Pada reaksi redoks, elektron-elektron akan ditransfer dari satu zat ke zat lain yang ditandai dengan adanya peningkatan dan penurunan bilangan oksidasi karena dilepasnya dan diterimanya elektron oleh suatu unsur (Chang, 2005).

Salah satu aplikasi redoks adalah pengolahan air limbah yang mengandung Cr(VI). Pada proses ini ion Cr(VI) direduksi menjadi Cr(III). Menurut Nurhasni (2013) hasil optimal pengendapan krom tanpa reduksi didapatkan penurunan kadar

limbah sebesar 78,75 mg/L atau kadar Cr sebesar 8,98 mg/L dan untuk pengendapan krom dengan reduksi didapatkan penurunan sebesar 87,73 mg/L atau kadar Cr dalam beningan sebesar  $\leq 0$  . Reduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) dapat dilakukan dengan menggunakan ion Fe(II) yang berasal dari fero sulfat. Fero sulfat selain digunakan untuk mereduksi Cr(VI) juga sekaligus sebagai koagulan untuk mengendapkan logam-logam terlarut dan padatan tersuspensi (*suspended solid, SS*) (Pradhan dkk., 2017).

Reaksi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dengan ion Fe(II) dalam asam adalah sebagai berikut (Sevim dan Demir, 2008):



Jika spesi Cr(VI) sebagai  $\text{CrO}_4^{2-}$  maka reaksi reduksinya sebagai berikut (Moncekova dkk., 2016):



Partikel  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  yang terbentuk selama proses reduksi akan bertindak mendestabilkan partikel koloid di dalam air limbah dan sebagai adsorben di dalam proses agregasi dan aglomerasi polutan yang ada di dalam air limbah (Smoczynski dkk., 2019). Pada dasarnya besi dalam air berada dalam bentuk fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan feri ( $\text{Fe}^{3+}$ ), hal ini bergantung pada pH dan oksigen yang terlarut dalam air. Pada pH netral dan adanya oksigen terlarut yang cukup, maka ion fero yang terlarut dapat terionisasi menjadi feri dan selanjutnya terbentuk endapan feri hidroksida yang

sukar larut, berupa hablur (presipitat) yang biasanya berwarna kuning kecoklatan, oleh karena pada kondisi asam dan aerobik bentuk fero yang larut dalam air (Joko, 2010).

Pengolahan limbah pada logam telah dilakukan oleh Bramandita (2009) tentang pengendapan kromium heksavalen dengan serbuk besi menunjukkan penurunan konsentrasi Cr(VI) sebesar 0,14 mg/L pada pH 3 dengan waktu pengendapan selama 10 menit dan jumlah serbuk besi yang digunakan sebanyak 5 gram. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sedyowati dan Triastuti (2009) menunjukkan penurunan konsentrasi Cr(VI) sebesar 0,0406 mg/L atau 99,89% dengan kondisi optimum yaitu pada pH 2 dengan waktu reduksi 30 menit.

## **2.5 Elektroplating**

Elektroplating adalah proses pengendapan ion-ion logam pelindung (anoda) yang dikehendaki di atas logam lain (katoda) secara elektrolisa. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda (anoda-katoda) dan elektrolit menuju arah tertentu secara tetap, dan untuk hal tersebut dibutuhkan arus listrik searah (DC) dan tegangan yang konstan. Terdapat beberapa kondisi operasi yang mempengaruhi proses elektroplating, diantaranya rapat arus, konsentrasi larutan, suhu larutan elektrolit dan lama waktu pelapisan.

Proses elektroplating dilakukan dalam bejana yang disebut sel elektrolisa berisi cairan elektrolit/rendaman (*bath*). Pada rendaman ini tercelup paling tidak dua elektroda yang masing-masing dihubungkan dengan arus listrik, terbagi menjadi kutub positif (+) dan negatif (-) dikenal sebagai anoda (+) dan katoda (-). Anoda dalam larutan elektrolit ada yang larut dan ada yang tidak larut. Anoda yang tidak larut berfungsi sebagai penghantar arus listrik saja, sedangkan anoda yang

larut berfungsi selain penghantar arus listrik juga sebagai bahan baku pelapis. Katoda diartikan sebagai benda kerja yang dilapisi, dihubungkan kutub negatif sumber arus listrik. Elektrolit berupa larutan yang molekulnya dapat larut dalam air dan terurai menjadi partikel-partikel bermuatan positif atau negatif. Bila arus listrik dialirkan di antara kedua elektroda (anoda dan katoda) di dalam larutan elektrolit, maka muatan ion positif akan ditarik oleh katoda, sedangkan ion bermuatan negatif berpindah ke arah elektroda bermuatan positif (anoda). Ion-ion tersebut dinetralkan oleh kedua elektroda dan larutan elektrolit yang hasilnya diendapkan pada katoda (benda kerja) (Van dan Lawerench, 1992).

Proses elektroplating pada saat ini berkembang semakin pesat seiring dengan kebutuhan masyarakat. Elektroplating diaplikasikan antara lain dalam industri elektronika, konstruksi pabrik, peralatan rumah tangga, otomotif dan lain-lain. Proses elektroplating bertujuan untuk memberikan perlindungan dari karat dan memberikan efek mengkilap pada besi dan baja. Meningkatnya kebutuhan akan produk yang menggunakan proses elektroplating mendorong berkembangnya industri elektroplating yang berada di Indonesia. Perkembangan industri yang semakin pesat tersebut selain memberikan manfaat, juga menimbulkan dampak negatif dari limbah yang dihasilkan. Limbah dari proses elektroplating merupakan limbah logam berat yang termasuk dalam limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya) (Purwanto dan Syamsul, 2005). Karakteristik dan tingkat toksisitas dari air limbah elektroplating bervariasi tergantung dari kondisi operasi dan proses pelapisan serta cara pembilasan yang dilakukan (Palar, 1994).

## 2.6 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometer adalah suatu alat untuk mengukur transmittan dan absorbansi sebagai fungsi panjang gelombang ( $\lambda$ ). Spektroskopi dapat menentukan interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan materi sampel, serta mempelajari struktur atom dan molekul. Daerah spektrum elektromagnetik dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini:

**Tabel 3.** Daerah Spektrum Elektromagnetik (Behera dkk., 2012).

Daerah elektromagnetik	Range panjang gelombang (nm)
Ultraviolet jauh	10-200
Ultraviolet dekat	200-400
Cahaya visibel	400-750
Infrared dekat	750-2200
Infrared tengah	$2,5 \times 10^3$ - $5 \times 10^4$
Infrared jauh	$5 \times 10^4$ - $1 \times 10^6$

Spektrofotometri digunakan untuk analisa kuantitatif yang didasarkan pembentukan larutan warna (Vis) atau senyawa yang mempunyai gugus kromofor (UV) (Hidayati, 2010). Spektrofotometer UV-Vis merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk mengukur absorbansi (A) dan transmittan (T) pada sederetan sampel dengan suatu panjang gelombang tertentu. Absorbansi pada rentang visibel dapat mempengaruhi warna yang terlihat pada sampel (Berkheiser dan Mortland, 1977). Metode dengan menggunakan spektrofotometri harus mempertimbangkan beberapa aspek seperti, jumlah bahan yang akan digunakan, reaksi senyawa kompleks yang terbentuk, senyawa pereduksi, larutan buffer, kompleks yang terbentuk, larutan standar, dan pemilihan panjang gelombang (Underwood, 2002).