

Skripsi

**REDUKSI DAN FLOKULASI KROM(VI) MENGGUNAKAN KOAGULAN
BESI(II) SULFAT SERTA APLIKASINYA PADA LIMBAH SIMULASI
ELEKTROPLATING**

ABDUR RAHMAN NOVAL MUSALLAM

H031171319



DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

**REDUKSI DAN FLOKULASI KROM(VI) MENGGUNAKAN KOAGULAN
BESI(II) SULFAT SERTA 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*

ABDUR RAHMAN NOVAL MUSALLAM

H031171319

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**REDUKSI DAN FLOKULASI KROM(VI) MENGGUNAKAN KOAGULAN
BESI(II) SULFAT SERTA APLIKASINYA PADA LIMBAH SIMULASI
ELEKTROPLATING**

Disusun dan diajukan oleh

ABDUR RAHMAN NOVAL MUSALLAM
H031 17 1319

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
pada 05 Juli 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

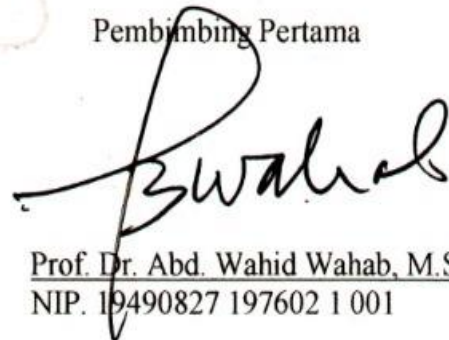
Menyetujui,

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 197602 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Abdul Karim, M.Si.
NIP. 19620710 198803 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdur Rahman Noval Musallam
NIM : H031171319
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul Reduksi dan Flokulasi Krom(VI) Menggunakan Koagulan Besi(II) Sulfat serta 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, 05 Juli 2022

Yang Menyatakan



Abdur Rahman Noval Musallam

LEMBAR PERSEMBAHAN

*ALLAH TIDAK MEMBEBANI
SESEORANG MELAINKAN SESUAI
DENGAN KESANGGUPANNYA. IA
MENDAPAT PAHALA (DARI
KEBAJIKAN) YANG
DIUSAHAKANNYA DAN IA
MENDAPAT SIKSA (DARI
KEJAHATAN) YANG
DIKERJAKANNYA.*

QS. AL-BAQARAH: 286

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **”Reduksi dan Flokulasi Krom(VI) Menggunakan Koagulan Besi(II) Sulfat serta 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 penyelesaian skripsi maupun penelitian, namun hal tersebut dapat dilewati berkat doa, bantuan, dorongan dari berbagai orang terdekat sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Dengan segala hormat penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Kedua Orang Tua, untuk Ayahanda **Musallam Awad** dan Ibunda **Azizah A.K Suweleh** yang telah mencintai, mendidik, mendukung, dan selalu mendoakan penulis secara keseluruhan mulai dari penulis dalam kandungan hingga sampai dewasa.
2. Keluarga tercinta, adik **Nadhir Awad**, kakak **Nurkholisoh**, terkhusus nenek **Alm Mas’ad Bakkar**, Nenek **Alm Maemunah Al-Asiri**, Kakek **Alm Abdul Kadir Suweleh**, Kakek **Alm Awad Bamusallam**, yang banyak membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung 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 **Alm Dr. Firdaus Zenta, MS.**, Ibunda **Dr. Seniwati Dali, M.Si.**, dan Ibunda **Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto, MS.** selaku tim penguji, atas segala diskusi dan saran yang telah diberikan demi perbaikan skripsi ini.
6. Ibunda **Dr. St. Fauziah, M.Si.**, Ayahanda **Alm. Dr. Firdaus Zenta, MS.**, dan Ayahanda **Dr. Djabal Nur Basir, S.Si., M.Si.** selaku penasehat 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 berupa arahan administrasi dalam melakukan perkuliahan hingga tugas akhir.
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 membantu saya selama penelitian dan juga **Kak Akbar**, yang banyak membantu memberikan ilmunya serta motivasi selama kuliah dan terutama dalam saat melaksanakan laboratorium biokimia.

9. Teman-teman rekan penelitian **Oxana Arung Rantelangi**’, **Nur Alim**, dan **Cicilia Oktafien Sefa** atas kerja keras, motivasi, dan dukungan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik, khususnya Alim yang selalu kebersamai berbagi waktu, canda tawa dan ilmunya.
10. Teman-teman **Analitik Squad 17** yang selalu mendukung saya selama penelitian.
11. 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.
12. Kakak-kakak, adik-adik, Warga dan Alumni **KMK FMIPA Unhas** atas pengalaman dan pelajaran yang tak terlupakan.
13. Teman-teman **KKN Tamalate 2 Gelombang 105** yang telah memberi dukungan dan motivasi.
14. Sahabat tercinta Penghuni Masjid, **Fakhrul Mu’minin**, dan **M. Ilham Wibawa** yang begitu hebat dan selalu menemani sejak SMA hingga sekarang. Terima kasih kalian selalu ada untuk memberikan bantuan, motivasi, dan bantuan moral mulai dari penyusunan proposal, penelitian, hingga penyusunan skripsi ini.

15. **Fabillah Shinta A** yang telah banyak membantu penulis dalam menyempurnakan kalimat-kalimat yang tidak efektif dan efisien sehingga mempercepat penyelesaian skripsi ini.
16. 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 Allah SWT membalas kebaikan yang berlipat ganda kepada semuanya.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan banyak salahnya. 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, Aamiin, Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Makassar, Juli 2021

Penulis

ABSTRAK

Perindustrian di Indonesia mengalami kemajuan pesat dalam produksinya, namun hal tersebut tidak akan memberikan dampak positif bila tidak diimbangi dengan penanganan limbah yang baik. Limbah industri elektroplating umumnya melepaskan logam berat krom(VI) yang bersifat toksik. Penggunaan koagulan merupakan salah satu cara dalam pengolahan limbah cair yang mengandung krom(VI) secara kimiawi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum reduksi dan flokulasi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat dan aplikasinya pada limbah simulasi elektroplating. Pengukuran kadar krom(VI) ditentukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 541,5 nm. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum reduksi dan flokulasi krom(VI) pada pH 8, waktu kontak 5 menit, dan dosis koagulan 0,1 gram yang dapat menurunkan konsentrasi ion krom(VI) sebesar 99,89% dari konsentrasi awal 100 mg/L. Kondisi optimum tersebut diaplikasikan pada sampel limbah simulasi elektroplating dan diperoleh persen reduksi krom(VI) adalah 99,9%.

Kata Kunci: elektroplating, koagulan, krom(VI), reduksi, flokulasi

ABSTRACT

Industry in Indonesia is experiencing rapid progress in its production, but this will not have a positive impact if it does not balance with good waste management. Electroplating industrial waste generally releases heavy metal chromium(VI), which is toxic. The use of coagulant is one of the chemical methods in the reduct of liquid waste containing chromium(VI). This study aims to determine the optimum conditions for chromium(VI) reduction and flocculation using iron(II) sulfate as a coagulant and its application to electroplating simulation waste. The measurement of chromium(VI) was determined using UV-Vis spectrophotometry with a maximum wavelength of 541.5 nm. The results showed that the optimum conditions for reduction and flocculation of chromium(VI) at pH 8, contact time of 5 minutes, and coagulant dose of 0.1 grams were able to reduce the concentration of chromium(VI) ions by 99.89% from the initial concentration of 100 mg/L. The optimum conditions applied to the simulated electroplating waste sample, and the percentage reduction of chromium(VI) was 99.9%.

Keywords: Electroplating, Flocculation, Chromium(VI), Coagulant, pH, Reduction

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Logam Kromium.....	6
2.2 Reaksi Reduksi-oksidasi.....	7
2.3 Koagulasi dan Flokulasi.....	8
2.3.1 Jenis Koagulan.....	10
2.3.1.1 Koagulan Organik.....	10
2.3.1.1.1 Poliamina.....	10
2.3.1.1.2 Polimer Melamina Formaldehida.....	10

2.3.1.2 Koagulan Anorganik.....	11
2.3.1.2.1 Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$)	11
2.3.1.2.2 Besi(II) Sulfat ($FeSO_4$)	12
2.4 Aplikasi Koagulasi dalam Penanganan Limbah	12
2.5 Spektrofotometri UV-Vis.....	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Bahan Penelitian	16
3.2 Alat Penelitian.....	16
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.4 Prosedur Penelitian	17
3.4.1 Pembuatan Larutan.....	17
3.4.1.1 Pembuatan Larutan Induk Krom(VI) 1000 mg/L ...	17
3.4.1.2 Pembuatan Larutan Standar Krom(VI) 10 mg/L	17
3.4.1.3 Pembuatan Deret Larutan Standar Krom(VI)	17
3.4.1.4 Pembuatan Reagen 1,5-Difenilkarbazid 1%	18
3.4.1.5 Pembuatan Larutan HCl 1 M	18
3.4.1.6 Pengenceran Bertingkat Larutan HCl	18
3.4.1.7 Pembuatan Larutan NaOH 1M.....	18
3.4.1.8 Pengenceran Bertingkat Larutan NaOH.....	19
3.4.1.9 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, dan 12	19
3.4.1.9.1 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 3.....	19
3.4.1.9.2 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 4.....	19
3.4.1.9.3 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 5.....	19

3.4.1.9.4 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 6.....	20
3.4.1.9.5 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 7.....	20
3.4.1.9.6 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 8.....	20
3.4.1.9.7 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 9.....	20
3.4.1.9.8 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 10.....	21
3.4.1.9.9 Pembuatan Larutan Kerja Krom(VI) 100 mg/L dengan pH 11.....	21
3.4.1.10 Pembuatan Larutan Limbah Simulasi Elektroplating ...	21
3.4.2 Optimasi Reduksi & Flokulasi Krom(VI).....	22
3.4.2.1 Penentuan pH dan Waktu Kontak Optimum.....	22
3.4.2.1.1 Penentuan pH Optimum.....	22
3.4.2.1.2 Penentuan Waktu Kontak Optimum	23
3.4.2.2 Penentuan Penambahan Dosis Optimum Koagulan Besi(II) Sulfat.....	23
3.4.2.3 Penentuan Konsentrasi Optimum Krom(VI)	24
3.4.2.4 Aplikasi Kondisi Optimum Pada Limbah Simulasi Elektroplating.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Penentuan Kurva Kalibrasi Deret Larutan Standar.....	26
4.2 Optimasi Reduksi dan Flokulasi Krom(VI)	28
4.2.1 Penentuan pH dan Waktu Kontak Optimum.....	28
4.2.1.1 Penentuan pH Optimum.....	28
4.2.1.2 Penentuan Waktu Kontak Optimum	30

4.2.2	Penentuan Penambahan Dosis Optimum Koagulan Besi(II) Sulfat.....	31
4.2.3	Penentuan Konsentrasi Optimum Krom(VI)	32
4.2.4	Aplikasi Kondisi Optimum Pada Pengolahan Limbah Simulasi Elektroplating.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		34
5.1	Kesimpulan	34
5.2	Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA		35
LAMPIRAN.....		39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data hasil pengukuran deret larutan standar krom(VI).....	61
2. Data hasil penentuan pH optimum	63
3. Data hasil penentuan waktu kontak optimum	65
4. Data hasil penentuan dosis koagulan besi(II) sulfat optimum	67
5. Data hasil penentuan konsentrasi krom(VI) optimum	69
6. Aplikasi kondisi optimum pada limbah simulasi elektroplating.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Logam kromium.....	6
2. Keadaan partikel sebelum destabilisasi.....	8
3. Proses destabilisasi yang berlanjut flokulasi.....	9
4. Flokulasi dan restabilisasi	9
5. Polydialil dimetil amina klorida (PolyDADMAC)	10
6. Kristal Besi(II) Sulfat	12
7. Kurva Kalibrasi	27
8. Grafik hubungan antara pH dengan persen penurunan kadar krom(VI)	29
9. Grafik hubungan antara waktu kontak dengan persen penurunan kadar krom(VI)	30
10. Grafik hubungan antara dosis koagulan dengan persen penurunan kadar krom(VI)	31
11. Grafik hubungan antara konsentrasi krom(VI) dengan persen penurunan kadar krom(VI).....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema kerja penelitian	39
2. Bagan kerja penelitian.....	40
3. Perhitungan	51
4. Data Absorbansi Kurva Kalibrasi Deret Larutan Standar	61
5. Data Penentuan pH Optimum	62
6. Data Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	64
7. Data Penentuan Penambahan Dosis Optimum Koagulan Besi((II) Sulfat	66
8. Data Penentuan Konsentrasi Optimum Krom(VI).....	68
9. Data Aplikasi Kondisi Optimum Pada Pengolahan Limbah Simulasi Elektroplating	70
10. Dokumentasi	72

DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
B3	Bahan Berbahaya dan Beracun
BOD5	<i>Biological Oxygen Demand (5 day)</i>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
CPF	<i>Coagulation Precipitation Filtration</i>
DNA	<i>Deoxyribo Nucleic Acid</i>
DO	<i>Dissolved Oxygen</i>
ESDM	Energi dan Sumber Daya Mineral
PCBs	<i>Printed Circuit Boards</i>
PolyDADMAC	<i>Polydialil Dimethylamine Chloride</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki kekayaan alam, baik makhluk hidup dan mineral yang sangat berlimpah (Maemunah, 2018). Kekayaan dalam sektor energi dan sumber daya mineral (ESDM) memiliki peran yang cukup signifikan dalam pembangunan nasional, khususnya dalam perekonomian nasional. Kekayaan mineral di Indonesia tentu memberikan keuntungan bagi masyarakat dan perindustrian, sehingga dapat menunjang perekonomian Indonesia (Kementerian ESDM, 2019).

Perindustrian di Indonesia mengalami kemajuan pesat dalam produksinya. Kemajuan ini tidak akan memberikan dampak positif jika penanganan limbahnya tidak mengalami kemajuan yang pesat seperti produksinya (Nasir dkk., 2015). Dampak dari kemajuan produksi ini salah satunya adalah air limbah berbahaya dan beracun dari industri, seperti industri elektroplating, industri baja, galvanisasi dan juga *printed circuit boards* (PCBs). Air limbah ini menjadi sumber yang potensial dalam pencemaran lingkungan. Industri elektroplating umumnya melepaskan limbah berbahaya seperti logam kromium yang bersifat karsinogenik (Fu & Wang, 2011).

Logam kromium sendiri merupakan logam transisi yang memiliki bilangan valensi yang cukup banyak. Krom juga merupakan unsur paling melimpah ke-17 di kerak bumi. Krom terdapat di alam sebagai kromit (FeCr_2O_4) ataupun membentuk kompleks dengan logam lain seperti timbal dan logam lainnya. Logam kromium, dalam beberapa dekade terakhir mengalami peningkatan sebagai

polutan lingkungan akibat aktivitas-aktivitas industri yang menyertakan kromium dalam proses produksinya (Dotaniya dkk., 2014; Liu dkk., 2020).

Limbah beracun yang mengandung logam kromium dikategorikan sebagai limbah Bahan Beracun dan Berbahaya atau disingkat B3 (Sy dkk., 2016). Kromium jika masuk ke dalam tubuh makhluk hidup dapat menyebabkan biokonsentrasi, bioakumulasi dan juga biomagnifikasi (Hidayah dkk., 2014). Logam ini juga sulit dikeluarkan dari dalam tubuh serta sulit terdegradasi dalam ekosistem perairan (Prastyo dkk., 2016). Terdapat dua spesi kromium di alam yang umum ditemui, yaitu krom heksavalen dan krom trivalen. Krom heksavalen merupakan biloks yang lebih toksik dari biloks trivalen (Dhal dkk., 2013). Kromium heksavalen memiliki toksisitas, mobilitas dan kelarutan yang lebih tinggi dari kromium trivalen. Cara yang paling umum digunakan untuk remediasi krom heksavalen yaitu dengan mereduksinya menjadi krom trivalen. Namun dalam pelaksanaannya masih dibutuhkan beragam material reaktif untuk mereduksi krom heksavalen menjadi krom trivalen. (Liu dkk., 2020).

Krom(VI) merupakan spesi krom yang paling berbahaya diantara spesi yang lain. Krom(VI) dalam kadar yang berlebih dapat menyebabkan mutasi DNA, kerusakan kromosom dan dapat meracuni tanaman (Liu dkk., 2020). Kation ini dikatakan sebagai karsinogenik yaitu penyebab kanker dalam tubuh. Krom(VI) sebenarnya tidak memiliki kemampuan untuk menghancurkan DNA secara langsung, namun membutuhkan aktivasi reduktif untuk aktivitas genotoksiknya (Zhitkovich, 2011). Kehadiran krom(VI) dalam air minum disimpulkan dapat meningkatkan frekuensi tumor kulit terhadap tikus percobaan yang telah disinari UV (Davidson dkk., 2004). Namun, krom(VI) yang tertelan sendiri tidak menyebabkan tumor kulit. Hal ini mengindikasikan bahwa sinar UV

menghasilkan efek sinergis terhadap peningkatan dalam proses tumorigenesis (Uddin dkk., 2007).

Berbagai macam cara telah digunakan untuk menanggulangi pencemaran logam kromium. Metode yang umum digunakan ialah dengan cara koagulasi-presipitasi-filtrasi (CPF), adsorpsi, penukar ion, teknologi membran-elektrodialisis, dan bioremediasi. CPF merupakan metode konvensional yang umum digunakan hingga sekarang karena biaya penggunaan yang relatif lebih murah dan mudah dilakukan. Metode ini meskipun dikatakan sebagai metode pengolahan air konvensional namun terbukti efektif dan masih sering digunakan hingga sekarang (Sharma dkk., 2008).

Pengolahan air konvensional dengan metode CPF umumnya menggunakan koagulan aluminium dan besi. Kedua jenis koagulan tersebut memang efektif dalam mengendapkan berbagai pengotor dalam air limbah namun tidak semua dapat mengendapkan krom(VI). Koagulan besi (III) terbukti tidak efektif dalam mengolah air limbah krom(VI) sedangkan koagulan besi(II) sulfat justru sangat efektif (Fatoki dan Ogunfowokan, 2002). Koagulan besi(II) sulfat mampu menurunkan kadar krom(VI) hingga mendekati 100%. Koagulan ini dapat menurunkan kadar krom(VI) karena memiliki dua kegunaan sekaligus yaitu sebagai koagulan dan juga sebagai reduktor (Qin dkk., 2005). Reduksi krom(VI) menjadi krom(III) menggunakan besi(II) berlangsung beberapa menit hingga beberapa jam. Penggunaan efektif koagulan ini pada rentang pH 5-9 dan membutuhkan dosis 3-5 kali konsentrasi dari krom(VI) (Sharma dkk., 2008). Koagulan besi(II) sulfat selain efektif juga banyak tersedia di pasaran dan juga memiliki harga yang terbilang murah sehingga umum digunakan oleh berbagai industri (Hariani dkk., 2009).

Berdasarkan pembahasan diatas, maka perlu dilakukan penelitian untuk menentukan kondisi optimum reduksi dan flokulasi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat serta aplikasinya terhadap limbah simulasi elektroplating. Parameter optimum yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pH, waktu kontak, dosis koagulan, konsentrasi krom(VI), dan persen penurunan logam krom dalam limbah simulasi elektroplating. Hasil penelitian ini nantinya diharapkan bisa berguna untuk menghadapi masalah lingkungan yang berkaitan dengan penanganan limbah yang mengandung logam berat kromium.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. berapakah pH dan waktu kontak optimum reduksi dan flokulasi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat?
2. berapakah penambahan dosis optimum koagulan besi(II) sulfat pada reduksi dan flokulasi krom(VI)?
3. berapakah konsentrasi optimum krom(VI) yang dapat direduksi dan diflokulasi oleh koagulan besi(II) sulfat?
4. berapakah kadar krom(VI) pada limbah simulasi elektroplating yang dapat direduksi dan diflokulasi oleh koagulan besi(II) sulfat?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui dan mempelajari reduksi dan flokulasi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat serta aplikasinya dalam pengolahan limbah simulasi elektroplating.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan pH dan waktu kontak optimum reduksi dan flokulasi krom(VI) menggunakan koagulan besi(II) sulfat,
2. menentukan penambahan dosis optimum koagulan besi(II) sulfat pada reduksi dan flokulasi krom(VI),
3. menentukan konsentrasi optimum krom(VI) yang dapat direduksi dan diflokulasi oleh koagulan besi(II) sulfat,
4. menentukan kadar krom(VI) pada limbah simulasi elektroplating yang dapat direduksi dan diflokulasi oleh koagulan besi(II) sulfat.

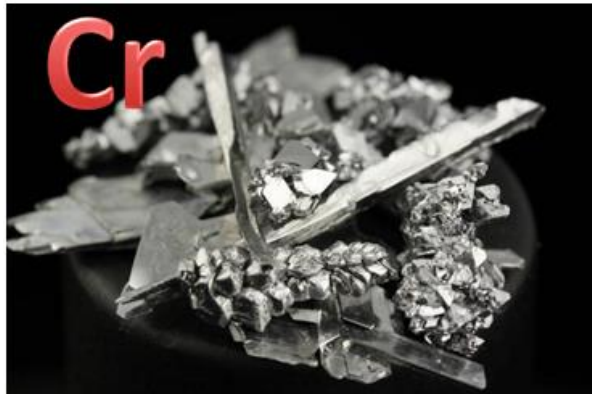
1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam melakukan pengolahan limbah krom(VI) yang lebih efektif dan efisien sehingga dapat meminimalkan biaya yang dihabiskan dalam penanganannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Kromium



Gambar 1. Logam kromium (www.jempolkimia.com)

Logam kromium adalah logam berwarna putih abu-abu mengilap yang memiliki titik lebur tinggi. Kromium dalam tabel periodik memiliki lambang Cr dan nomor atom 24. Logam kromium merupakan unsur pertama pada golongan 6B. Logam kromium dinamai dari bahasa Yunani yaitu *chromos* yang berarti warna. Mineral yang mengandung krom pertama kali ditemukan oleh Johann Gottlob Lehmann di pegunungan Ural dan menamainya sebagai *Siberian red lead* atau yg sekarang kita ketahui sebagai krokoit dengan rumus $PbCrO_4$. Louis Nicolas Vauquelin merupakan penemu utama logam kromium. Vauquelin awalnya mengubah mineral krokoit menjadi oksidanya dengan penggunaan asam klorida. Oksida kromium selanjutnya dipanaskan dalam oven sehingga logam kromium dapat terpisah dari oksidanya. Prosedur ini menjadikannya sebagai penemu logam kromium (Gregersen, 2020). Kromium umumnya memiliki bilangan oksidasi 3 dan 6. Bilangan oksidasi 3 dari kromium dalam jumlah renik

dibutuhkan untuk metabolisme hormon insulin dalam tubuh sedangkan bilangan oksidasi 6 tergolong sebagai spesi karsinogenik (Widowati dkk., 2008).

2.2 Reaksi Reduksi-oksidasi

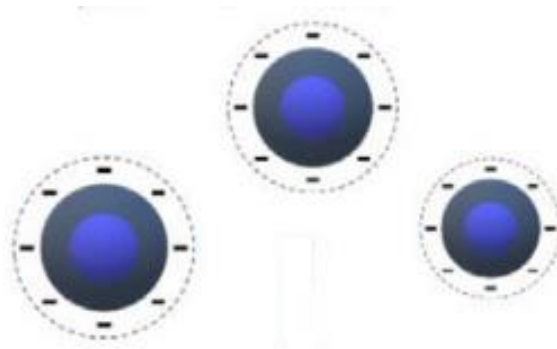
Asam basa dapat terkaraktisasi berdasarkan proses transfer proton atau elektron, reaksi itu disebut reaksi reduksi-oksidasi atau redoks. Reaksi redoks memegang peranan yang cukup banyak disekitar kita. Reaksi ini biasa digunakan pada pembakaran bahan bakar fosil, efek rumah kaca, bahkan elemen logam dan non-logam didapatkan dari batuanannya menggunakan reaksi redoks (Chang, 2010).

Redoks memiliki peranan dalam penentuan kadar elemen tertentu. Permanganometri contohnya, sebagai salah-satu metode yang cukup banyak dikenal, permanganometri tentunya memiliki banyak keunggulan dibanding metoda-metoda yang lain. Keunggulan utama dari permanganometri adalah tidak memerlukan indikator, oksidator yang kuat dan juga memiliki harga yang tidak terlalu mahal (Putra & Sugiarto, 2016).

Uji kadar dengan prinsip redoks lainnya yaitu iodometri, iodimetri, iodatometri, bromatometri, nitrimetri, serimetri, dan lain-lainnya memiliki kegunaan serta keunggulannya masing-masing. (Nurilmala & Mardiana, 2019). Penelitian yang dilakukan dalam pengujian kadar Fe^{2+} 5 ppm menunjukkan bahwa permanganometri dan serimetri sama-sama baik. Pengujian menggunakan permanganometri menunjukkan kadar besi(II) sebesar 4,8561 ppm dengan recovery sebesar 97,12% sedangkan serimetri menunjukkan 4,8649 ppm dengan recovery 97,30% sehingga bisa disimpulkan bahwa keduanya layak digunakan dalam menguji kadar Fe(II) (Andhika, 2016).

2.3 Koagulasi dan Flokulasi

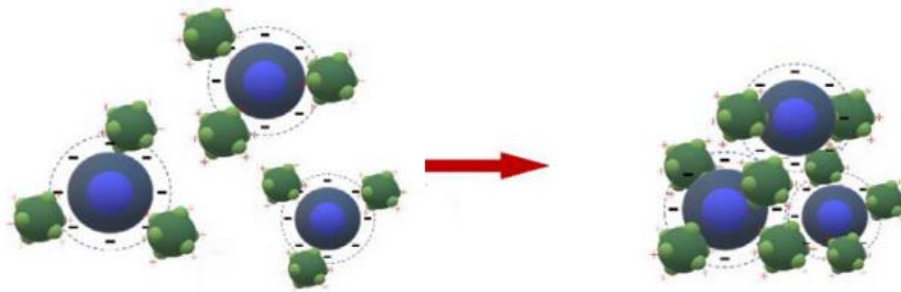
Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dengan penambahan koagulan. Flokulasi merupakan proses saling bertumbuknya partikel dalam larutan sehingga membentuk flok yang nantinya akan mengendap. Koloid adalah partikel dengan ukuran 1-100 nm, ukuran tersebut membuat koloid memiliki gaya tolak menolak ionik lebih tinggi daripada gaya tarik-menarik antarpartikel (Risdiyanto, 2007). Kondisi larutan pada saat masih dalam keadaan koloidal, partikel-partikel ini terpisah dengan jarak tertentu. Jarak ini merupakan hasil dari gaya tarik antarpartikel dan gaya tolak ionik yang diakibatkan oleh lapisan ionik partikel bermuatan sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini (Zheng dkk., 2013).



Gambar 2. Keadaan partikel sebelum destabilisasi

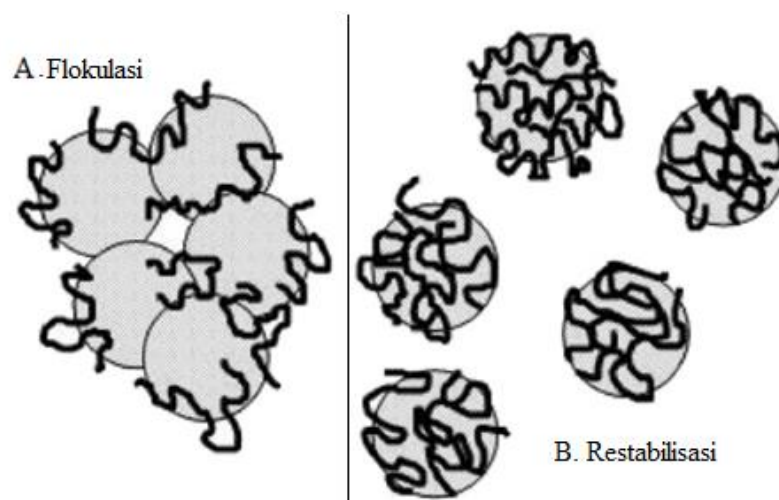
Pada keadaan ini, koagulan akan bekerja dengan cara menyelimuti partikel-partikel koloid tersebut sehingga gaya tolak ioniknya menjadi berkurang dan menyebabkan terjadinya proses tarik-menarik antarpartikel. Pada prosesnya, yang pertama terjadi adalah proses adsorpsi koagulan. Proses ini terjadi karena adanya perbedaan muatan antara koagulan dan pengotor. Setelah proses adsorpsi koagulan, wilayah kontak yang bermuatan sama antarpartikel pengotornya akan

berkurang, dimana hal ini akan memicu munculnya gaya tarik menarik akibat dari menempelnya koagulan dengan pengotor tersebut (Teh dkk., 2016).



Gambar 3. Proses destabilisasi yang berlanjut flokulasi

Pada kasus penggunaan dosis berlebih yang terjadi adalah proses restabilisasi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4. Restabilisasi dapat terjadi apabila wilayah kontak antar partikel pengotor tertutup oleh koagulan (Bolto dan Gregory, 2007). Koagulasi air juga dipengaruhi oleh perbedaan kualitas air. Kualitas air yang berbeda akan memberikan dosis koagulan yang berbeda pula. Pemberian dosis koagulan berlebih memberikan perlakuan yang lebih baik terhadap koagulasi makromolekul organik dan senyawa-senyawa organik yang bersifat kedap air (Gregory dan Barany, 2011).



Gambar 4. Flokulasi dan restabilisasi.

2.3.1 Jenis Koagulan

2.3.1.1 Koagulan Organik

Koagulan organik umumnya digunakan untuk memisahkan suspensi padatan dari cairannya, dimana hasil akhir dari koagulasinya berupa lumpur. Ada dua jenis bahan kimia organik yang umum digunakan yaitu poliamina dan polimer melamin formaldehida dan tanin. Kedua koagulan ini memiliki keunggulan yang berbeda sehingga penggunaannya juga berbeda (Enva, 2019).

2.3.1.1.1 Poliamina



Gambar 5. Polydialil dimetil amina klorida (PolyDADMAC)

Poliamina adalah senyawa organik yang umumnya berbentuk bubuk, namun tidak jarang juga ditemukan dalam bentuk cairan. Senyawa ini merupakan koagulan organik yang umum digunakan dalam menangani limbah cair. Koagulan ini efektif untuk menangani limbah cair dengan kekeruhan tinggi (Enva, 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Bucuroiu dkk (2016) menunjukkan bahwa penggunaan poliamina mengurangi kadar suspensi padat hingga 83%.

2.3.1.1.2 Polimer Melamina Formaldehida

Polimer jenis ini digunakan untuk koagulasi bahan koloid dalam air. Polimer ini sangat cocok untuk mengolah lumpur yang tergolong berbahaya,

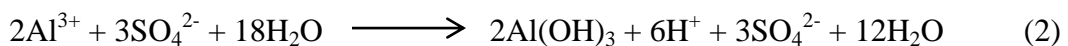
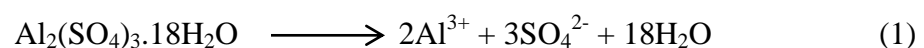
karena mereka dapat menyerap material organik seperti minyak dengan baik (Enva, 2019).

2.3.1.2 Koagulan Anorganik

Koagulan anorganik merupakan koagulan yang lebih sering digunakan dibandingkan koagulan organik. Koagulan anorganik lebih sering digunakan karena kegunaannya yang lebih luas. Koagulan anorganik juga lebih murah dibanding koagulan organik. Koagulan anorganik sangat baik dalam koagulasi limbah dengan kekeruhan relatif sedang hingga rendah. Komposisi koagulan anorganik umumnya berbasis aluminium atau besi seperti aluminium sulfat (alum) atau besi sulfat (Enva, 2019).

2.3.1.2.1 Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$)

Aluminium sulfat disebut juga alum atau tawas merupakan salah satu koagulan yang banyak digunakan serta sudah lama dikenal. Rumus kimia dari alum yaitu $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Koagulan ini bereaksi dengan mengeluarkan spesi asam sehingga penggunaan dalam dosis yang berlebih akan menurunkan nilai pH dari sebuah larutan.



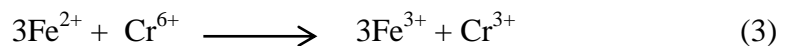
Maka dari itu penggunaan alum biasanya disertai dengan buffer agar pH tidak begitu terganggu dalam penggunaannya (Gebbie, 2005). Menurut penelitian yang dilakukan Mbaeze dkk (2017), alum lebih baik dibanding besi(II) sulfat dalam mengolah limbah dengan parameter penurunan nilai total suspensi padat, kekeruhan dan penurunan kadar klorin dalam air dengan nilai masing-masing 98,71%; 98,70%; dan 100% untuk dosis 10 gram koagulan per 3 liter air limbah.

2.3.1.2.1 Besi(II) Sulfat (FeSO₄)



Gambar 6. Kristal Besi(II) Sulfat

Besi(II) sulfat merupakan senyawa anorganik berwarna biru terang dan umumnya berbentuk butiran atau kristal. Besi(II) sulfat adalah koagulan yang umum digunakan dalam melakukan koagulasi. Selain koagulasi, Besi(II) sulfat juga dikenal sebagai pereduksi. Besi(II) sulfat dikatakan sebagai pereduksi karena besi yang terurai adalah besi(II) yang sangat reaktif dalam melepas elektronnya (oksidasi). Pengolahan krom(VI) menggunakan besi(II) sulfat menyebabkan krom(VI) tereduksi menjadi krom(III) dengan reaksi sebagai berikut (Hariani dkk., 2009):



Penggunaan Besi(II) sulfat pada pH tertentu dapat menyebabkan besi mengendap sebagai besi(III) hidroksida (Hariani dkk., 2009). Menurut penelitian yang dilakukan Mbaeze dkk (2017), besi(II) sulfat lebih baik dibanding alum dalam mengolah limbah dengan parameter nilai DO dan BOD5 dengan masing-masing nilai 96,31% dan 100% untuk dosis 10 gram koagulan per 3 liter air limbah.

2.4 Aplikasi Koagulasi dalam Penanganan Limbah

Koagulasi memiliki banyak aplikasi dalam bidang penanganan limbah. Penggunaan koagulasi dalam penanganan limbah memiliki prosedur penggunaan

koagulan yang terbilang cukup mudah dan juga relatif murah. Fakta ini membuat banyak penelitian yang dimaksudkan untuk mendukung metode ini agar lebih efektif dan efisien dalam penggunaannya. Penelitian yang dilakukan oleh Rusydi dkk (2017), dalam pengolahan air limbah tekstil menggunakan koagulan tawas misalnya. Penelitian ini membuahkan hasil yaitu penurunan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) serta penurunan intensitas warna pada air limbah tekstil.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Hariani dkk (2009), untuk penurunan konsentrasi krom(VI) dalam air dengan menggunakan koagulan besi(II) sulfat membuahkan hasil berupa kondisi optimum koagulasi yaitu pH 8, konsentrasi besi(II) sulfat 140 mg/L serta waktu kontak 1 jam. Hasil ini membuahkan penurunan konsentrasi krom(VI) 20 mg/L turun sebanyak 100%.

2.5 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan pengukuran yang menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran ini menggunakan hukum Lambert-Beer yang berbunyi “jumlah radiasi cahaya tampak yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan”. Bunyi hukum tersebut dimaksudkan bahwa radiasi sinar yang disalurkan menuju sampel, dan selanjutnya intensitas cahaya yang ditransmisikan diukur. Sampel ini diletakkan pada wadah khusus yang terbuat dari kaca yang biasa disebut kuvet. Radiasi sinar yang diserap oleh sampel diukur dengan membandingkan intensitas dari radiasi saat penyerap sinar tidak ada dan pada saat penyerap sinar ada. Intensitas sinar tentunya akan berkurang apabila terdapat penyerap sinar tersebut. Semakin banyak penyerap maka semakin kecil intensitas cahaya yang diteruskan, sehingga dapat disimpulkan bahwa intensitas sinar

cahaya yang dideteksi detektor akan berbanding terbalik dengan jumlah penyerap dalam sampel (Sastrohamidjojo, 2007).

Pemhitungan konsentrasi larutan dengan spektrofotometer UV-Vis setelah melewati banyak pengolahan matematis menghasilkan persamaan yang disebut persamaan Lambert-Beer yaitu sebagai berikut:

$$A = \epsilon \times b \times C \quad (4)$$

Keterangan simbol:

A = Absorbansi

ϵ = Serapan spesifik

b = Panjang kuvet

C = Konsentrasi larutan

Pada penggunaan persamaan di atas untuk analisis, nilai serapan spesifik tak dapat ditentukan secara pasti sehingga digunakan larutan standar untuk membandingkan masing-masing absorbansi dan konsentrasi sehingga didapatkan nilai serapan spesifik. Persamaan 4 inilah yang kemudian menjadi landasan dalam kuantitasi pada spektrofotometri UV-Vis (Sastrohamidjojo, 2007).

Sampel yang dapat dianalisis oleh instrumen UV-Vis adalah sampel yang dapat larut dalam pelarut seperti air, etanol dan n-heksana. Selain itu, sampel yang bersifat tidak bersih atau koloidal tak dapat dianalisis. Larutan koloid tidak dapat dianalisis dikarenakan tidak dapat meneruskan sinar akibatnya tidak ada sinar yang terdeteksi pada alat (Hooijschuur, 2021). Maka dari itu disarankan melakukan sedikit studi literatur serta beberapa perhitungan agar sampel dapat dianalisa menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Umumnya sampel yang dapat terkuantitasi adalah sampel yang memberikan hasil linear terhadap

hukum Lambert-Beer dengan variasi konsentrasi. Analisis untuk konsentrasi yang sangat tinggi sangat memungkinkan untuk tidak terpenuhinya hukum tersebut akibat seluruh cahaya yang dipancarkan terserap secara sempurna (tidak tembus) oleh sampel. Kasus tersebut dapat diselesaikan dengan melakukan pengenceran yang berguna agar sampel tetap bisa memenuhi linearitas hukum Lambert-Beer.