

PENGARUH KONSENTRASI KOAGULAN BESI (II) SULFAT UNTUK MEREDUKSI Cr(VI) MENJADI Cr(III) PADA LIMBAH AIR PERTAMBANGAN NIKEL

(Effect of Iron (II) Sulfate Coagulant Concentration To Reduce Crom (VI) To Crom (III) In Nickel Mining Waste Water)

Irham Miftahul Hamka*, Muh Fachri, Takdir Syarif, Syamsul Bakhri

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km 5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

Inti Sari

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum yang digunakan dalam proses reduksi pada limbah air pertambangan nikel yang mengandung Cr(VI) menggunakan koagulan Ferro Sulfat. Ferro sulfat (FeSO_4) merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam pengolahan limbah air pertambangan yang terkontaminasi Cr(VI), Parameter yang di teliti adalah waktu kontak optimum & rasio volume koagulan. Proses reduksi dilakukan dengan menambahkan koagulan Ferro Sulfat dengan variasi waktu kontak 2 menit, 4 menit, 6 menit, 8 menit dan 10 menit. Variasi rasio volume koagulan yang digunakan yaitu 0,05, 0,10, 0,15, 0,20 dan 0,25.. Setelah proses berakhir dilakukan penyaringan untuk memisahkan filtrat dan residu. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisa kandungan Cr(VI) menggunakan Spectrofotometer UV-VIS. Hasil penelitian menunjukkan kondisi optimum reduksi Cr(VI) dengan media HCl 0,01 M menggunakan larutan koagulan FeSO_4 1000 ppm diperoleh waktu kontak optimum selama 6 menit & rasio dosis koagulan FeSO_4 optimum sebesar 0,15 yang setara 15 mL koagulan FeSO_4 dalam 100 mL larutan limbah sintesis dapat menurunkan persen Cr(VI) sebesar 99,20% dari konsentrasi awal Cr(VI) 2,01 mg/L dan setelah penurunan konsentrasi menjadi 0,0162 mg/L.

Abstract

This research was conducted to determine the optimum conditions used in the reduction process of nickel mining wastewater containing Cr(VI) using Ferrous Sulphate coagulant. Ferrous sulfate (FeSO_4) is one of the materials used in the treatment of mining waste water contaminated with Cr(VI). The parameters to be examined are the optimum contact time and coagulant dose ratio. The reduction process was carried out by adding Ferrous Sulfate coagulant with varying contact times of 2 minutes, 4 minutes, 6 minutes, 8 minutes and 10 minutes. Varying coagulant volume ratios used are 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 and 0.25. After the process ends, filtering is carried out to separate the filtrate and residue. The filtrate obtained was then analyzed for Cr(VI) content using a UV-VIS Spectrophotometer. The results of the research show that the optimum conditions for Cr(VI) reduction with 0.01 M HCl media using 1000 ppm FeSO_4 coagulant solution obtained an optimum contact time of 6 minutes & an optimum FeSO_4 coagulant dosage ratio of 0.15 which is equivalent to 15 mL of FeSO_4 coagulant in 100 mL. The synthetic solution can reduce the Cr(VI) percentage by 99.20% from the initial Cr(VI) concentration of 2.01 mg/L and after reducing the concentration it becomes 0.0162 mg/L.

Kata Kunci: FeSO_4 , Reduksi, Leaching, Crom (Cr), Limbah pertambangan.

Key Words: FeSO_4 , Reduction, Cr(VI), Mining Waste.

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :

jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**

irhammh9@gmail.com



Journal History

Paper received : 15 Juni 2024
Received in revised : 9 Juli 2024
Accepted : 05 Agustus 2024

PENDAHULUAN

Limbah tambang adalah sampah atau buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi kegiatan pertambangan. Limbah tambang masuk kedalam kategori limbah industri, Limbah industri dapat menimbulkan dampak negative apabila jumlah atau konsentrasinya telah melebihi baku mutu lingkungan [1]. Kontaminasi dan pencemaran lingkungan oleh kromium dari pertambangan bijih nikel dapat berasal dari kegiatan penambangan dan pengolahan bijih yang umumnya dilakukan secara terbuka (open pit), sehingga ketika hujan dapat mengakibatkan limpasan air yang membawa material padatan tersuspensi dan logam terlarut seperti Cr(VI). Oleh sebab itu perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair ini dimana Cr(VI) terlebih dahulu perlu direduksi menjadi Cr(III) untuk menurunkan toksisitasnya dalam limbah sampai konsentrasinya berada di bawah batas yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan. 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 & untuk Cr(VI) sebesar 0,1-0,05 mg/L [2]

Kromium 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. [3]. Kromium berada di alam dalam bentuk valensi Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Valensi Cr^{3+} merupakan bentuk yang paling banyak dijumpai di alam. Valensi Cr^{3+} banyak digunakan sebagai katalis di industri, fungisida, pewarna pada cat, serta keramik. Valensi 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 [4]

Reaksi redoks adalah proses elektrokimia, dimana 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 [5]. Salah satu aplikasi redoks adalah pengolahan air limbah yang mengandung Cr(VI). Pada proses ini ion Cr^{6+} direduksi menjadi Cr^{3+} , dan ion Fe^{2+} dioksidasi menjadi Fe^{3+} [6]

Prinsip metode 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 [7]. Ferro sulfat disebut juga copperas atau iron sulphate atau gula besi, merupakan garam termurah yang dapat digunakan untuk koagulasi. Ferro sulfat bersifat positif sehingga dapat melemahkan gaya tolak-menolak antar partikel koloid yang bermuatan negatif. Ketika elektrolit diserap partikel koloid dalam air, ferro 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 [8]. Ferro sulfat selain berfungsi sebagai koagulan juga bertindak sebagai reduktor, juga berfungsi sebagai koagulan yang dapat mendestabilkan logam-logam terlarut dan padatan tersuspensi sehingga dapat diendapkan, yang selanjutnya pada pH tertentu ion akan terendapkan atau mengendap sebagai hidroksidanya [7].

Berdasarkan Penelitian [9] dilakukan metode secara kimia yaitu koagulasi menggunakan ferro sulfat dengan media asam Sulfat pada pH 6 dengan kecepatan pengadukan 300 rpm, konsentrasi FeSO_4 160 mg/L dan waktu kontak 2 menit. Persen penurunan ion kromium adalah 99,6% dengan konsentrasi awal ion Cr(VI) sebesar 1,5 mg/. sedangkan Pada penelitian [7]. tentang Penurunan Konsentrasi Cr(VI) dalam Air dengan Koagulan Kondisi optimum penurunan ion Cr(VI) menggunakan koagulan FeSO_4 pada pH 8, konsentrasi FeSO_4 140 mg/L & waktu kontak 60 menit. persen penurunan ion kromium adalah 100% dengan konsentrasi awal ion Cr(VI) Sebesar 20 mg/L.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah alat gelas laboratorium, indikator pH, Neraca analitik, botol semprot, hot plate stirrer, magnetic stirrer, timer, spektrofotometer UV-VIS.

Bahan yang digunakan adalah larutan standar kalium dikromat, koagulan ferro sulfat, pengompleks 1,5-

Difenilkarbazid 0,5%, HCl pekat 37%. NaOH 4N. Aquadest.

Prosedur Penelitian

Sampling dan preparasi sample

Proses sampling atau Pengambilan sample air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan metode sampling composite sample di atas permukaan air. Jumlah sample air limbah yang di ambil sebanyak kurang lebih 3 Liter pada wadah botol plastik. Sebelum di lakukan pengujian pendahuluan air limbah di lakukan homogenisasi terlebih dahulu, kemudian di diamkan beberapa waktu hingga terjadi proses pengendapan, selanjutnya filtrat di saring & di lakukan pengujian menggunakan spektrofotometer UV-VIS untuk mengetahui konsentrasi awal krom.

Pembuatan limbah sintesis

Sampel sintesis di buat dengan menambahkan 3 ml $K_2Cr_2O_7$ 1000 ppm kemudian di masukkan kedalam sample air limbah sebanyak 3 L yang telah di preparasi dan diketahui kadarnya. Ditambahkan asam klorida pekat 37% sebanyak 2,5 mL kemudian di homogenkan, di ukur absorbansi menggunakan Spektrofotometer UV-VIS

Uji pengaruh waktu kontak proses koagulasi dan reduksi Cr(VI)

Sample sintesis air limbah dengan media HCl 0,01 M sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam 5 buah gelas kimia 300 mL, lalu ke dalam masing-masing gelas kimia tersebut ditambahkan 30 mL koagulan $FeSO_4$ 1000 ppm. Campuran tersebut diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 100 rpm masing-masing selama 2, 4, 6, 8, dan 10 menit, lalu dibiarkan beberapa saat sampai terjadi pemisahan dan terbentuk endapan. Campuran disaring, lalu filtratnya dimasukkan kedalam gelas piala 100mL. lalu diatur pH larutan hingga pH 5 dengan penambahan asam klorida, selanjutnya ditambahkan 0,5 mL pengompleks 1,5-difenilkarbazid 0,5%, dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL kemudian masing-masing diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan, lalu didiamkan selama 5 menit.. Prosedur ini dikerjakan sebanyak dua kali.

Uji pengaruh rasio volume koagulan $FeSO_4$ dalam mereduksi Cr(VI)

Sample sintesis air limbah dengan media HCl 0.01 M sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam 5 buah gelas kimia 300 mL, lalu ke dalam masing-masing gelas kimia tersebut ditambahkan 5; 10; 15; 20; dan 25 mL koagulan $FeSO_4$ 1000 ppm dengan perbandingan rasio (0,05; 0,10; 0,15; 0,20; dan 0,25) kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 100 rpm dengan waktu kontak 6 menit, lalu dibiarkan beberapa saat sampai terjadi pemisahan dan terbentuk endapan. Campuran disaring, lalu filtratnya di masukkan kedalam gelas piala 100mL. lalu diatur pH larutan hingga pH 5 dengan penambahan asam klorida, selanjutnya ditambahkan 0,5 mL pengompleks 1,5-difenilkarbazid 0,5%, & dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian masing-masing diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan, lalu didiamkan selama 5 menit. Absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Prosedur ini dikerjakan sebanyak dua kali.

Penentuan kadar contoh uji dan penurunan konsntrasi Cr(VI)

Hasil pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan (1):

$$y = ax + b \quad \text{.....}$$

(1)

Keterangan:

a = slope

b = intersep

y = absorbansi

x = konsntrasi

Penentuan konsentrasi waktu kontak dan rasio volume dilakukan dengan menghitung persen penurunan ion Cr^{6+} menggunakan rumus pada persamaan (2)

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\% \quad \text{.....}$$

(2)

C_{awal}

Keterangan :

C_{awal} = Konsentrasi ion Cr^{6+} mula-mula,

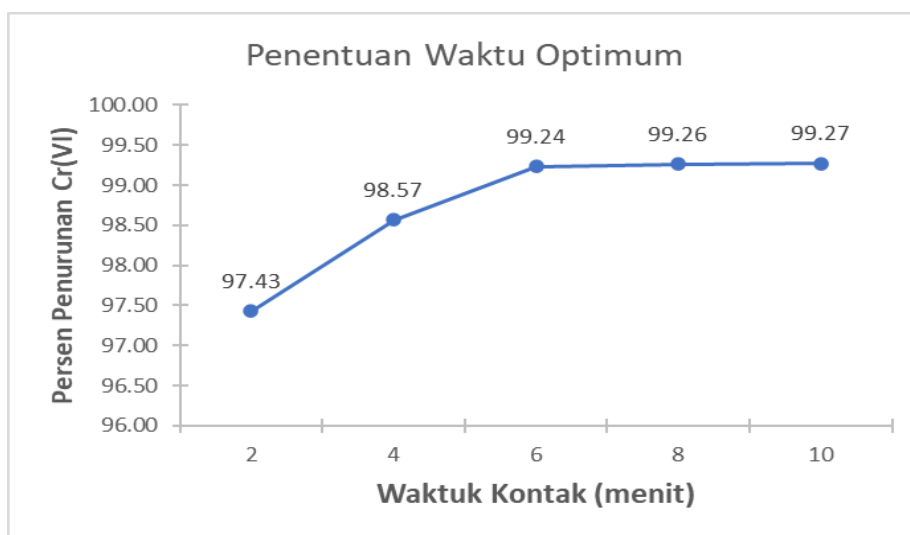
C_{akhir} = Konsentrasi ion Cr^{6+} setelah kontak koagulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh waktu kontak proses koagulasi dan reduksi Cr(VI)

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh waktu kontak koagulasi FeSO_4 untuk mereduksi ion Cr(VI) yang terdapat pada limbah sintesis air pertambangan nikel [10]. Waktu kontak mempengaruhi kesempatan koagulan untuk bersinggungan dengan logam sehingga semakin banyak ion Cr(VI) yang tereduksi, tetapi apabila kelarutannya telah jenuh maka waktu kontak tidak lagi berpengaruh terhadap gaya reduksi. Selain itu kecepatan pengadukan juga sangat mempengaruhi waktu kontak di karenakan semakin cepat pengadukan maka waktu kontak yang dibutuhkan juga lebih cepat begitu pula sebaliknya [9]

Pengujian waktu kontak Cr(VI) dengan koagulan FeSO_4 dilakukan dengan variasi waktu yaitu 2, 4, 6, 8 dan 10 menit menggunakan media asam klorida 0,01 M dan rasio volume koagulan FeSO_4 sebesar 0,3 atau setara dengan 30 mL larutan koagulan FeSO_4 1000 ppm dalam 100 mL larutan limbah sintesis. Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan kadar Cr(VI) dapat dilihat dari hasil pengukuran konsentrasi Cr(VI) didapatkan persen penurunan kadar Cr(VI) berdasarkan grafik hubungan persentase penurunan Cr(VI) setelah proses reduksi terhadap waktu kontak. Adapun gambar grafik penentuan waktu optimum dapat dilihat pada Gambar 1. dibawah ini.



Gambar 1. Grafik hubungan antara waktu kontak dengan persen penurunankonsentrasi ion Cr^{6+}

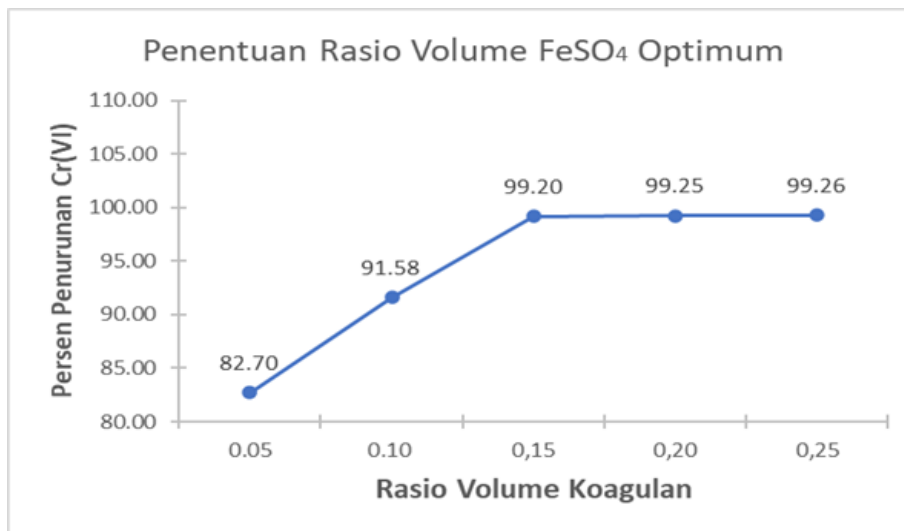
Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan persen penurunan Cr(VI) dari waktu kontak 2 menit hingga 6 menit, hal ini disebabkan tumbukan yang terjadi antara koagulan FeSO_4 dan ion Cr(VI) belum banyak terbentuk, sehingga persen penurunan ion Cr(VI) masih bisa terjadi peningkatan. Lalu pada waktu kontak 8 menit hingga 10 menit tidak terjadi perubahan signifikan atau dengan kata lain penambahan waktu kontak tidak mempengaruhi persen penurunan ion Cr(VI), Berdasarkan hasil penelitian, maka untuk mengurangi biaya produksi maka waktu kontak optimum adalah 6 menit dengan konsentrasi Cr(VI) setelah reduksi sebesar 0,0154 mg/L dan persen penurunan Cr(VI) sebesar 99,23%. Dalam hal ini menjelaskan semakin lama waktu kontak, semakin banyak logam yang direduksi karena semakin banyak kesempatan koagulan untuk bersinggungan dengan logam, tetapi apabila larutannya telah jenuh, maka waktu kontak tidak lagi berpengaruh terhadap daya reduksi [11].

Pengaruh rasio volume koagulan FeSO_4 dalam mereduksi Cr(VI)

Penentuan rasio volume optimum koagulan FeSO_4 dilakukan untuk mengetahui perbandingan yang tepat dalam penambahan dosis koagulan untuk mereduksi Cr(VI). Penentuan rasio volume sangat efektif dikarenakan volume yang diperoleh dari hasil penelitian dapat di implementasikan pada kondisi konsentrasi dan volume skala besar tanpa harus membuat penelitian kembali terhadap kondisi volume dan konsentrasi yang berbeda.

Pengujian rasio dosis volume optimum koagulan FeSO_4 dilakukan dengan variasi rasio yaitu 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; dan 0,25 atau setara dengan (5; 10; 15; 20 dan 25 mL) dalam 100 mL larutan limbah sintesis. dengan waktu

kontak optimum yang di peroleh selama 6 menit. Pengaruh rasio volume koagulan FeSO_4 terhadap penurunan kadar Cr(VI) yang telah dihitung menggunakan Persamaan 1-3 ditunjukkan pada Lampiran data penelitian. Adapun hasil konsentrasi Cr(VI) dengan penambahan koagulan FeSO_4 decaradian persen penurunan kadar Cr(VI) berdasarkan grafik hubungan persen penurunan Cr(VI) setelah proses reduksi dengan koagulan FeSO_4 Adapun gambar grafik penentuan rasio volume optimum dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Suhu Ekstraksi terhadap Presentasi Nikel

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa koagulan FeSO_4 sebagai reduktor logam Cr(VI) yang baik. Semakin banyak FeSO_4 yang ditambahkan, maka kadar Cr(VI) dalam larutan semakin rendah, dengan kata lain kemampuan reduksi Cr(VI) semakin baik dengan ditambahkan reduktor FeSO_4 . Berdasarkan hasil penelitian dalam Gambar 4.3, maka rasio volume koagulan FeSO_4 yang dapat mengkoagulasi Cr(VI) dengan baik adalah 0,15 atau setara dengan 15 mL larutan koagulan FeSO_4 1000 ppm dalam 100 mL larutan limbah sintesis, Pada penambahan FeSO_4 di atas 15 mL terlihat persen penurunan konsentrasi ion Cr(VI) yang diperoleh relatif tetap. Semakin besar dosis koagulan FeSO_4 yang digunakan tidak akan efektif karena dengan rasio 0,15 tersebut Cr(VI) dengan konsentrasi 2,01 mg/L sudah dapat mengkoagulasi Cr(VI) sebesar 99,20%. Hal ini dapat terjadi karena pada rasio volume tersebut larutan sudah jenuh, sehingga penggumpalan semakin mudah terjadi dan waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan semakin cepat. Penambahan dosis koagulan FeSO_4 tidak boleh terlalu banyak, karena proses reduksi akan terganggu dengan munculnya flok Fe(OH)_3 dalam larutan [10].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa waktu kontak optimum proses koagulasi dan reduksi FeSO_4 untuk menurunkan konsentrasi Cr(VI) yaitu diperoleh pada waktu 6 menit, dimana didapatkan persentasi penurunan Cr(VI) sebesar 99,24%. dengan konsentrasi awal Cr(VI) sebesar 2,01 mg/L mengalami penurunan konsentrasi menjadi 0,0154 mg/L. Sedangkan rasio volume koagulan FeSO_4 yang optimum sebesar 15:100 atau 0,15 yang setara dengan 15 mL larutan koagulan FeSO_4 1000 ppm dalam 100 mL larutan limbah sintesis, Dimana didapatkan persentasi penurunan Cr(VI) sebesar 99,20%, dengan konsentrasi awal Cr(VI) sebesar 2,01 mg/L mengalami penurunan konsentrasi menjadi 0,0162 mg/L

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Green Champ, 2021, *Pengelolaan dan pengolahan limbah air pertambangan*, <https://greenchem.co.id/news/pengelolaan-dan-pengolahan-limbah-tambang>.
- [2] Menteri Lingkungan Hidup, 2014, *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5*

- Tentang Baku Mutu Air Limbah.*
- [3] Svehla, 1985, *Vogel: Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, Edisi Kelima, PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta
 - [4] Berniyanti, T., 2018, *Biomarker Toksisitas: Paparan Logam Tingkat Molekuler*, Airlangga University Press, Surabaya.
 - [5] Chang, R., 2005, *Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti*, Erlangga, Jakarta
 - [6] Nurhasni, Salimin, Z., dan Nurifitriyani, I., 2013, *Pengolahan Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Koagulasi Flokulasi*, Valensi, 3, (1); 41-47.
 - [7] Hariani, P.L., Hidayati, N., dan Oktaria, M., 2009, *Penurunan Konsentrasi Cr(VI) dalam Air dengan Koagulan FeSO₄*, Jurnal Penelitian Sains, 12, (2); 1-4
 - [8] Nurhasni, Salimin, Z., dan Nurifitriyani, I., 2013, *Pengolahan Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Koagulasi Flokulasi*, Valensi, 3, (1); 41-47.
 - [9] Nasrullah, Taklim, M.K., Nurjannah, N., dan Wiyani, L., 2017, *Upaya Penurunan Krom Heksavalen pada Air Tambang Nikel dengan Menggunakan Reduktor Ferro Sulfat*, Journal of Chemical Process Engineering, Cicilia O, 2021, *Reduksi krom(VI) menggunakan koagulan Besi(II) Sulfat dengan media asam klorida dan aplikasinya pada imbah simulasi elektroplating* diterbitkan, Fakultas IPA, Universitas Hasanuddin, Makassar
 - [11] Venugopal, V., dan Mohanty, K., 2011, *Biosorptive uptake of Cr(VI) from aqueous solutions by Parthenium hysterophorus weed: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies*, Chemical Engineering Journal, 174, (1); 151-158