

Penyisihan logam Cr-Total Pada Air Limbah Penyamakan kulit Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

MUHAMAD FIKRI GINASTIAR¹, ETIH HARTATI¹, DJAENUDIN²

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Bandung
 2. Badan Riset dan Inovasi Nasional KSM, Bandung
- Email: m.fikriginastiar15@gmail.com

ABSTRAK

Industri penyamakan kulit menghasilkan limbah cair dalam volume yang besar, dalam proses penyamakan setiap 1 ton kulit basah membutuhkan 40 m³ air jika tidak diolah akan berpotensi mencemari lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi parameter operasi yaitu waktu dan kuat arus terhadap penyisihan konsentrasi krom total (Cr-Total). Penelitian ini menggunakan metode elektrokoagulasi untuk mengolah air limbah penyamakan kulit, proses elektrokoagulasi ini menggunakan reaktor dari gelas kimia dengan tinggi 15 cm lebar 10,5 cm dan tinggi operasi 12 cm secara batch system, hasil percobaan dianalisis dengan cara membandingkan konsentrasi awal Cr-Total sebelum dan setelah dilakukan pengolahan sehingga didapat efisiensi penyisihan. Elektroda yang digunakan adalah alumunium (Al), percobaan dilakukan dengan variasi waktu 45, 90 dan 135 menit dan kuat arus 1, 1,5 dan 2 A. Setelah dilakukan pengujian didapat penyisihan yang paling tinggi adalah pada waktu 135 menit dan kuat arus 2 A dengan penyisihan Cr-Total sebesar 99,72%.

Kata kunci: Alumunium, Batch system, Cr-Total, Elektrokoagulasi

1. PENDAHULUAN

Industri penyamakan kulit menghasilkan limbah cair dalam volume yang besar, limbah cair yang dihasilkan mengandung berbagai bahan kimia tambahan dari proses tersebut dan akhirnya dibuang ke lingkungan sekitar (Yanti, 2020). Proses penyamakan kulit menggunakan zat kimia untuk mengawetkan kulit hewan, air limbah yang dihasilkan mengandung logam berat seperti, kromium trivalen (Cr³⁺), kromium heksavalen (Cr⁶⁺) dan mengandung polutan organik kimia dari bahan tambahan dalam proses nya (Fatmawati, 2016).

Industri penyamakan kulit di Sukaregang Kabupaten Garut sejak tahun 1920 sudah tercatat memiliki dampak negatif terhadap lingkungan akibat limbahnya (Senania & Yanti, 2022), limbah penyamakan kulit di Sukaregang mencemari Sungai Cigulampeng dan Sungai Ciwalen yang berpotensi menyebabkan iritasi kulit manusia, bau yang tidak sedap yang mengganggu penciuman (Senania & Yanti, 2022). Metode elektrokoagulasi menarik banyak perhatian untuk di aplikasikan dalam pengolahan air limbah industri, metode ini menggabungkan koagulasi, elektrokimia dan flotasi (Deghles & Kurt, 2017). Proses elektrokoagulasi menggunakan 2 buah

lempeng elektroda yang di masukan kedalam air yang akan diolah dan dialiri arus listrik searah (DC), mekanisme yang terjadi adalah ketika arus dialirkan terhadap elektroda sehingga menghasilkan reaksi oksidasi di anoda dan reaksi reduksi di katoda, air yang tereduksi menghasilkan ion (OH^-) dan berikatan dengan ion dari anoda (Al^{3+}) untuk membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ sebagai koagulan, anoda yang digunakan biasanya alumunium dan besi (Fauzi dkk., 2019). Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi parameter operasi yaitu waktu dan kuat arus terhadap penyisihan konsentrasi krom total (Cr-Total).

2. METODOLOGI

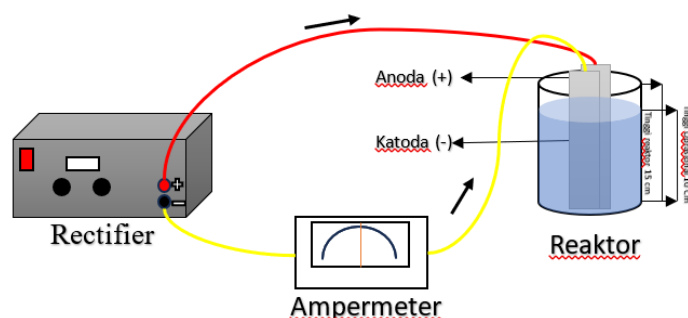
2.1 Variabel Penelitian

Sampel yang digunakan berasal dari CV.X di Kabupaten Garut Jawa Barat, variabel yang digunakan adalah variasi waktu (45, 90 dan 135 menit) berdasarkan penelitian amellia dkk, 2019 dengan kuat arus 45, 90 120 dan 180 menit waktu yang paling tinggi penyisihan krom total adalah 180 menit, 135 menit di ambil antara waktu 120 – 180 menit karena dalam 120 menit hasil penurunan krom total hampir sama dengan waktu 180 menit maka di ambil 135 menit, variasi kuat arus (1, 1,5 dan 2 Ampere), variabel tersebut diambil berdasarkan penelitian Hasyati dkk, 2020 dalam penelitian tersebut dengan variasi kuat arus 0,5 1 dan 1,5 A yang paling tinggi menyisihkan krom total adalah 1,5 A. Parameter yang diukur adalah krom total (Cr-Total) dan pH sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan elektrokoagulasi.

2.1.1 Pelaksanaan Penelitian

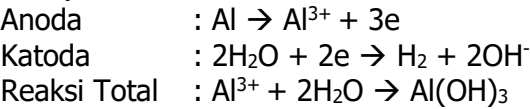
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Atomic absorption spectrophotometer* (AAS) SNI 698917-2009 untuk mengukur krom total dan pH meter SNI 06-6989.11.2004 digunakan untuk mengukur pH sebelum dan sesudah dilakukan elektrokoagulasi, untuk reaktor menggunakan gelas kimia berkapasitas 1000 ml dengan tinggi 15 cm lebar 10,5 cm dan tinggi operasi 12 cm.

Penelitian dimulai dengan pengukuran kandungan krom total pada sampel air limbah penyamakan kulit untuk mengetahui konsentrasi awal dari krom total dan, selanjutnya membuat rangkaian reaktor elektrokoagulasi yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Rangkaian Alat Elektrokoagulasi Sistem Batch

Proses elektrokoagulasi beroperasi berdasarkan prinsip reaksi elektrokimia tanpa penambahan reagen kimia eksternal, sehingga dikategorikan sebagai metode yang berkelanjutan secara lingkungan. Selama berlangsungnya elektrokoagulasi, pelepasan ion Al^{3+} terjadi pada elektroda anoda melalui reaksi oksidasi. Secara simultan, elektroda katoda menghasilkan ion hidroksil (OH^-) dan gas hidrogen, (Ibrahim dkk., 2024). Reaksi yang terjadi seperti di bawah ini (Novianti & Tuhu, 2014).



Berikut pada **Tabel 1** merupakan perlakuan pada penelitian ini :

Tabel 1. Perlakuan percobaan elektrokoagulasi

No	Variabel		
	Kuat Arus (A)	Waktu detensi (Menit)	Variasi anoda-katoda
1	1	45	Al-Al
2		90	
3		135	
4	1,5	45	
5		90	
6		135	
7	2	45	
8		90	
9		135	

Elektroda yang digunakan terbuat dari plat alumunium (Al), menggunakan elektroda tersebut didasarkan pada penelitian Mella dkk, 2015 yang menggunakan Al dalam penurunan krom total karena selain baik untuk elektrokoagulasi Al digunakan karena harganya terjangkau, persiapan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Plat alumunium berukuran 6 cm x 15 cm elektroda diseuaikan dengan ukuran reaktor berdasarkan jurnal (Mella dkk., 2015).
2. Elektroda dibersihkan dengan aseton
3. Plat dikeringkan pada desikator sampai waktu digunakan

Setelah reaktor siap maka selanjutnya tahapan dalam pengoprasian reaktor elektrokoagulasi secara *batch* sistem adalah:

1. Elektroda sebelum di pakai di timbang terlebih dahulu lalu kemudian di pasangkan pada penyangga dengan jarak 4 cm, berdasarkan (Prayitno & Kismolo, 2012).
2. Siapkan sampel dan masukan ke dalam reaktor dengan jumlah sampel yang telah di tentukan.
3. *Rectifier* yag sudah terhubung dengan ampermeter dan elektroda dinyalakan kemudian kuat arus Listrik di atur sesuai variasi yang di tentukan.
4. Reaktor di operasikan sesuai waktu yang sudah di tentukan menggunakan *stopwatch*, waktu dihitung bersamaan dengan *rectifer* dinyalakan.
5. Setelah selesai limbah cair hasil proses elektrokoagulasi dipisahkan dengan flok yang terflotasi dan terendapkan, kemudia di timbang berat kering dari elektroda.

6. Air sampel yang jernih hasil elektrokoagulasi di ambil untuk dilakukan analisa.

Berdasarkan pada **Tabel 1** perlakuan untuk setiap variabel dilakukan 1 kali percobaan menggunakan 1 liter sampel pada setiap variabel percobaan kemudian diukur parameter krom total dan pH setelah dilakukan elektrokoagulasi dengan menggunakan AAS untuk krom total dan pH meter untuk pH. Hasil percobaan kemudian dianalisis dengan membandingkan karakteristik awal air limbah dengan hasil setelah pengolahan menggunakan elektrokoagulasi untuk memperoleh persentase penyisihan (Asl dkk., 2014), penyisihan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\%R = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

R = Penyisihan (%)

Cin = Konsentrasi sebelum pengolahan (mg/L)

Cout = Konsentrasi setelah pengolahan (mg/L)

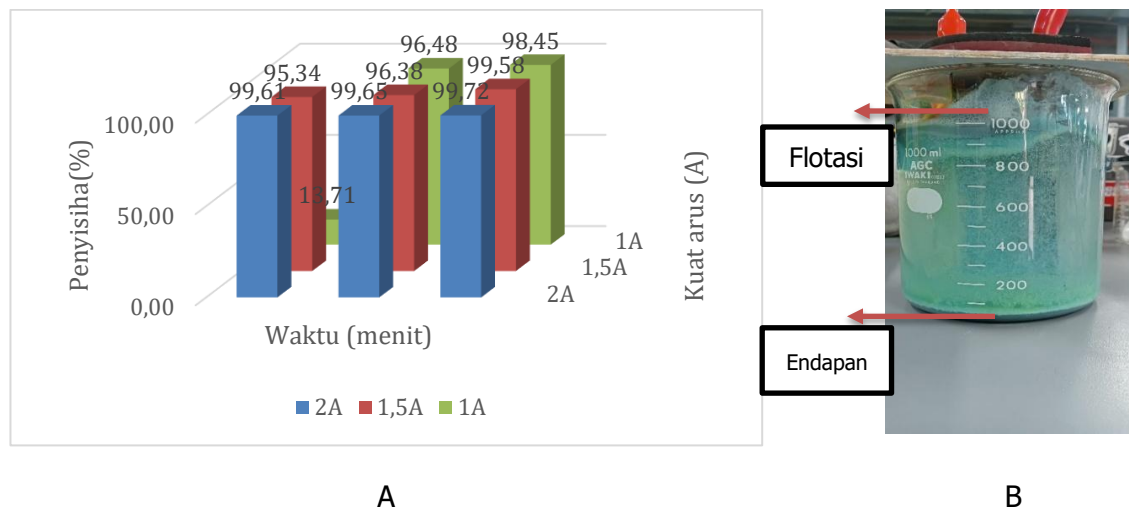
3. HASIL ANALISIS

Hasil pengukuran awal sampel krom total dan pH sebelum dan sesudah dilakukan elektrokoagulasi disajikan pada **Tabel 2**

Tabel 2 Konsentrasi Cr Total Sesudah dilakukan Elektrokoagulasi

Konsentrasi Sebelum pengolahan		Waktu (Menit)	Kuat Arus (Ampere)	Konsentrasi setelah pengolahan		Penyisihan (%)
pH	Cr-Total (mg/L)			pH	Cr-Total (mg/L)	
4,6	1441,01	45	1	4,6	1243,48	13,71
			1,5	4,6	67,19	95,34
			2	4,7	5,58	99,61
		90	1	4,6	50,73	96,48
			1,5	4,7	52,09	96,39
			2	6	5,02	99,65
		135	1	4,6	22,4	98,45
			1,5	6,2	6,01	99,58
			2	6,8	4,03	99,72

Berdasarkan **Tabel 2** Semakin lama waktu proses dan semakin kuat arus maka konsentrasi Cr-Total semakin rendah, untuk penyisihan yang tinggi terjadi pada arus 2A dan waktu proses 135 menit, untuk melihat % penyisihan dalam grafik Cr-T dapat dilihat pada **gambar 2**



Gambar 2 Persen Penyisihan Elektrokoagulasi (A) Proses Elektrokoagulasi (B)

Pada proses elektrokoagulasi terdapat beberapa macam interaksi di dalam larutan. Reaksi yang terjadi pada sel elektroda adalah (Novianti & Tuhu, 2014). Pada anoda $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$ pada katoda $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$, OH^- yang terbentuk meningkatkan pH larutan yang awal nya asam mendekati netral pada kuat arus dan waktu oprasi yang paling tinggi hal tersebut bisa terjadi karena semakin lama waktu dan semakin kuat arus maka OH^- yang dihasilkan semakin banyak. disekitar elektroda $\text{Al}^{3+} + 2(\text{OH}^-) \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$. $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terbentuk dalam larutan berfungsi sebagai koagulan untuk proses koagulasi-flokulasi yang terjadi pada proses selanjutnya di dalam sel. Terbentuknya $\text{Al}(\text{OH})_3$ akan bereaksi lebih lanjut dengan H_2O membentuk ion $\text{Al}(\text{OH})_4^-$. Reaksinya adalah $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_4^-$ (Koharruddin dkk., 2019). Terjadi pengikatan ion-ion logam oleh $\text{Al}(\text{OH})_4^-$. Sehingga krom dapat terpisahkan dari air. Reaksi pengikatan logam Cr dan ion $\text{Al}(\text{OH})_4^-$, $3\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{Cr}^{3+} \rightarrow [\text{Cr}(\text{Al}(\text{OH})_4)_3]^-$ (Koharruddin dkk., 2019) Krom pada limbah akan berinteraksi dengan ion OH^- yang menyebabkan Cr akan mengendap dalam limbah membentuk $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Reaksinya adalah $\text{Cr}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$. Endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dapat berperan sebagai inti flok yang bersifat elektropositif dan akan menarik kelebihan OH^- di dalam larutan sehingga membentuk flok $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ dan dapat menarik kation logam lainnya yang terdapat dalam limbah pada katoda dapat terjadi reduksi ion logam Cr^{3+} menjadi logam $\text{Cr}(\text{s})$ yang melekat pada batang katoda. Reaksinya adalah $\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{s})$ (Koharruddin dkk., 2019). Krom total yang terendapkan dan terflotasi oleh gas yang dihasilkan dapat dilihat pada **Gambar 2B**. Parameter Krom total mengalami penurunan tertinggi pada variabel kuat arus 2A dan waktu 135 menit dengan persentase penyisihan sebesar 99,72% atau dari 1441,01 mg/L menjadi 4,03 mg/L dan pH meningkat dari 4,6 mendekati netral yaitu 6,8.

4. KESIMPULAN

Hasil pengolahan air limbah penyamakan kulit menggunakan elektrokoagulasi dengan menggunakan parameter waktu operasi dan kuat arus, penyisihan yang paling tinggi adalah dengan variasi waktu 135 menit dan kuat arus 2 A dengan persentase penyisihan sebesar 99,72% hal ini disebabkan karena suplai Al^{3+} yang banyak karena waktu proses dan kuat arus yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asl, K. M., Moshtaghi, M. & Hassani, A. H. (2014). Efficiency evaluation of electrocoagulation process for removal of chromium (heavy metal) from municipal and industrial wastewater. *Indian Journal of Scientific Research*, 7(1), 1258–1268.
- Deghles, A. & Kurt, U. (2017). Hydrogen gas production from tannery wastewater by electrocoagulation of a continuous mode with simultaneous pollutants removal. *J Appl Chem*, 10(3), 40–50.
- Fatmawati, N. S. (2016). Optimasi kinerja instalasi pengolahan air limbah industri penyamakan kulit Magetan. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), D79–D85.
- Fauzi, N., Udyani, K., Zuchrillah, D. R. & Hasanah, F. (2019). Penggunaan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda alumunium dan besi pada pengolahan air limbah batik. *Prosiding SENIATI*, 5(4), 209–214.
- Hasyiyati, L., Hartati, E. & Djaenudin, D. (2020). Penyisihan krom pada pengolahan air limbah penyamakan kulit menggunakan metode elektrokoagulasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(4).
- Ibrahim, I., Zulya, F. & Azizah, G. L. (2024). ANALISIS METODE ELEKTROKOAGULASI PADA AIR ASAM TAMBANG DENGAN VARIASI TEGANGAN DAN JARAK ELEKTRODA. *Jurnal Reka Lingkungan*, 12(1), 25–36.
- Koharruddin, A., Amalia, V. & Sudiarti, T. (2019). Studi penurunan kadar ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium dan karbon. *al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 6(1), 22–27.
- Lasindrang, M. (2014). Adsorpsi pencemaran limbah cair industri penyamakan kulit oleh kitosan yang melapisi arang aktif tempurung kelapa. *Jurnal Teknosains*, 3(2).
- Mella, B., Glanert, A. C. & Gutterres, M. (2015). Removal of chromium from tanning wastewater and its reuse. *Process Safety and Environmental Protection*, 95, 195–201.
- Novianti, D. L. & Tuhu, A. (2014). Penurunan TSS dan warna limbah industri batik secara elektro koagulasi. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 6(1), 37–44.
- Prayitno, P. & Kismolo, E. (2012). *Percobaan awal proses elektrokoagulasi sebagai metode alternatif pada pengolahan limbah cair*.
- Senania, A. & Yanti, N. (2022). Analisis Parameter Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Sukaregang Garut. *Lantanida Journal*, 10(1), 1–9.
- Yanti, I. (2020). *Pemanfaatan Mg/Al Hidroksit-Magnetit Sebagai Adsorben Ion Krom*.