



Efisiensi Penurunan Kadar Logam Cu pada Limbah Cair Industri Elektroplating dengan Proses Elektrokoagulasi

Ririn Sanggar Wati* dan Emi Erawati

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol
Pos I, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57102

*E-mail: sanggarwatoririn29@gmail.com

Abstract

Liquid waste in the electroplating industry contains heavy metals such as nickel, copper and zinc. If the waste is discharged directly to the environment without any prior treatment it will cause damage to humans and the environment. One method that can be used to treat this wastewater is electrocoagulation. Where electrocoagulation is an electrolysis process that requires electric power, electrical conductors and electrodes. The purpose of this research is to determine the efficiency of reducing the concentration of Cu in the variation voltage and stirring speed on the electrocoagulation processes. First and second order reaction rate constant have been evaluated. Eighty mL of electroplating waste is added to reactor, stirred using magnetic stirrer in the variation of voltage (12,14,16 V) and in the variation speed (200, 300, 400) rpm. Every 40 minutes samples were analyzed using AAS. Electrocoagulation processes were stopped in 160 minutes. The results showed the highest efficiency in the variation of voltage and string speed are 95.92% and 96.81 % in that order. First order reaction rate constant in the variation stirring speed and voltage are $0,0163 \text{ s}^{-1}$ and $1,8937 \text{ s}^{-1}$ respectively. On the other hand second order reaction rate constant in the variation stirring speed and voltage are $0,0269 \text{ s}^{-1}$ dan $3,9322 \text{ s}^{-1}$ respectively.

Keywords: electroplating, electrocoagulation, copper

Pendahuluan

Elektroplating dapat diartikan sebagai perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui larutan elektrolit (Sutomo dan Rahmat, 2010). Teknik pelapisan logam banyak menggunakan arus searah (Pamungkas dkk., 2018). Pesatnya perkembangan industri elektroplating di Indonesia beberapa tahun terakhir telah menarik perhatian karena industri elektroplating menghasilkan limbah cair yang berpotensi dapat mencemari lingkungan. Limbah hasil industri elektroplating sebelum dibuang ke lingkungan harus diolah terlebih dahulu agar tidak mencemari lingkungan dan merusak kesehatan manusia hingga menyebabkan kematian. Menurut Mazumder dkk (2011) limbah cair industri elektroplating mengandung logam berat seperti kromium, seng, tembaga, nikel dan mangan dimana toksitas efulen tergantung pada konsentrasi masing-masing logam, durasi dan jenis pelepasan.

Xia dkk (2014) menjelaskan bahwa ada beberapa proses untuk menurunkan kadar logam berat dalam limbah cair antara lain : 1) proses kimia, meliputi elektrokimia dan presipitasi kimia; 2) proses fisiko-kimia, seperti ekstraksi pelarut, pertukaran ion, dan filtrasi membran; 3) proses biologis, seperti adsorpsi biomaterial. Menurut Retno dkk (2008) elektrokoagulasi merupakan proses destabilisasi suspensi, emulsi, dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalirkan arus listrik melalui air, menyebabkan terbentuknya flok-flok yang dapat dipisahkan. Menurut Adhoum dkk (2014) dalam proses elektrokoagulasi tidak ada penambahan koagulan kimia atau flokulan, sehingga mengurangi jumlah lumpur yang harus dibuang.

Kelebihan dari proses pengolahan limbah dengan elektrokoagulasi antara lain : lebih cepat mereduksi kandungan koloid/partikel yang paling kecil, tidak dipengaruhi suhu, tidak perlu pengaturan pH, serta tidak memerlukan bahan kimia tambahan sebagai koagulan. Sedangkan kekurangan dari proses pengolahan limbah dengan elektrokoagulasi adalah : tidak dapat digunakan untuk mengolah air limbah yang mempunyai sifat elektrolit cukup tinggi, besarnya reduksi dipengaruhi oleh voltase listrik searah, jarak elektroda dan luas bidang kontak elektroda (Hernaningsih, 2016). Proses elektrokoagulasi dipengaruhi oleh kerapatan arus, waktu kontak, tegangan listrik, jenis plat, kecepatan pengadukan, ketebalan plat, serta jarak plat.

Menurut Koby (2014) efisiensi penurunan konsentrasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

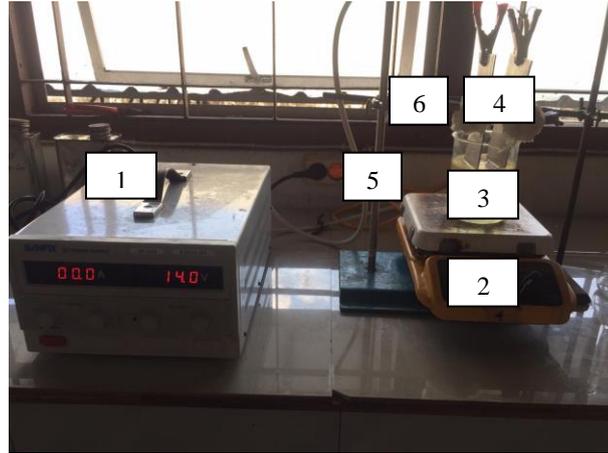
$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$



Metode Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : sampel limbah elektroplating, Cu, H₂SO₄, CuSO₄, dan *aquadest*. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : reaktor elektrokoagulasi yang terbuat dari gelas beker, elektroda besi, *power supply*, *hot plate*, statif, dan klem



Gambar 1. Rangkaian alat proses elektrokoagulasi. *Note:* 1= *power supply*, 2= *hot plate*, 3= reaktor elektrokoagulasi, 4= elektroda besi, 5= statif, 6= klem

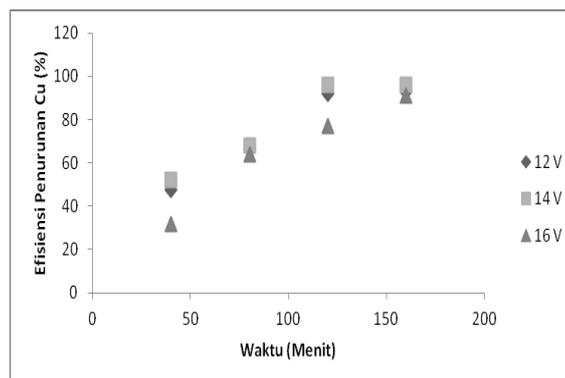
Prosedur Penelitian

Limbah elektroplating diperoleh dari salah satu usaha pelapisan logam bernama "CV. Gemilang" yang berada di Jalan Solo-Sragen, Palur, Karanganyar. Delapan puluh mL limbah elektroplating diencerkan ke dalam 500 mL *aquadest*. Kemudian membuat larutan H₂SO₄ 0,05 M dengan mengambil 1,3 mL H₂SO₄ pekat dilarutkan dalam 1000 mL *aquadest*. Lalu membuat larutan CuSO₄ 1000 ppm dengan mengambil serbuk Cu sebanyak 2,8 gram dilarutkan dalam 1000 mL H₂SO₄.

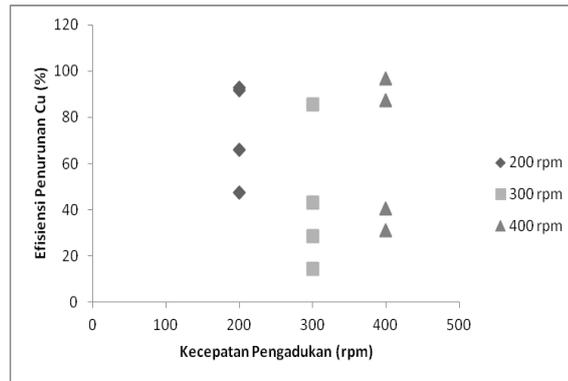
Sampel limbah elektroplating yang sudah diencerkan dimasukkan ke dalam reaktor yang terbuat dari gelas beker, lalu diletakkan di atas *hot plate* dan diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 200, 300, dan 400 rpm. *Power supply* dinyalakan dan diatur tegangannya yaitu 12, 14, dan 16 V. Proses elektrokoagulasi berlangsung selama 160 menit. Pengambilan sampel dilakukan setiap 40 menit, sampel diambil sebanyak 20 mL disaring dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Sampel diambil sebanyak 3 mL diencerkan dalam 100 mL. Sampel siap untuk diuji menggunakan alat AAS 6650 F Shimadzu.

Hasil dan Pembahasan

Efisiensi penurunan konsentrasi Cu terhadap waktu pada variasi tegangan dapat dilihat pada Gambar 2 sedangkan pada variasi



Gambar 2. Kurva hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi penurunan konsentrasi Cu variasi tegangan



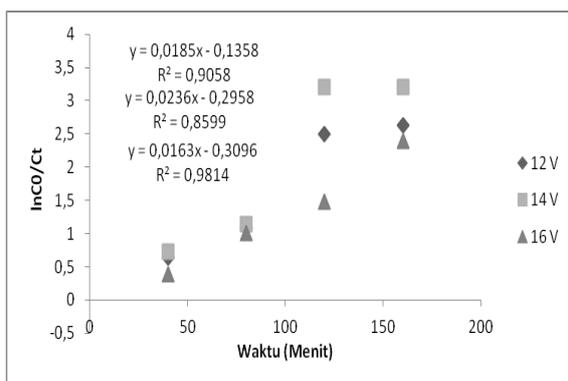
Gambar 3. Kurva hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi penurunan konsentrasi Cu variasi kecepatan pengadukan

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa semakin tinggi tegangan efisiensi penurunan konsentrasi logam Cu semakin meningkat. Ketika berada pada tegangan 16 V efisiensinya sebesar 90,9274 % pada waktu 60 menit, sedikit lebih rendah dari pada tegangan 12 dan 14 V dimana efisiensinya sebesar 92, 7835 % dan 95,9220 % pada waktu yang sama yaitu 160 menit. Hal ini mungkin dapat disebabkan karena pada tegangan 16 V terjadi *passivation*, yaitu proses terbentuknya senyawa oksida logam untuk mencegah terjadinya perkaratan.

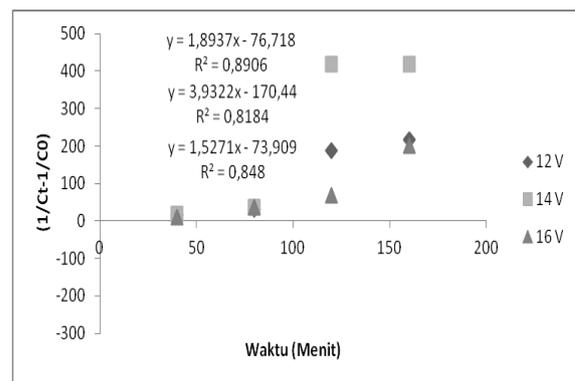
Adapun pengaruh waktu kontak, dapat diketahui bahwa waktu terbaik yang menghasilkan efisiensi penurunan kadar Cu adalah 160 menit. Hal ini dapat terjadi karena semakin lama waktu kontak, maka besi yang terlarut pun semakin banyak, sehingga pembentukan $Fe(OH)_3$ dalam proses elektrokoagulasi akan semakin banyak pula yang dapat menyebabkan jumlah kompleks yang mengikat kontaminan semakin banyak sehingga efisiensi penurunan kontaminan semakin baik. Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan, efisiensi penurunan kadar logam Cu semakin meningkat. Hal ini dapat terjadi karena semakin cepat kecepatan pengadukan maka semakin banyak pula flok yang terbentuk. Flok tersebut apabila didiamkan beberapa menit akan mengendap dibagian dasar sampel yang telah dielektrokoagulasi. Flok yang dihasilkan oleh proses elektrokoagulasi ini cenderung mengandung sedikit ikatan air, lebih stabil dan lebih mudah disaring. Efisiensi penurunan konsentrasi Cu pada variasi kecepatan pengadukan 200 rpm sebesar 92, 7835 %. Pada kecepatan pengadukan 300 rpm sebesar 85,4430 %, sedangkan pada kecepatan pengadukan 400 rpm sebesar 96, 8100 %. Efisiensi tersebut dihitung pada waktu yang sama yaitu 160 menit.

Efisiensi penurunan konsentrasi Cu tertinggi terjadi pada kecepatan pengadukan 400 rpm dengan penurunan sebesar 96,8100 %. Ketika kecepatan pengadukan 300 rpm efisiensi penurunan konsentrasi diperoleh dibawah 90 %, hal ini dapat terjadi karena suplai tegangan dan flok yang terbentuk tidak stabil.

Kinetika reaksi orde satu pada variasi tegangan dan kecepatan pengadukan



(a)



(b)

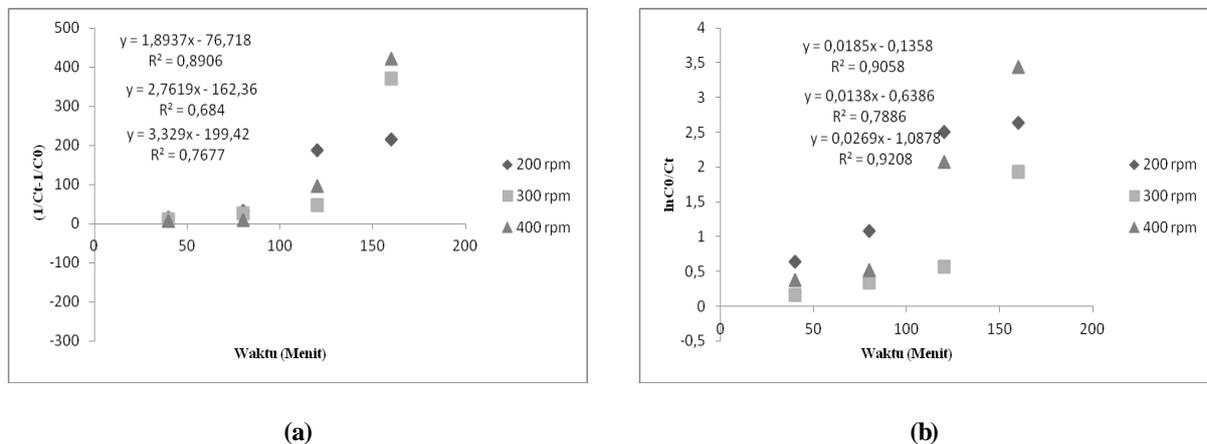
Gambar 4. Profil perubahan konsentrasi pada variabel tegangan (a) orde 1 (b) orde 2. Note: \blacklozenge = 12 V, \blacksquare = 14 V, \blacktriangle = 16 V

Berdasarkan persamaan regresi linear yang ada di Gambar 4. Maka akan diperoleh konstanta kecepatan reaksi pada orde 1 dan 2 variasi voltase dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konstanta Laju Reaksi (K) Orde 1 dan Orde 2 pada Variasi Voltase

No	Variasi Tegangan	K (s ⁻¹)	R ²
1	12 V	0,0185	0,9058
	14 V	0,0236	0,859
	16 V	0,0163	0,9814
	Variasi Tegangan	K (s ⁻¹)	
2	12 V	1,8937	0,8906
	14 V	2,7619	0,684
	16 V	3,329	0,7677

Kinetika reaksi orde satu dan dua dari variabel tegangan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 5. Profil perubahan konsentrasi pada variabel kecepatan pengadukan (a) orde 1 (b) orde 2. *Note:* ◆ = 200 rpm, ■ = 300 rpm, ▲ = 400 rpm

Bila dilihat dari nilai konstanta laju reaksi yang hampir sama pada Tabel 2 dan Gambar 5. Semua orde adalah konstanta laju reaksi yang berorde satu, hal ini juga dapat dilihat dari nilai error yang lebih kecil. Sehingga reaksi pengurain Cu merupakan reaksi yang berorde satu dapat dilihat dari nilai slope yaitu koefisien regresi untuk variabel Tabel konstanta kecepatan reaksi orde 2 pada variasi kecepatan pengadukan dan tegangan dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Konstanta Kecepatan Reaksi Orde 2 pada Variasi Kecepatan Pengadukan dan Tegangan

No.	Variasi kecepatan pengadukan (rpm)	K (s ⁻¹)	R ²
1	200	0,0185	0,9058
	300	0,0138	0,7886
	400	0,0269	0,9208
	Variasi kecepatan pengadukan (rpm)	K (s ⁻¹)	
2	200	1,8937	0,8906
	300	2,7619	0,688
	400	3,329	0,7677

Kesimpulan

Berdasarkan uraian pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tegangan dan kecepatan pengadukan pada proses elektrokoagulasi memberikan pengaruh terhadap efisiensi peneurunan konsentrasi logam Cu pada limbah cair industri elektroplating. Teknologi elektrokoagulasi dapat menjadi salah satu teknologi alternatif dalam upaya menurunkan kandungan organik dalam limbah cair untuk pendampingan pengolahan limbah lainnya, metode elektrokoagulasi lebih ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia tambahan yang dapat mencemari lingkungan.

Efisiensi terbaik pada variasi voltase 14 V sebesar 95,92% dan pada variasi kecepatan pengadukan 400 rpm sebesar 96,81%. Konstanta kecepatan reaksi orde 1 pada variasi kecepatan pengadukan dan voltase adalah 0,0163 s⁻¹ dan



1,8937 s⁻¹ sedangkan pada orde 2 konstanta kecepatan reaksi pada variasi kecepatan pengadukan dan voltase adalah 0,0269 s⁻¹ dan 3,9322 s⁻¹

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta atas semua fasilitas yang telah diberikan selama penelitian ini berlangsung. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Notasi

V = Tegangan [volt]
 rpm = suhu [rotasi per menit]
 ppm = konsentrasi [part per million]

Daftar Pustaka

- Adhoum N, Monser L, Bellakhal N, Belgaied JE. Treatment of electroplating wastewater containing Cu²⁺, Zn²⁺ and Cr(VI) by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials* 2004; 112 (3): 207–213.
- Hernaningsih T. Tinjauan teknologi pengolahan air limbah industri dengan reviews of electrocoagulation process on waste water treatment. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 2016; 9 (1): 31–46.
- Kobyas M, Demirbas E, Oncel MS, Yildirim Y, Sik E, Goren AY, dan Akyol A. Modelling and optimization of arsenite removal from groundwater using Al ball anodes by electrocoagulation process. *Jurnal of Selcuk University Natural and Applied Sciences Online* 2014: 803-811. ISSN 2147-3781.
- Mazumder D, Ghosh D, Bandyopadhyay P. Treatment of electroplating wastewater by adsorption technique. *International Journal of Civil and Environmental Engineering* 2011; 3 (2): 101–110.
- Pamungkas AS, Prasetyo H, Mulyaningsih N. Pengaruh variasi temperatur elektroplating terhadap ketebalan lapisan nikel baja St37 grafik hubungan temperatur dan tebal nikel. *Jurnal Mer-c* 2018; 1(2): 3–5.
- Retno S. Kajian proses elektrokagulasi untuk pengolahan air limbah. Sekolah Teknik Lingkungan dalam Seminar Nasional IV. Yogyakarta. 2008. ISSN 1978-0176.
- Sutomo S, Rahmat. Pengaruh arus dan waktu pada pelapisan nikel dengan elektroplating untuk bentuk plat. *Rotasi* 2010; 6 (2): 11–20.
- Xia L, Hu YX, Zhang BH. Kinetics and equilibrium adsorption of copper(II) and nickel(II) ions from aqueous solution using sawdust xanthate modified with ethanediamine. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)* 2014; 24 (3): 868–875.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Wibiana Wulan Nandari (UPN "Veteran" Yogyakarta)

Notulen : Yuli Ristianingsih (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Wibiana Wulan Nandari (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Variasi apa saja yang digunakan pada penelitian ini?
Jawaban : Variasi tegangan dan kecepatan pengadukan
2. Penanya : Wibiana Wulan Nandari (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apa saja yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi?
Jawaban : Faktor yang mempengaruhi proses koagulasi adalah

 - Waktu
 - Kecepatan pengadukan
 - Tegangan
 - Kuat arus
 - PH
 - Gerak antara plat anoda dan katoda
3. Penanya : Wibiana Wulan Nandari (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Berdasarkan kesimpulan tertulis efisiensi sampai 92% yang dimaksud persen apa?
Jawaban : Persen penurunan konsentrasi logam Cu