



PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI ELEKTROPLATING DENGAN ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN ELEKTRODA Fe

Jessica Dima F.M., Maulida Zakia, Ratnawati^{*)}

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Industri elektroplating merupakan salah satu industri yang cukup berkembang di Indonesia. Air limbah yang dihasilkan dari industri elektroplating berbahaya karena mengandung banyak logam-logam terlarut seperti kromium, nikel, kadmium, tembaga, dan sebagainya. Sampai saat ini sudah ada beberapa metode pengolahan limbah elektroplating seperti presipitasi, mikroorganisme, ultrafiltrasi, dan reverse osmosis. Namun sayangnya metode-metode tersebut memiliki kelemahan seperti menghasilkan secondary waste water, besarnya biaya yang dibutuhkan, dan sulit direalisasikan di skala industri. Salah satu metode yang dipandang lebih efektif adalah melalui metode elektrokoagulasi. Pada penelitian digunakan larutan kalium dikromat sebagai limbah sintetik dan diujikan pula pada air limbah industri elektroplating. Metode elektrokoagulasi ini akan diteliti lebih lanjut dengan mempelajari pengaruh waktu dan konsentrasi awal serta rapat arus terhadap TDS akhir larutan. Pada air limbah elektroplating diuji pengaruh waktu dan rapat arus terhadap TDS akhir limbah. Elektroda yang digunakan adalah jenis Fe ST 37-2. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pada konsentrasi awal larutan kalium dikromat yang rendah akan memberikan TDS removal yang lebih tinggi (77,78%) daripada konsentrasi awal yang tinggi (41,18%). Hal ini karena pada rentang waktu yang sama jumlah Fe^{2+} yang dihasilkan tidak cukup untuk mereduksi semua Cr^{6+} pada larutan dengan konsentrasi tinggi. Pada rapat arus yang tinggi didapatkan TDS removal lebih tinggi (65,95%) daripada rapat arus yang rendah (34,48%). Semakin besar arus mengindikasikan semakin banyak pula Fe^{2+} yang dihasilkan untuk mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} sehingga akan membentuk $Cr(OH)_3$ yang lebih mudah diendapkan. Metode elektrokoagulasi dapat diterapkan pada air limbah elektroplating karena mampu menurunkan TDS limbah dengan menggunakan variasi rapat arus.

Kata kunci: limbah elektroplating, elektrokoagulasi, kromium

Abstract

Electroplating industry is one of industry that still growing in Indonesia. The wastewater generated from this industry is dangerous because it contained dissolved metals such as chromium, nickle, cadmium, copper, etc. Currently, there are some wastewater treatment method such as presipitation, microorganism, ultrafiltration, and reverse osmosis. However those method has disadvantage like secondary wastewater, high cost, and applied on industry scale is hard. The more effective method is electrocoagulation. In this research potassium dichromate solution is used as sintetic wastewater and tested on electroplating wastewater. Electrocoagulation method will be investigated by studying the effect of time, initial concentration and current density to the TDS of final solution. In the electroplating wastewater tested the effect of time and current density to the TDS of final wastewater. Iron Fe ST 37-2 are used as electrodes. From this research obtained that on the low initial concentration of potassium dichromate will give higher removal TDS (77,78%) than on the higher initial concentration (41,18%). This is because at the same time frame the number of Fe^{2+} produced not enough to reduce all Cr^{6+} in solution with high concentrations. In the high current density gave higher removal TDS (65,95%) than low current density (34,48%). The higher current density indicates the more Fe^{2+} produced to reduce Cr^{6+} to Cr^{3+} that will form $Cr(OH)_3$ so it can deposited easily. Electrocoagulation method can be applied to wastewater because it can lower the TDS of electroplating wastewater by using a variation of current density.

Keywords: electroplating wastewater, electrocoagulation, chromium

^{*)} Penulis Penanggung Jawab (Email: ratnawati.hartanto@yahoo.com)

1. Pendahuluan

Elektroplating adalah proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit. Elektroplating merupakan salah satu kegiatan industri yang dapat menghasilkan limbah berupa logam berat (Srisuwan dan Thongchai, 2003). Air limbah yang dihasilkan dari industri elektroplating berbahaya karena mengandung banyak logam-logam terlarut seperti kromium, nikel, kadmium, tembaga, dan sebagainya. Limbah cair yang dihasilkan tadi tentu memerlukan *treatment* khusus sebelum dibuang ke lingkungan.

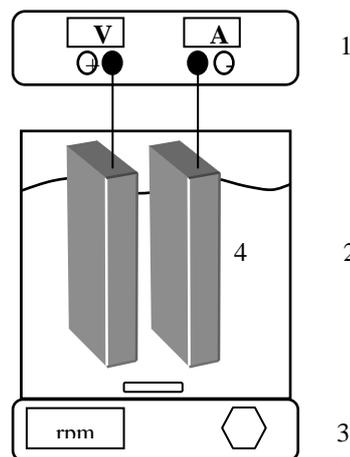
Hingga saat ini sudah ada metode-metode untuk mengolah limbah elektroplating. Berbagai metode yang tersedia untuk mengurangi logam berat tadi antara lain presipitasi, mikroorganisme, ultrafiltrasi, *reverse osmosis* dan lain-lain. Presipitasi bisa dilihat sebagai metode paling ekonomis. Namun presipitasi juga mampu menghasilkan limbah dari bahan kimia yang ditambahkan di dalamnya (Akbal dan Camci, 2010). Metode-metode lain pun memiliki kelemahan di antaranya besarnya biaya yang dibutuhkan dan sulit untuk direalisasikan pada skala industri.

Elektrokoagulasi merupakan salah satu metode yang efisien dan mudah dalam pengoperasiannya untuk mengurangi kadar logam berat melalui reaksi elektrolisis dan tidak dibutuhkan penambahan koagulan kimia (Nouri dkk., 2010). Pengolahan limbah elektroplating menggunakan elektrokoagulasi mampu menurunkan konsentrasi Cu, Ni, dan Cr pada konsentrasi paling rendah (Akbal dan Camci, 2010). Dari penelitian terdahulu tersebut dapat dilihat bahwa elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan limbah elektroplating yang aman dan sangat mungkin direalisasikan untuk skala industri.

Dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh waktu operasi terhadap TDS limbah sintetik pada berbagai konsentrasi awal larutan $K_2Cr_2O_7$ dan pengaruh rapat arus terhadap TDS limbah sintetik maupun limbah elektroplating pada berbagai waktu.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah kalium dikromat teknis (wujud padat), limbah elektroplating yang diperoleh dari industri elektroplating di daerah Pedurungan, serta aquades. Alat yang dipakai adalah elektroda Fe (ST 37-2) dengan luas permukaan $11,52 \text{ cm}^2$, kertas saring Whatman MN-640dd, dan TDS-EZ Water Quality Tester (Nimbus).



Gambar 1. Rangkaian Alat: (1) Sumber arus DC (2) Beaker glass (3) Magentic stirrer (4) Elektroda

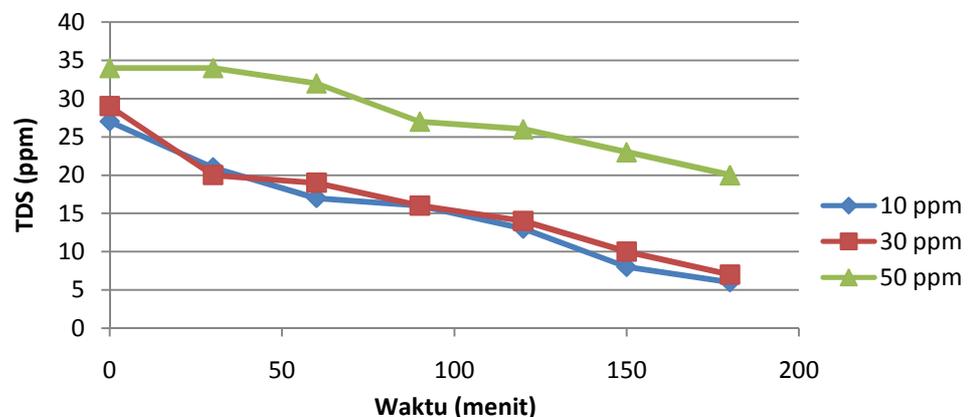
Mula-mula dilakukan **tahap persiapan**, yaitu pembuatan larutan kalium dikromat. Larutan kalium dikromat yang dibuat adalah dengan konsentrasi 10 ppm; 30 ppm; dan 50 ppm. Kemudian pada **tahap penelitian** dilakukan langkah kerja sesuai variabel yang ada. Pada **variabel konsentrasi awal larutan kalium dikromat**, elektrokoagulasi dengan rapat arus sebesar $6,94 \text{ mA/cm}^2$ digunakan pada masing-masing variabel konsentrasi awal 10 ppm; 30 ppm; dan 50 ppm. Tiap 30 menit sekali diambil sampel 10 ml selama 180 menit. Untuk **variabel rapat arus** digunakan larutan kalium dikromat konsentrasi 30 ppm. Rapat arus pada masing-masing proses elektrokoagulasi adalah sebesar $3,47 \text{ mA/cm}^2$; $5,21 \text{ mA/cm}^2$; $8,68 \text{ mA/cm}^2$. Tiap 30 menit sekali diambil sampel 10 ml selama 180 menit. **Variabel rapat arus pada limbah**

elektroplating menggunakan variasi rapat arus sebesar 3,47 mA/ cm²; 5,21 mA/ cm²; 8,68 mA/ cm². Tiap 30 menit sekali diambil sampel 10 ml selama 180 menit. Tiap sampel yang diambil pada tiap proses elektrokoagulasi kemudian disaring dengan kertas saring. Tahap terakhir adalah **tahap analisa sampel** yang mana sampel yang telah disaring tadi dianalisa TDS-nya menggunakan TDS meter.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Pengaruh Waktu terhadap TDS Limbah Sintetik pada Berbagai Konsentrasi K₂Cr₂O₇ dalam Limbah Sintetik

Limbah sintetik pada variabel ini divariasi konsentrasi awal larutan kalium dikromat, yaitu sebesar 10 ppm, 30 ppm, dan 50 ppm. Larutan tersebut masing-masing dielektrokoagulasi dengan rapat arus sebesar 6,94 mA/cm² dan kecepatan putaran sebesar 500 rpm. Grafik di bawah ini menunjukkan pengaruh waktu terhadap TDS akhir larutan kalium dikromat pada berbagai konsentrasi.

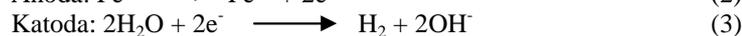


Gambar 2. Pengaruh Waktu terhadap TDS Limbah Sintetik pada Berbagai Konsentrasi K₂Cr₂O₇ dalam Limbah Sintetik

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu operasi elektrokoagulasi maka TDS akhir larutan kalium dikromat semakin turun. Fenomena ini terjadi pada semua konsentrasi larutan. Berdasarkan hukum Faraday, semakin lama waktu operasi maka jumlah Fe²⁺ yang dihasilkan di anoda juga semakin banyak. Hal ini dapat dilihat dari persamaan (1):

$$m = \frac{Mit}{nF} \quad (1)$$

dengan m adalah jumlah Fe²⁺ yang dihasilkan (g); M adalah berat atom Fe (g/ mol); I adalah arus (A); t adalah waktu operasi (detik); n adalah nomor elektron (Fe²⁺ = 2); dan F sebesar 96,487 C/mol. Pembentukan ion Fe²⁺ akan mereduksi Cr⁶⁺ menjadi Cr³⁺. Kemudian dilanjutkan dengan presipitasi yang disebabkan oleh Cr³⁺ mengikat ion OH⁻ yang terbentuk di katoda menjadi endapan Cr(OH)₃. Endapan tersebut kemudian disaring sehingga TDS larutan turun seiring bertambahnya waktu operasi (Heidmann dkk., 2007). Reaksi-reaksi yang terjadi selama proses elektrokoagulasi:

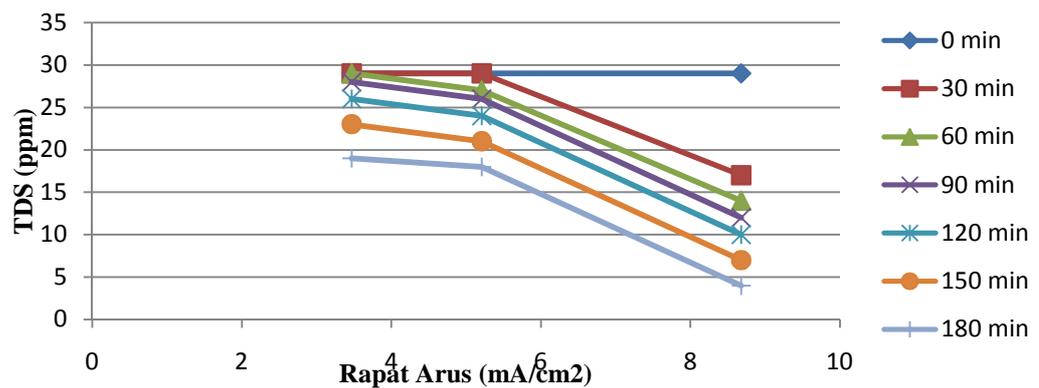


Dari ketiga variasi konsentrasi yang ada, larutan kalium dikromat dengan konsentrasi sebesar 50 ppm memiliki efisiensi TDS removal yang paling rendah (41,18 %). Dari persamaan (1) dapat dilihat bahwa pada rapat arus yang konstan maka semakin lama waktu operasi jumlah Fe²⁺ yang dihasilkan akan selalu tetap. Jumlah Fe²⁺ yang dihasilkan selama elektrokoagulasi pada konsentrasi 50 ppm tidak cukup untuk mereduksi semua Cr⁶⁺ menjadi Cr³⁺ sehingga endapan Cr(OH)₃ yang dihasilkan juga sedikit (Aber

dkk., 2009). Hal ini menyebabkan TDS removal pada konsentrasi sebesar 50 ppm tidak sebesar TDS removal pada konsentrasi 10 ppm dan 30 ppm (77,78 % dan 75, 87%).

b. Pengaruh Rapat Arus terhadap TDS Limbah Sintetik pada Berbagai Waktu

Pada variabel ini digunakan larutan kalium dikromat dengan konsentrasi yang konstan yaitu 30 ppm. Rapat arus yang diberikan pada proses elektrokoagulasi ini bervariasi yaitu $3,47 \text{ mA/cm}^2$; $5,21 \text{ mA/cm}^2$; $8,68 \text{ mA/cm}^2$ dengan kecepatan putaran yang tetap yaitu 500 rpm. Grafik di bawah ini menunjukkan pengaruh waktu terhadap TDS akhir larutan kalium dikromat pada berbagai rapat arus.

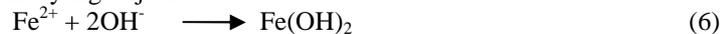


Gambar 3. Pengaruh Rapat Arus terhadap TDS Larutan Kalium Dikromat pada Waktu

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa TDS akhir larutan kalium dikromat akan semakin menurun seiring meningkatnya rapat arus dan waktu elektrokoagulasi. Fenomena penurunan ini terjadi pada semua rapat arus.

Rapat arus merupakan parameter yang penting dalam elektrokoagulasi. Rapat arus menentukan kecepatan pembentukan koagulan, mengatur kecepatan, dan ukuran dari gelembung serta pertumbuhan flok yang dapat mengikat kontaminan pada limbah. (Keshmirizadeh dkk, 2011). Semakin tinggi rapat arus maka waktu yang diperlukan untuk menurunkan TDS larutan kalium dikromat akan semakin pendek. Dari persamaan (1) dapat dilihat bahwa pada rapat arus yang tinggi, jumlah ion Fe^{2+} di anoda semakin banyak.

Pada elektrokoagulasi terjadi tiga tahapan proses. Tahap pertama adalah pembentukan koagulan $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Oksidasi di anoda membentuk ion Fe^{2+} (2) yang akan berikatan dengan OH^- yang terbentuk di katoda (3). Reaksi yang terjadi:

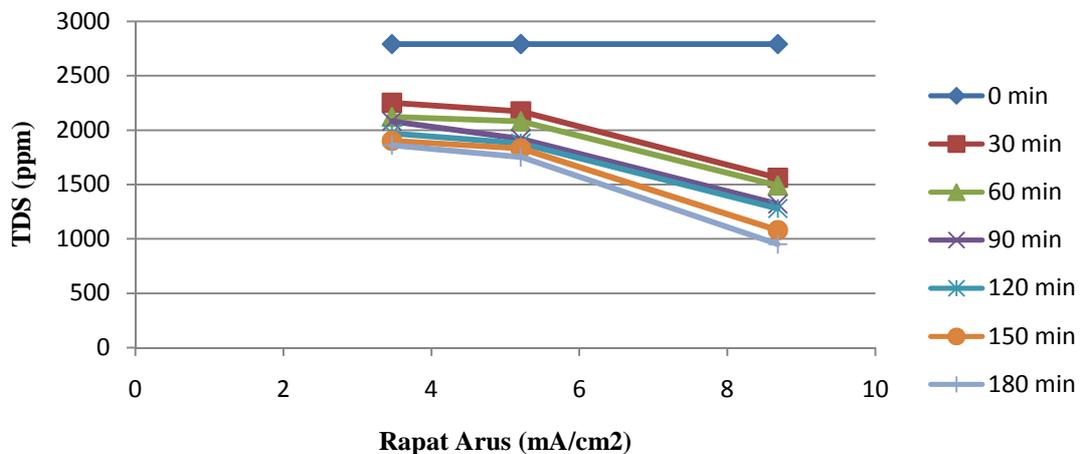


Pada tahap kedua muatan pada Cr^{6+} berubah menjadi Cr^{3+} sehingga lebih mudah untuk diendapkan. Tahap ketiga koagulan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang terbentuk tadi menyebabkan proses koagulasi terjadi dengan mengikat endapan-endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ menjadi satu sehingga proses pemisahan lebih mudah dilakukan (Yilmaz dkk., 2007).

Pada rapat arus $8,68 \text{ mA/cm}^2$ ion Fe^{2+} yang dihasilkan anoda lebih banyak dibandingkan pada rapat arus $3,47 \text{ mA/cm}^2$ dan $5,21 \text{ mA/cm}^2$ sehingga endapan yang dihasilkan menjadi lebih banyak. Hal ini mengakibatkan TDS removal pada rapat arus $3,47 \text{ mA/cm}^2$ dan $5,21 \text{ mA/cm}^2$ lebih kecil dibandingkan pada rapat arus $8,68 \text{ mA/cm}^2$ yaitu sebesar 34,48 % dan 37,93 %. Efisiensi TDS removal paling tinggi diperoleh pada rapat arus $8,68 \text{ mA/cm}^2$ yaitu sebesar 86,21%.

c. Pengaruh Rapat Arus terhadap TDS Limbah Elektroplating pada Berbagai Waktu

Limbah cair yang di-treatment menggunakan metode elektrokoagulasi ini diambil dari industri elektroplating yang tertelak di daerah Pedurungan. TDS awal limbah sebesar 2790 ppm dan rapat arus yang diberikan pada proses elektrokoagulasi ini bervariasi yaitu $3,47 \text{ mA/cm}^2$; $5,21 \text{ mA/cm}^2$; $8,68 \text{ mA/cm}^2$ dengan kecepatan putaran yang tetap yaitu 500 rpm. Gambar 4 menunjukkan pengaruh waktu terhadap TDS limbah elektroplating pada berbagai rapat arus.



Gambar 4. Pengaruh Rapat Arus terhadap TDS Limbah Elektroplating pada Berbagai Waktu

Dari gambar 4 terlihat bahwa TDS limbah akan semakin turun seiring dengan meningkatnya waktu operasi dan rapat arus. Seperti yang telah dibahas pada pembahasan sebelumnya bahwa rapat arus menentukan kecepatan pembentukan koagulan, mengatur kecepatan dan ukuran dari gelembung serta pertumbuhan flok yang dapat mengikat kontaminan pada limbah, sehingga dengan rapat arus yang makin besar flok yang dihasilkan pun semakin banyak. Gelembung yang terbentuk selama proses elektrokoagulasi membawa kontaminan dalam limbah menuju ke atas sehingga kontaminan-kontaminan yang ada mudah terkumpul menjadi satu. Sesuai persamaan (6), ion Fe^{2+} yang dihasilkan di anoda bereaksi dengan ion OH^- yang dihasilkan di anoda sehingga membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang mana akan mengikat kontaminan-kontaminan tadi sehingga menjadi lebih mudah diendapkan (Merzouk dkk., 2008). Dalam hal ini fungsi $\text{Fe}(\text{OH})_2$ adalah sebagai koagulan.

Penelitian dengan variabel rapat arus pada limbah sintetik dan limbah elektroplating menghasilkan fenomena yang sama, yaitu terjadinya penurunan TDS. Ini menunjukkan bahwa penggunaan metode elektrokoagulasi untuk pengolahan limbah elektroplating dapat diaplikasikan dalam industri.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa TDS larutan kalium dikromat dan limbah elektroplating akan semakin turun seiring bertambahnya waktu. Semakin tinggi konsentrasi awal larutan kalium dikromat maka semakin kecil TDS removal larutan tersebut (41,18%) pada rapat arus yang sama. Semakin tinggi rapat arus yang digunakan maka semakin besar TDS removal larutan kalium dikromat (86,21%). Semakin tinggi rapat arus yang digunakan maka semakin besar TDS removal limbah elektroplating (65,95%), dalam penelitian ini TDS removal terbaik diperoleh pada rapat arus 8,68 mA/cm² dan rentang waktu 180 menit.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Dasar Teknik Kimia II atas kontribusinya sebagai tempat penelitian ini.



Daftar Pustaka

- Aber, S., Amani-Ghadim, A.R., Mirzajani, V., 2009, Removal of Cr(VI) from Polluted Solutions by Electrocoagulation: Modeling of Experimental Results Using Artificial Neural Network, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 171, p. 484-490.
- Akbal, F. dan Camci, S., 2011, Copper, Chromium, and Nickel Removal from Metal Plating Wastewater by Electrocoagulation, *Desalination*, vol. 269, p. 214-222.
- Heidmann, I. dan Calmano W., 2008, Removal of Cr(VI) from Model Wastewater by Electrocoagulation with Fe Electrode., *Separation and Purification Technology*, vol. 61, p. 15-21.
- Keshmirizadeh, E., Yousefi, S., Rofouei, M.K., 2011, An Investigation on The New Operational Parameter Effective in Cr(VI) Removal Efficiency : A Study on Electrocoagulation by Alternating Pulse Current, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 190, p. 119-124.
- Merzouk, B., Gourich, B., Sekki, A., Madani, K., Chibane, M., 2009, Removal Turbidity and Separation of Heavy Metals using Electrocoagulation-Electrofotation Technique A Case Study, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 164, p. 215-222.
- Nouri, J., Mahvi, A.H., Bazrafshan, E., 2010, Application of Electrocoagulation Process in Removal of Zinc and Copper from Aqueous Solutions by Aluminum Electrodes, *International Journal of Environment*, vol. 2, p. 201-208.
- Srisuwan, G., Thongcha, P., 2002, Removal of Heavy Metal from Electroplating Wastewater by Membrane, *Membrane Sci. & Tech.*, vol. 24, p. 965-976.
- Yilmaz, A.E., Boncukcuoglu R., Kocakerim, M.M., 2007, A Quantitatif Comparison Between Electrocoagulation and Chemical Coagulation for Boron removal from Boron-Containing Solution, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 149, p. 475-481.