

RECOVERY TEMBAGA (Cu) DARI LIMBAH PENGOLAHAN/PELEBURAN EMAS MENGGUNAKAN BAK ELEKTROLISIS BERTINGKAT DAN MESIN PENGONTROL DEBIT AIR LIMBAH

Trisnawan, Shofiatul Ula

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia.
Email: trisnakiageng@gmail.com

Abstrak

Dalam makalah ini, kami akan mengkaji *recovery* (pengambilan kembali) kandungan logam tembaga yang terdapat pada limbah pengolahan dan peleburan emas dengan tujuan meminimalkan logam tembaga yang dibuang ke lingkungan, sekaligus meningkatkan nilai ekonomis dari logam tembaga tersebut. Dalam pekerjaan ini, kita akan *recovery* logam tembaga dengan rekayasa proses pengolahan limbah cair pemurnian emas dengan bak elektrolisis bertingkat dan mesin pengontrol debit air limbah. Terakhir, nilai efisiensi *recovery* logam tembaga dalam proses pengolahan limbah cair pemurnian emas telah disajikan secara lengkap dalam makalah ini.

Kata Kunci: pengolahan limbah cair, bak elektrolisis bertingkat, mesin pengontrol debit air limbah

Abstract

In this paper, we will study the recovery of copper metal content contained in waste processing and smelting of gold with the objective of minimizing the copper metal released into the environment, while enhancing the economic value of the copper metal. In this work, we will recovery of copper metal by engineering the wastewater treatment process of refining gold with electrolysis bath terraced and wastewater discharge machine controller. Finally, the value of efficiency of copper recovery in the wastewater treatment process of refining gold have been presented in detail in this paper.

Keywords: wastewater treatment, electrolysis bath-rise, the engine controller wastewater discharge

1. Pendahuluan

Dalam mencegah dan mengendalikan pencemaran akibat air limbah pemurnian emas, sebagaimana yang terjadi pada industri skala rumahan seperti yang terjadi di kabupaten Purworejo, kehadiran teknologi pengolahan limbah cair mempunyai peranan yang sangat penting. Untuk itu perlu dicari teknologi yang lebih efektif, dan efisien sehingga air limbah industri tidak mencemari lingkungan.

Saat ini di wilayah kabupaten Purworejo masih dijumpai pengrajin emas yang kesehariannya memurnikan emas rongsok dan mengolah logam emas menjadi perhiasan. Pada dasarnya kegiatan mereka akan menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat seperti perak dan tembaga. Limbah cair ini oleh para

pengrajin emas tidak diolah secara maksimal untuk mengurangi kadar logam sebelum dibuang ke badan air maupun ke tanah.

Untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup agar tetap bermanfaat bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya maka Menteri Lingkungan Hidup telah mengatur batasan kandungan logam tembaga dalam limbah cair industri yang boleh dibuang ke lingkungan sesuai dengan Baku Mutu Air Limbah [1]. Jika hal ini dibiarkan saja dan terus menerus, logam tembaga yang masih terkandung didalam limbah cair tersebut akan mencemari lingkungan. Oleh karena itu perlu adanya suatu paket rancangan proses pengolahan limbah cair pemurnian emas. Salah satu alternatif bentuk pengolahan air limbah industri kerajinan emas adalah dengan metode elektrolisis. Elektrolisis merupakan perubahan kimia atau

reaksi dekomposisi dalam suatu elektrolit oleh arus listrik. Elektrolit larut dalam pelarut polar (semisal air) dengan terdisosiasi menjadi ion-ion positif (kation-kation) dan ion-ion negatif (anion-anion). Ion negatif melalui larutan tertarik ke muatan positif pada anoda, sedang ion positif melalui larutan akan bergerak menuju muatan negatif pada katoda [2].

Umumnya industri menyukai pengolahan limbah cair yang sederhana dan tidak membutuhkan biaya operasional yang tinggi. Beberapa referensi menyebutkan proses pengolahan skala laboratorium terhadap limbah cair kandungan/unsur tembaga memanfaatkan proses elektrolisis memberikan hasil efektif, persentase removal berkisar antara 96,88-99%. Namun ternyata dalam aplikasi dilapangan proses ini memerlukan biaya operasional yang sangat mahal [3].

Pada proses elektrolisis jarak antar elektroda akan berpengaruh terhadap keberhasilan proses elektrolisis. Pada saat elektrolisis berlangsung terdapat ruang yang cukup antar elektroda untuk menampung deposit tembaga yang terbentuk. Dengan semakin lamanya proses elektrolisis menyebabkan menyempitnya ruang antar elektroda. Hal inilah yang menghambat laju proses elektrolisis [3].

Dalam proses elektrolisis, pada katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida, sedangkan pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi ion sisa asamnya dan pengendapan flok-flok yang terbentuk, karena dalam proses elektrolisis ini banyak menghasilkan gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke permukaan air. Flok-flok yang terbentuk tersebut semakin lama ukurannya semakin besar [4].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini difokuskan pada 3 tahapan: tahap penyiapan limbah cair, tahap elektrolisis dan tahap penghitungan efisiensi alat. Pada sub bab selanjutnya, akan disajikan Pembahasan secara lengkap.

2. Landasan Teori

Proses elektrolisis dapat digunakan sebagai dasar untuk merancang suatu alat yang dapat merecovery logam tembaga dalam limbah cair pemurnian emas, karena mampu mereduksi logam dengan menggunakan dua elektroda atau lebih yang dialiri arus listrik.

Salah satu alat yang menerapkan metode elektrolisis untuk merecovery logam tembaga dalam limbah cair pemurnian emas adalah bak elektrolisis bertingkat. Alat ini bekerja berdasarkan gaya gravitasi, sehingga aliran limbah dapat mengalir berdasarkan ketinggian, yaitu mengalir dari bak yang lebih tinggi ke bak yang lebih rendah. Tiap-tiap bak elektrolisis dipasang elektroda yang berbeda, dengan harapan pada elektroda katodanya diperoleh logam yang diinginkan dengan kemurnian

tinggi. Pemilihan elektroda didasarkan pada potensial elektroda.

Salah satu alat yang menerapkan metode elektrolisis untuk merecovery logam tembaga dalam limbah cair pemurnian emas adalah bak elektrolisis bertingkat. Alat ini bekerja berdasarkan gaya gravitasi, sehingga aliran limbah dapat mengalir berdasarkan ketinggian, yaitu mengalir dari bak yang lebih tinggi ke bak yang lebih rendah. Tiap-tiap bak elektrolisis dipasang elektroda yang berbeda, dengan harapan pada elektroda katodanya diperoleh logam yang diinginkan dengan kemurnian tinggi. Pemilihan elektroda didasarkan pada potensial elektroda.

Dalam bak elektrolisis bertingkat kerapatan arus listrik yang mengalir melewati elektroda karena adanya beda potensial mempengaruhi reaksi yang terjadi. Semakin tinggi beda potensialnya, semakin besar rapat arus listriknya, semakin cepat reaksi elektrolisis dalam bak elektrolisis bertingkat.

Waktu kontak sangat berpengaruh dalam proses elektrolisis. Makin lama waktu kontak maka penangkapan ion-ion pada elektroda semakin banyak sehingga kadar logam dalam limbah cair dapat diturunkan.

Jarak antara elektroda dalam proses elektrolisis berpengaruh terhadap efisiensi penurunan ion-ion yang akan ditangkap oleh elektroda. Semakin dekat jarak antara elektroda semakin cepat proses elektrolisisnya

Elektroda yang telah dialiri tegangan (beda potensial) akan menyebabkan limbah cair kerajinan emas mengalami reaksi reduksi oksidasi. Ion tembaga Cu^{2+} akan lebih mudah tereduksi pada elektroda katoda, karena potensial reduksi logam Cu lebih rendah dibanding potensial reduksi H_2O . Pada elektroda katoda akan terjadi pengikatan dan pengendapan ion-ion logam Cu^{2+} . Sehingga pada katodanya akan terlapisi logam tembaga Cu^{2+} .

Dalam sel elektrolisis terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Hubungan kuantitatif antara jumlah muatan listrik yang digunakan dan jumlah zat yang terlibat dalam reaksi telah dirumuskan oleh Faraday. Hal ini dapat terjadi karena melibatkan reaksi reduksi-oksidasi yang mengandalkan peran partikel bermuatan sebagai penghantar muatan listrik [2].

Hasil reaksi, oleh Faraday di rumuskan

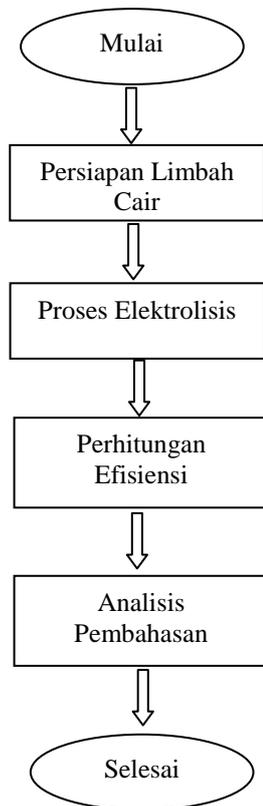
$$W = \frac{e.i.t}{96500} \quad (1)$$

Dengan W , e , i , dan t masing-masing menyatakan jumlah gram zat dalam reaksi, bobot ekuivalen zat, jumlah arus listrik yang digunakan, dalam ampere dan waktu elektrolisis yang dinyatakan dalam satuan detik [5-8].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Lingkungan Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya. Sampel penelitian diambil dari limbah cair pemurnian emas UD. Sardjono, yang mengandung logam tembaga.

Metode penelitian ini dibagi menjadi 3 tahapan: tahap penyiapan limbah cair, tahap elektrolisis dan tahap penghitungan efisiensi alat, secara lengkap dapat dilihat pada **Gambar 1**. Prinsip kerja bak elektrolisis bertingkat yaitu mengalirkan arus listrik searah pada elektroda yang dicelupkan dalam bak elektrolisis yang tersusun bertingkat. Mesin pengatur debit difungsikan untuk mengalirkan air limbah ke bak penampungan awal. Pada tahap penyiapan limbah cair, limbah cair pemurnian emas diletakkan di bak penampung awal yang berada lebih tinggi dari bak elektrolisis. Pada tahap elektrolisis elektroda dicelupkan dalam limbah cair dan diberikan arus listrik searah. Pada tahap akhir, dilakukan pengujian terhadap kadar tembaga dalam limbah cair.



Gambar 1: Alur Metode Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini limbah cair yang telah disiapkan, dialirkan menuju bak penampungan awal melalui mesin pengatur debit air limbah. Pada bak penampungan awal dialirkan ke bak elektrolisis bertingkat. Arus listrik mengalir menuju katode dan anode bak elektrolisis. dalam waktu bersamaan ion tembaga mengalir menuju

kutub negatif/katode dan menempel pada elektroda tembaga. Dengan kerapatan ion tembaga yang tinggi dalam limbah cair menyebabkan ion semakin semakin tidak leluasa dalam pergerakannya yang pada akhirnya akan menghambat laju kecepatan recovery logam tembaga pada elektroda katodenya.

Penelitian ini menjadikan konsentrasi tembaga sebagai variabel tetap dan waktu tinggal/lama elektrolisis sebagai variabel bebas. Data yang didapatkan dari hasil pengamatan dan perhitungan selama proses elektrolisis berlangsung disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1: Data Flooding

No	Flooding	Tinggi (Cm)	Volume (ml)
1	Flooding bak equalisasi	3	500
2	Flooding bak elektrolisis I	2,5	325
3	Flooding bak elektrolisis II	2.5	325

Bahan bak elektrolisis I, II terbuat dari bahan plastik *microwave* tahan panas sampai suhu 140°C (dalam *oven microwave*). Pengukuran waktu tinggal dalam bak elektrolisis dapat dijelaskan pada **Tabel 2**.

Tabel 2: Waktu tinggal elektrolisis

No	Bak Elektrolisis I (menit)	Bak Elektrolisis II (menit)	Total Tinggal (menit)	Debit aliran limbah
1	10	10	20	32,5 mL/ menit
2	15	15	30	21,67mL/ menit
3	20	20	40	16,25mL/ menit
4	25	25	50	13 mL/ menit

Hasil analisis laboratorium terhadap limbah cair pemurnian emas ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3: Hasil Analisis Laboratorium terhadap limbah cair pemurnian emas.

No	Perlakuan	Kadar Tembaga (ppm)	
		BE bertingkat	BE tunggal
1	Sebelum elektrolisis	564	564
2	Elektrolisis 20 menit	430	372
3	Elektrolisis 30 menit	320	350
4	Elektrolisis 40 menit	192	265
5	Elektrolisis 50 menit	118	242

Tingkat efisiensi penurunan kadar tembaga dalam proses elektrolisis dinyatakan dengan nilai sebelum dan sesudah proses elektrolisis. Perhitungan efisiensi penurunan kadar logam tembaga diadaptasikan dari penelitian Hindarti [9], sebagaimana berikut ini:

$$Efisiensi (\%) = \frac{S_o - S_i}{S_o} \times 100\% \quad (2)$$

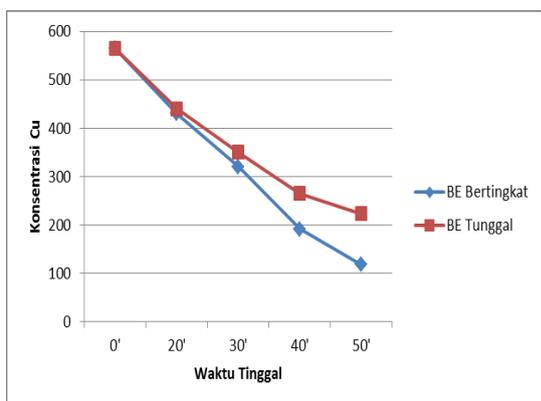
Dimana, S_o adalah Kadar logam tembaga sebelum perlakuan dan S_i adalah Kadar logam tembaga sesudah perlakuan.

Dengan menggunakan rumus efisiensi penurunan kadar tembaga dalam limbah cair tersebut diperoleh penurunan kadar tembaga setelah mengalami elektrolisis seperti yang ditunjukkan oleh **Tabel 4**.

Tabel 4: Efisiensi penurunan kadar tembaga setelah mengalami elektrolisis.

No	Perlakuan	Efisiensi (%)	
		BE bertingkat	BE tunggal
1	Sebelum elektrolisis	0	0
2	Elektrolisis 20 menit	23.75	21.98
3	Elektrolisis 30 menit	43.26	37.94
4	Elektrolisis 40 menit	65.95	53.01
5	Elektrolisis 50 menit	79.07	60.46

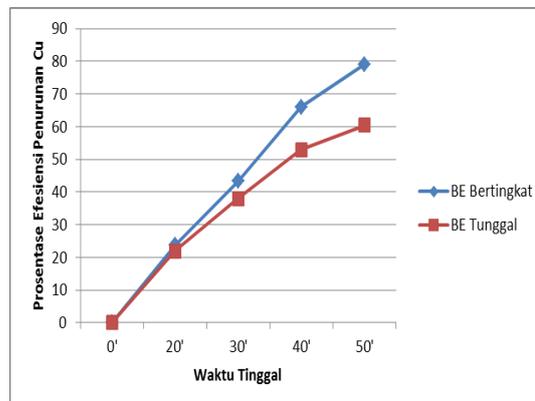
Konsentrasi logam tembaga dalam limbah cair mengalami perubahan yang cukup signifikan dengan menggunakan bak elektrolisis bertingkat dibandingkan hanya menggunakan bak elektrolisis tunggal (sebagai control). Terlihat pada **Gambar 2**, dimana terdapat selisih sebesar 10 ppm untuk waktu tinggal 20 menit, sebesar 30 ppm untuk waktu tinggal 30 menit, sebesar 73 ppm dengan waktu tinggal 40 menit dan sebesar 105 ppm dengan waktu tinggal 50 menit.



Gambar 2: Grafik penurunan kadar tembaga setelah mengalami elektrolisis

Efisiensi penurunan logam tembaga juga terlihat perbedaan yang signifikan antara penggunaan bak elektrolisis bertingkat dengan bak elektrolisis tunggal. Terlihat pada **Gambar 2**, terdapat selisih efisiensi

sebesar 1,77 % untuk waktu tinggal 20 menit, 5,31 % untuk waktu tinggal 30 menit, 12,9 % untuk waktu tinggal 40 menit dan 18,61% untuk waktu tinggal 50 menit.



Gambar 2: Grafik efisiensi kadar tembaga setelah mengalami elektrolisis

Hasil analisis setelah melalui proses elektrolisis menggunakan bak elektrolisis bertingkat dengan variasi waktu tinggal 20 menit, 30 menit, 40 menit, dan 50 menit memberikan perubahan yang signifikan dibandingkan dengan menggunakan elektrolisis bak tunggal. Pada proses elektrolisis ini terbentuk endapan tembaga di elektroda katode yang pada akhirnya bisa diambil untuk direcovery untuk pemanfaatan campuran pembuatan perhiasan emas kembali

5. Kesimpulan

Proses *recovery* tembaga dari limbah pengolahan/peleburan emas menggunakan bak elektrolisis bertingkat dan mesin pengontrol debit air limbah dapat mengurangi konsentrasi tembaga dalam air limbah

Elektrolisis menggunakan bak elektrolisis bertingkat dengan variasi waktu tinggal 20 menit, 30 menit, 40 menit, dan 50 menit memberikan perubahan yang signifikan dibandingkan dengan menggunakan elektrolisis bak tunggal. Pada proses elektrolisis ini terbentuk endapan tembaga di elektroda katode yang pada akhirnya bisa diambil untuk direcovery untuk pemanfaatan campuran pembuatan perhiasan emas kembali.

Efisiensi penurunan logam tembaga terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan bak elektrolisis bertingkat dengan bak elektrolisis tunggal. Terlihat pada grafik 2, terdapat selisih efisiensi sebesar 1,77 % untuk waktu tinggal 20 menit, 5,31 % untuk waktu tinggal 30 menit, 12,9 % untuk waktu tinggal 40 menit dan 18,61% untuk waktu tinggal 50 menit.

Daftar Pustaka

1. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 5 Thn 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta 2014.
2. S. Y. L. Isana, *Perilaku sel elektrolisis air dengan elektroda stainless steel*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, Yogyakarta 30 Oktober 2010, 1-9. ISBN: 978-97-98117-7-6
3. H. B. Cahyono dan N. M. Ariani., Reduksi tembaga dalam limbah cair proses *etching Printing Circuit Board* (PCB) dengan proses elektrokimia, *Journal of Industrial Research*, 8 (2), 101-121, 2014.
4. Yohanes, *Pengaruh Waktu Kontak Proses Pertukaran Ion Resin Amberlite Terhadap Penurunan Kandungan Tembaga Dan Likel Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Kotagede*. Yogyakarta: STTL (2005).
5. D. Halliday, J. Walker dan R. Resnick. *Fundamentals of Physics*, New York: John Wiley & Sons (2010).
6. D. C. Giancoli., *Physics for scientists and engineers*. Vol. 3. Upper Saddle River, NJ: Prentice hall (2000).
7. J. D. Jackson, *Classical electrodynamics*. New York: Wiley (1999).
8. C. M. Ryu, Spin Motive Force dan Faraday Law for Electrons in Mesoscopic Rings, *Physical Review Letters*, 76 (6), 968-970, 1996.
9. F. Hindarti, *Pengolahan Limbah Cair Proses Etching (Limbah Cair Pelarutan Tembaga dalam Proses Pembuatan Papan Rangkaian Tercetak) dengan Metode Elektrolisis*. Magister Tesis, Gadjah Mada University, Yogyakarta (2007).