

## Studi Efektifitas pada Penurunan Kadmium (Cd) terhadap Seng (Zn) dan Tembaga (Cu) dengan Metode Elektrolisis

Cegara Arung D.<sup>1</sup>, Erwin Akkas<sup>2</sup>, dan Rahmat Gunawan<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Riset Program Studi Kimia FMIPA Universitas Mulawarman

<sup>2</sup>Program Studi Kimia FMIPA Universitas Mulawarman

\*Email: gunawan@fmipa.unmul.ac.id

**Abstrak** Telah dilakukan studi efektifitas pada penurunan kadmium (Cd) terhadap seng (Zn) dan tembaga (Cu) dengan metode elektrolisis. Hasil penelitian yang ditunjukkan elektrolisis kadmium (Cd) pada variasi jarak dengan selisih 0,5 cm menyatakan bahwa jarak 1 cm merupakan variabel terbaik pada penelitian ini dengan efektifitas reduksi terhadap kadar logam berat kadmium (Cd) sebesar 0,358 mg/L. Pada perlakuan selanjutnya digunakan penambahan fungsi variasi pengadukan dengan selisih kecepatan sebesar 200 rpm, hingga didapatkan bahwa kecepatan pengadukan 100 rpm merupakan variabel terbaik untuk elektrolisis ini yang mana mampu mereduksi kadar logam berat kadmium (Cd) sebesar 1,185 mg/L. Selanjutnya pada perlakuan variasi terhadap elektrolisis kadmium (Cd) digunakan variabel besar potensial tegangan listrik dengan selisih 1,5 V yang pada tegangan 9 V menjadi variasi terbaik dengan kadar penyisihan terhadap kadar logam berat kadmium (Cd) sebesar 2,325 mg/L dimana setiap selisih perbedaan tegangan (V) rata-rata mampu menyisihkan kadmium (Cd) sebesar 0,451 mg/L. Kemudian dilakukan perbandingan hasil dengan menambahkan logam seng (Zn) dan tembaga (Cu) terhadap variasi optimal berdasar perlakuan sebelumnya dengan hasil penyisihan sebesar 1,276 mg/L. Dapat disimpulkan bahwa dengan adanya logam seng (Zn) dan tembaga (Cu) pada elektrolisis kadmium (Cd) dapat menurunkan sebesar 54,881% dari efektifitasnya.

**Kata-kata kunci** *elektrolisis, kadmium (Cd), seng (Zn), tembaga (Cu).*

### Pendahuluan

Buangan industri kimia merupakan limbah yang diduga mengandung senyawa yang mempunyai daya racun tinggi. Akumulasi buangan industri baik yang tergolong bahan berbahaya dan beracun atau B3 maupun non B3 akan terkumpul di badan air, dan ada kemungkinan senyawa-senyawa tersebut bereaksi membentuk senyawa baru yang bersifat lebih toksik. Ada pula yang berupa logam-logam berat yang sangat berbahaya, salah satunya adalah logam kadmium [1].

Bagi manusia logam kadmium sebenarnya merupakan logam asing dan tubuh sama sekali tidak membutuhkannya dalam proses metabolisme karena logam tersebut tidak larut dalam asam organik, bahkan dalam kadar yang sangat kecil kadmium dapat menyebabkan keracunan bagi makhluk hidup.

Berbagai pengolahan telah banyak dikembangkan untuk menurunkan kadar limbah antara lain seperti absorpsi, flotasi, filtrasi, flokulasi-koagulasi dan elektrolisis. Elektrolisis merupakan suatu peristiwa dimana suatu larutan akan diuraikan menjadi ion-ionnya, yaitu ion positif (kation) dan ion negatif (anion) ketika arus listrik searah

dialirkan ke dalam larutan elektrolit melalui elektroda. Pada peristiwa ini kation akan mengalami reduksi karena menangkap elektron, sedangkan anion akan mengalami oksidasi karena melepaskan elektron. Maka peristiwa reduksi terjadi di katoda dan oksidasi terjadi di anoda, dan kation akan menuju katoda sedangkan anion akan menuju anoda [2].

Adapun kelebihan dari metode elektrolisis ini antara lain bisa mereduksi kadar ion-ion logam berat dengan lebih ekonomis, beresiko rendah, mudah dalam penggunaannya dan efisiensi penurunan kadar logam sangat tinggi karena alat ini tidak dipengaruhi oleh temperatur, tidak menggunakan bahan kimia tambahan dan daya listrik yang digunakan cukup kecil. Adapun kekurangan dari alat ini yaitu terlalu kecilnya jarak antar elektroda yang mengakibatkan terjadinya hubungan pendek apabila konsentrasi limbah yang terlalu tinggi.

### Metodologi

#### Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang secara eksperimen dengan melihat penurunan kadar

pencemar logam berat berupa ion kadmium (Cd) yang terkandung dalam limbah artifisial kadmium (Cd) terhadap seng (Zn) dan tembaga (Cu) melalui *Metode Elektrolisis* menggunakan variasi jarak antar elektrodanya, kecepatan pengadukan, besar potensial tegangan listrik dengan elektroda yang dialiri arus listrik searah (DC) hingga didapatkan kondisi optimum pada perlakuan terhadap limbah artifisial kadmium (Cd), seng (Zn) dan tembaga (Cu) untuk dilihat pengaruh terhadap efektifitasnya. Setelah itu larutan hasil dari proses elektrolisis disaring untuk kemudian dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

#### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spatula, neraca analitik, labu takar 1000, 250, 100 mL, botol reagen, pipet tetes, pipet mikro, gelas kimia 250 mL, penjepit tabung, kabel, adaptor AC-DC sebagai sumber arus listrik, elektroda aluminium (Al) ukuran 15 cm x 3 cm dengan ketebalan 2 mm, voltmeter, amperemeter, stopwatch, seperangkat instrumen *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Reagen  $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , aluminium foil, aquadest, karet penghapus, karet gelang, kertas saring, pot salep, kertas label dan tisu.

#### Persiapan Alat



Gambar 1. Rangkaian Alat Elektrolisis

#### Cara Kerja

##### 1. Pengaruh Jarak Elektroda Aluminium (Al) pada Proses Elektrolisis Kadmium (Cd)

Penelitian diawali dengan memasang elektroda yang selisih jaraknya telah ditentukan sesuai variasi yaitu 1 cm, 1,5 cm, 2 cm dan 2,5 cm, kemudian dengan jarak awal 1 cm elektroda dirangkai bersama alat elektrolisis *batch* seperti pada gambar 1.

Selanjutnya adaptor AC-DC yang menjadi sumber daya pada rangkaian tersebut diatur dengan besar potensial tegangan listrik 6 V dan kuat arus 1 A. Barulah pada tahap ini larutan standar kadmium (Cd) 3,083 mg/L yang dianggap sebagai sampel dimasukkan untuk kemudian dielektrolisis dengan waktu 15 menit. Setelah itu elektroda diangkat dan larutan sampel disaring untuk kemudian dianalisa menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Begitupun seterusnya untuk perlakuan dengan selisih jarak elektroda 1,5 cm, 2 cm dan 2,5 cm.

##### 2. Pengaruh Laju Pengadukan pada Proses Elektrolisis Kadmium (Cd)

Penelitian diawali dengan memasang elektroda yang selisih jarak terbaiknya telah didapatkan sesuai dengan perlakuan sebelumnya yaitu 1cm, kemudian dengan jarak tersebut elektroda dirangkai bersama alat elektrolisis *batch* seperti pada gambar 1. Selanjutnya adaptor AC-DC yang menjadi sumber daya pada rangkaian tersebut diatur dengan besar potensial tegangan listrik 6 V dan kuat arus 1 A. Barulah pada tahap ini larutan standar kadmium (Cd) 4,361 mg/L yang dianggap sebagai sampel dimasukkan untuk kemudian dielektrolisis dengan waktu 15 menit yang dibagi menjadi 3 bagian. Pada waktu 5 menit pertama elektrolisis diawali tanpa adanya pengadukan, kemudian untuk waktu 5 menit kedua elektrolisis disertai dengan pengadukan sebesar 700 rpm dan untuk waktu 5 menit terakhir pengadukan dihentikan. Setelah itu elektroda diangkat dan larutan sampel disaring untuk kemudian dianalisa menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Begitupun seterusnya untuk perlakuan dengan variasi pengadukan 500 rpm, 300 rpm dan 100 rpm.

##### 3. Pengaruh Besar Potensial Tegangan Listrik pada Proses Elektrolisis Kadmium (Cd)

Penelitian diawali dengan memasang elektroda yang selisih jaraknya terbaiknya telah didapatkan sesuai dengan perlakuan sebelumnya yaitu 1 cm, juga kemudian dengan jarak tersebut elektroda dirangkai bersama alat elektrolisis *batch* seperti pada gambar 1. Selanjutnya adaptor AC-DC yang menjadi sumber daya pada rangkaian tersebut diatur dengan besar potensial tegangan listrik 4,5 V dan kuat arus 1 A. Barulah pada tahap ini larutan standar kadmium (Cd) 5,737 mg/L yang dianggap sebagai sampel dimasukkan untuk kemudian

dielektrolisis dengan waktu 15 menit yang dibagi menjadi 3 bagian.

Pada waktu 5 menit pertama elektrolisis diawali tanpa adanya pengadukan, kemudian untuk waktu 5 menit kedua elektrolisis disertai dengan pengadukan sebesar 100 rpm dan untuk waktu 5 menit terakhir pengadukan dihentikan. Setelah itu elektroda diangkat dan larutan sampel disaring untuk kemudian dianalisa menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Begitupun seterusnya untuk perlakuan dengan variasi besar potensial tegangan listrik 6 V, 7,5 V dan 9 V.

#### 4. Pengaruh Seng (Zn) dan Tembaga (Cu) pada Proses Elektrolisis Kadmium (Cd)

Penelitian diawali dengan memasang elektroda yang selisih jarak terbaiknya telah didapatkan sesuai dengan perlakuan sebelumnya yaitu 1cm, juga kemudian dengan jarak tersebut elektroda dirangkai bersama alat elektrolisis *batch* seperti pada gambar 1. Selanjutnya adaptor AC-DC yang menjadi sumber daya pada rangkaian tersebut diatur dengan besar potensial tegangan listrik 9 V dan kuat arus 1 A. Barulah pada tahap ini larutan standar berkonsentrasi kadmium (Cd) 6,005 mg/L, seng (Zn) 3,594 mg/L dan tembaga (Cu) 2,019 mg/L yang dianggap sebagai sampel dimasukkan untuk kemudian dielektrolisis dengan waktu 15 menit yang dibagi menjadi 3 bagian.

Pada waktu 5 menit pertama elektrolisis diawali tanpa adanya pengadukan, kemudian untuk waktu 5 menit kedua elektrolisis disertai dengan pengadukan sebesar 100 rpm dan untuk waktu 5 menit terakhir pengadukan dihentikan. Setelah itu elektroda diangkat dan larutan sampel disaring untuk kemudian dianalisa menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

### Hasil dan Pembahasan

#### 1. Pengaruh Jarak Elektroda

Tabel 1. Pengaruh jarak elektroda

No.	Sampel (mL)	Voltase (V)	Waktu (menit)	Jarak elektroda (cm)	Hasil (kadar penyisihan)
1	250	6	15	1	0,358 mg/L
2	250	6	15	1,5	0,209 mg/L
3	250	6	15	2	0,111 mg/L
4	250	6	15	2,5	0,145 mg/L

Hasil Pengaruh jarak elektroda dapat dilihat pada Tabel 1. Penurunan kadar kadmium (Cd) tertinggi terjadi pada jarak 1 cm antar elektrodanya. Dalam literatur menyebutkan bahwa perbedaan jarak antar elektroda sangat berpengaruh pada saat ion-ion logam terikat membentuk endapan pada dasar bejana dan katoda, semakin kecil jarak yang diberikan pada elektroda maka akan semakin baik pula terhadap penurunan kadar konsentrasi logam berat pada sampelnya. Seperti yang terjadi pada penelitian ini, dimana katoda dengan jarak elektroda terkecil yaitu 1cm memiliki daya reduksi terbesar. Hal ini diakibatkan karena adanya pengaruh arus listrik yang semakin besar membentuk medan magnet dan akan lebih kuat menarik flok-flok yang telah berikatan dengan logam berat jika jarak diantara kedua elektrodanya semakin kecil. Dengan begitu dapat diambil kesimpulan bahwa jarak terbaik untuk perlakuan elektrolisis dengan variabel besar potensial tegangan listrik 6 V, kuat arus 1 A, pengadukan 0 rpm dan volume sampel 250 mL ialah pada jarak 1 cm.

#### 2. Pengaruh Laju Pengadukan

Tabel 2. Pengaruh laju pengadukan

No	Sampel (mL)	Jarak elektroda (cm)	Pengadukan (rpm)	Hasil (kadar penyisihan)
1	250	Optimal	700	0,419 mg/L
2	250	Optimal	500	0,806 mg/L
3	250	Optimal	300	0,501 mg/L
4	250	Optimal	100	1,185 mg/L

Dalam literatur menyebutkan bahwa semakin cepat pengadukan pada saat elektrolisis maka akan semakin baik pula terhadap penurunan kadar konsentrasi logam berat pada larutan sampelnya, namun pada penelitian kali ini yang terjadi adalah pengadukan dengan tingkat kecepatan terkecil yaitu 100 rpm dapat lebih memberikan hasil terbaik. Hal ini diakibatkan karena pengadukan dengan kecepatan tinggi hingga mencapai 700 rpm pada ukuran bejana dengan sampel sebanyak 250 mL cenderung berlebihan hingga dapat mengakibatkan flok logam berat yang telah terikat dan menempel pada katoda dapat bebas kembali ke dalam larutan.

Dengan begitu dapat diambil kesimpulan bahwa laju pengadukan terbaik untuk perlakuan elektrolisis dengan variabel besar potensial tegangan listrik 6 V, kuat arus 1 A, jarak antar elektroda 1 cm dan volume sampel 250 mL ialah sebesar 100 rpm. Dapat disimpulkan juga bahwa penggunaan perlakuan pengadukan memberikan dampak positif terhadap penurunan kadar logam berat pada proses elektrolisis dibandingkan elektrolisis yang tanpa menggunakan perlakuan pengadukan.

### 3. Pengaruh Besar Potensial Tegangan Listrik

Tabel 3. Pengaruh beda potensial tegangan listrik

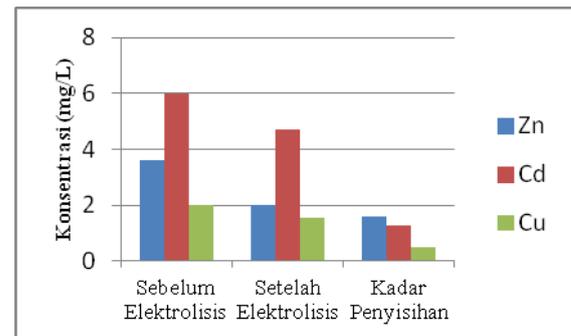
No	Tegangan (V)	Jarak elektroda (cm)	Pengadukan (rpm)	Hasil (kadar penyisihan)
1	4,5	Optimal	Optimal	0,971 mg/L
2	6	Optimal	Optimal	1,175 mg/L
3	7,5	Optimal	Optimal	1,66 mg/L
4	9	Optimal	Optimal	2,325 mg/L

Penurunan kadar kadmium (Cd) tertinggi terjadi pada tegangan 9 V. Dalam literatur menyebutkan bahwa semakin tinggi besar potensial tegangan listrik pada proses elektrolisis maka akan semakin baik pula terhadap penurunan kadar konsentrasi logam berat pada sampelnya. Seperti halnya yang terjadi pada penelitian ini, dimana katoda dengan besar potensial tegangan listrik terbesar yaitu 9 V memiliki warna flok lebih pekat jika dibanding dengan katoda yang lain dengan besar potensial tegangan listrik lebih kecil saat elektrolisis.

Hal ini diakibatkan karena adanya pengaruh tegangan listrik yang memiliki daya semakin besar untuk melepaskan ion  $Al^{3+}$  dari anoda (oksidasi) yang kemudian akan berikatan dengan  $OH^-$  yang bersal dari proses reduksi katoda terhadap air dan membentuk  $Al(OH)_3$  yang kemudian mengikat logam kadmium (Cd) hingga mengendap pada dasar bejana dan ion kadmium (Cd) lain bergerak menuju katoda untuk menempel (tereduksi), sehingga kadar ion logam berat kadmium (Cd) pada larutan sampel dapat lebih berkurang. Dengan begitu dapat diambil kesimpulan bahwa besar potensial tegangan listrik terbaik untuk perlakuan elektrolisis dengan variabel kuat arus 1 A, pengadukan 100 rpm, jarak

elektroda 1cm dan volume sampel 250 mL ialah 9 V. Dapat disimpulkan juga bahwa penurunan kadar rata-rata disetiap selisih besar potensial tegangan listrik 1,5 V pada proses elektrolisis di penelitian ini ialah sebesar 0,451 mg/L.

### 4. Pengaruh Seng (Zn) dan Tembaga (Cu)



Gambar 2. Grafik pengaruh Seng (Zn) dan Tembaga (Cu).

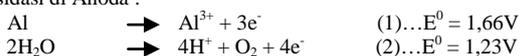
Penurunan kadar kadmium pada proses elektrolisis ini mengalami penurunan jika dibandingkan dengan perlakuan sebelumnya (Pengaruh Besar Potensial Tegangan Listrik), dengan variabel tegangan/voltase yang sama yaitu 9 V. Dimana pada perlakuan tersebut elektrolisis kadmium (Cd) tanpa adanya seng (Zn) dan tembaga (Cu) mampu mengurangi konsentrasi kadmium (Cd) yang awalnya sebesar 5,737 mg/L menjadi 3,412 mg/L dengan selisih konsentrasi sebesar 2,325 mg/L. Sedangkan pada perlakuan ini yang dimana pada saat proses elektrolisis tidak hanya menggunakan larutan sampel berupa kadmium (Cd) saja, melainkan juga dengan penambahan seng (Zn) dan tembaga (Cu) didapatkan kadar penyisihan sebesar 1,276 mg/L untuk kadmium (Cd) (6,005 mg/L - 4,729 mg/L). Juga untuk kedua logam yang lain didapatkan kadar penyisihan sebesar 1,591 mg/L untuk seng (Zn) (3,594 mg/L - 2,003 mg/L) dan pada tembaga (Cu) kadar penyisihannya sebesar 0,473 mg/L (2,019 mg/L - 1,546 mg/L).

Disimpulkan bahwa pada penelitian ini dengan menggunakan variabel tetap berupa besar potensial tegangan listrik 9 V, kuat arus 1 A, waktu elektrolisis 15 menit, laju pengadukan 100 rpm, volume sampel 250 mL, elektroda aluminium dengan jarak 1 cm, elektrolisis pada kadmium (Cd) mampu menurunkan kadar ion kadmium (Cd) yang ada pada larutan sampelnya sebesar 2,325 mg/L. Sehingga berdasar hasil analisa dari

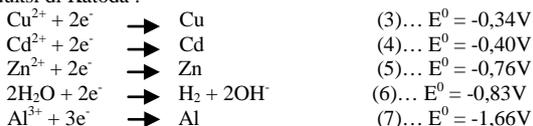
penelitian ini dapat dikatakan bahwa efektifitas metode elektrolisis pada kadmium (Cd) akan menurun apabila terdapat juga seng (Zn) dan tembaga (Cu) di dalam sistemnya sebesar 54,881% pada penelitian ini.

### Reaksi

Oksidasi di Anoda :

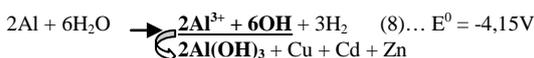
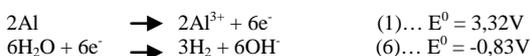
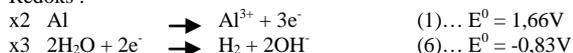


Reduksi di Katoda :



Pembentukan Al(OH)<sub>3</sub> yang Mengkoagulasi Logam Berat

Redoks :



[3] [4] [5] [6].

### Kesimpulan

Penurunan kadar kadmium (Cd) tertinggi terjadi pada jarak 1 cm antar elektrodanya, sehingga jarak efektif untuk elektrolisis kadmium (Cd) pada penelitian ini ialah 1 cm.

Penurunan kadar kadmium (Cd) tertinggi terjadi pada kecepatan pengadukan 100 rpm, sehingga kecepatan pengadukan efektif untuk elektrolisis kadmium (Cd) pada penelitian ini ialah 100 rpm.

Penurunan kadar kadmium (Cd) tertinggi terjadi pada tegangan 9V, sehingga besar potensial tegangan listrik untuk elektrolisis kadmium (Cd) pada penelitian ini ialah 9V. Disimpulkan pula bahwa setiap selisih 1,5V selama elektrolisis ini dapat menyisihkan logam berat kadmium (Cd) rata-rata sebesar 0,451 mg/L.

Penurunan kadar kadmium (Cd) menurun dengan adanya penambahan logam berat lain seng (Zn) dan tembaga (Cu) sebesar 54,881%

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Rahmat Gunawan, M.Si dan Dr. Erwin Akkas, M.Si selaku pembimbing. Selanjutnya, penulis berterima kasih pada Laboratorium Riset dan Organik FMIPA Unmul atas fasilitas yang diberikan untuk melakukan penelitian ilmiah ini. Demikian

pula, penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu.

### Referensi

- [1] Prayitno. 2007. *Pemisahan Kadmium Dalam Limbah Cair Industri Percetakan Dengan Sistem Elektromagnetik Plating*. Prosiding PPI - PDIPTN Pustek Akselerator dan Proses Bahan – BATAN
- [2] Baker, A.J.M., S.P., McGrath, S.P., R.D. Reeves, J.A.C. Smith. 2000. *Metal Hyperaccumulator Plants : A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-pollute soils in phytoremediation of contaminated soil and water*, N. Terry and G. Banuelos (Eds) Lewis Publisher, Boca Raton, FL, USA.
- [3] Riyanto. 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [4] Sunardi. 2007. *Pengaruh Tegangan Listrik dan Kecepatan Alir Terhadap Hasil Pengolahan Limbah Cair Yang Mengandung Logam Pb, Cd dan TSS Menggunakan Alat Elektrokoagulasi*. Yogyakarta: Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 21-22 November 2007.
- [5] Sutanto, W.D. dan Hidjan. 2011. *Penurunan Kadar Logam Berat dan Kekeruhan Air Limbah Menggunakan Proses Elektrokoagulasi*. Jakarta: Jurnal Ilmiah Elite Elektro Vol. 2, No. 1, Maret 2011: 1-6.
- [6] Wiharti, Riyanto dan Fitri, N. 2014. *Aplikasi Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Platina (Pt), Tembaga (Cu) dan Karbon (C) untuk Penurunan Kadar Cr dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit di Desa Sitimulto, Piyungan, Bantul, Yogyakarta*. Yogyakarta: Jurusan Ilmu Kimia, FMIPA, Universitas Islam Indonesia