

STUDI PENURUNAN KADAR ION-ION LOGAM (Cr^{3+} , Cu^{2+} , DAN Pb^{2+}) DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN ELEKTRODA ALUMINIUM DAN KARBON

AHMAD KOHARRUDDIN¹, VINA AMALIA^{1*}, DAN TETY SUDIARTI¹

¹Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Jl. A.H. Nasution No. 105, Cipadung, Bandung 40614

*alamat email korespondensi: vinaamalia@uinsgd.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
Riwayat Naskah : Diterima pada 27 Mei 2019 Diterima setelah direvisi pada 4 Juli 2019 Diterbitkan pada 5 Juli 2019	Elektrokoagulasi pada prinsipnya berdasarkan pada proses sel elektrolisis. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari penurunan kadar ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) sebelum dan sesudah elektrokoagulasi, serta untuk mengetahui dan mempelajari penurunan kadar ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) terhadap variasi waktu pada setiap jenis elektroda aluminium dan karbon. Metode pada penelitian ini, 100 mL limbah logam buatan ditambah 10 mL larutan NaCl 1% dielektrokoagulasi dengan menggunakan dua jenis elektroda aluminium dan karbon dengan jarak antar elektroda 3 cm dan dialiri arus listrik searah (DC) sebesar 2 ampere, setiap penggunaan jenis elektroda menggunakan variasi waktu 0, 15, 45, 60, 90 menit. Larutan dari setiap waktu disaring dan dianalisis kadar logamnya menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Penurunan kadar dari ketiga ion logam yang sangat baik, yaitu pada penggunaan elektroda aluminium dengan penurunan ion logam Cr^{3+} 99,85%; Cu^{2+} 98,76%; dan Pb^{2+} 99,85% pada waktu 90 menit. Hal tersebut disebabkan tereduksinya sebagian besar ion-ion logam membentuk logamnya, serta terbentuknya $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang bereaksi lebih lanjut membentuk ion $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ yang akan mengikat sebagian kecil ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}). Penurunan kadar ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) pada penggunaan elektroda karbon, selain tereduksinya sebagian besar ion-ion logam membentuk logamnya, terbentuk pula ion OH^- di anoda yang akan bereaksi dengan ion-ion logam membentuk hidroksi logamnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada elektroda aluminium dan karbon semakin lama waktu saat elektrokoagulasi semakin banyak pula penurunan ion-ion logam. Hal tersebut terbukti pada interval waktu 30 menit (15-45 menit dan 60-90 menit), mengalami penurunan hampir dua kali lipat dari interval waktu 15 menit (0-15 menit dan 45-60 menit).
Kata Kunci: elektrokoagulasi; elektroda aluminium; elektroda karbon; elektrolisis	
Keywords: electrocoagulation; aluminum electrode; carbon electrode, electrolysis	<i>Electrocoagulation based on electrolysis cell process. This study was conducted to know the decreasing of metal ion level (Cr^{3+}, Cu^{2+}, and Pb^{2+}), before and after electrocoagulation, and to know the decreasing of metal ion level towards times variation on any type of aluminum and carbon electrode. The method that is used with the addition of 100 mL artificial metal wastes into 10 mL NaCl 1% solution, and then was done electrocoagulation with two type of electrode such as aluminum and carbon with the radii 3 cm. The electricity was 2 A. The variation of time that used for each electrode are 0,15,45,60, and 90 minutes. Solutions of each variation time were filtered and analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Decreased levels of third metal ions are better, that is, at using aluminum electrodes with decline metal ion Cr^{3+} 99,85%; Cu^{2+} 98,76%; and Pb^{2+} 99,85% at time 90 minutes. This is due to the reduction of the most metal ions forming the metal, and then formed again $\text{Al}(\text{OH})_3$ which reacts further forming $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ions which will bind a small portion of the metal ions (Cr^{3+}, Cu^{2+}, and Pb^{2+}). Decreasing levels of metal ions (Cr^{3+}, Cu^{2+}, and Pb^{2+}) on the use of the carbon electrodes, except reduction most of metal ions forming the metals, OH^- ions are formed at the anode which react with metal ions to form the metal hydroxy. The results showed that the aluminum and carbon electrodes the longer the time when electrocoagulation also decreases the metal ions. This was evident at 30 minutes intervals (15-45 minutes and 60-90 minutes), which almost doubled from the 15 minutes interval (0-15 minutes and 45-60 minutes).</i>

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu komponen alam yang sangat melimpah di bumi, air juga memiliki peran penting dalam kehidupan terutama bagi

mahluk hidup [1]. Air yang tercemar oleh berbagai polutan, terutama logam berat seperti Cr, Cu, dan Pb yang melebihi ambang batas, dapat berdampak buruk bagi ekosistem mahluk hidup [2]. Logam berat dalam limbah biasanya berada

dalam berbagai macam kondisi, seperti tidak terlarut, terlarut, teroksidasi, tereduksi, logam bebas, terpresipitasi, terserap dan dalam bentuk kompleks. Logam-logam berat tersebut merupakan unsur yang dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah yang sangat kecil sehingga jika kelebihan maka akan menyebabkan keracunan pada makhluk hidup tersebut [3]. Berbagai metode untuk penanganan masalah pencemaran air telah dikembangkan seiring dengan meningkatnya pengetahuan terhadap pemecahan masalah ini, salah satu diantaranya yakni metode elektrokoagulasi.

Proses elektrokoagulasi pada prinsipnya berdasarkan pada proses sel elektrolisis. Sel elektrolisis merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi listrik DC untuk menghasilkan reaksi elektrokimia. Setiap sel elektrolisis mempunyai dua elektroda, katoda dan anoda [4]. Selain itu, elektrokoagulasi merupakan proses pengolahan limbah yang sederhana dan mudah diterapkan, dengan kemampuan yang baik dalam menyisihkan dan menggumpalkan berbagai pengotor dan polutan, baik bahan organik maupun anorganik [5].

Penggunaan metode elektrokoagulasi sudah sejak lama digunakan dalam penanganan limbah cair, karena proses yang efisien, murah, dan mudah. Penelitian-penelitian dengan proses elektrokoagulasi umumnya hanya menggunakan elektroda *non inert*. Salah satu elektroda *non inert* adalah logam aluminium (plat aluminium), selain karena harga yang murah dan mudah didapat, penggunaan elektroda aluminium juga mampu membentuk koagulan yang sangat baik dalam mengikat polutan-polutan dalam air [4]. Penelitian ini tidak hanya menggunakan elektroda *non inert* (aluminium) saja, akan tetapi menggunakan juga elektroda yang bersifat *inert*, yakni elektroda karbon. Penggunaan elektroda *inert* (karbon) bertujuan untuk membandingkan hasil dari proses elektrokoagulasi yang menggunakan elektroda *non inert* (aluminium). Pemilihan karbon dijadikan sebagai elektroda *inert*, dikarenakan karbon memiliki harga yang relatif murah dan mudah didapatkan.

Penelitian ini menggunakan jenis elektroda yang masing-masing memiliki kuat arus 2 A, jarak antar elektroda 3 cm, variasi waktu 0, 15, 45, 60 dan 90 menit, sehingga dari penelitian ini akan didapatkan data penurunan/perubahan kadar ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) dari setiap jenis elektroda yang digunakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan dari setiap jenis elektroda.

EKSPERIMEN

Material

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah kristal $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ p.a, kristal $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ p.a, serbuk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ p.a, serbuk NaCl, larutan induk logam Cu 1000 mg/L, larutan induk Cr 1000 mg/L, akua DM, tisu dan kertas saring whattman halus.

Instrumentasi

Instrumentasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Agilent Technologies 200 Series AA.

Prosedur

Preparasi Sampel Limbah Logam Buatan

Pembuatan larutan logam Cr 3000 mg/L

Padatan $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ditimbang dengan teliti sebanyak 5,777 g, dilarutkan dengan akuades dan ditepatkan volumenya sampai 250 mL dalam labu ukur 250 mL.

Pembuatan larutan logam Cu 3000 mg/L

Padatan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ditimbang dengan teliti sebanyak 2,8513 g, dilarutkan dengan akuades dan ditepatkan volumenya sampai 250 mL dalam labu ukur 250 mL.

Pembuatan larutan logam Pb 3000 mg/L

Padatan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ditimbang dengan teliti sebanyak 1,1989 g, dilarutkan dengan akuades dan ditepatkan volumenya sampai 250 mL dalam labu ukur 250 mL.

Proses Elektrokoagulasi Terhadap Sampel

Sebanyak 100 mL sampel limbah logam buatan (Cu, Cr dan Pb) dan 10 mL NaCl 1% dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian dua buah elektroda aluminium yang telah dibersihkan diposisikan sedemikian rupa pada gelas kimia 100 mL yang berisi limbah logam buatan dengan jarak antar elektroda 3 cm. Selanjutnya, elektroda aluminium dihubungkan dengan aliran listrik searah (adaptor) dengan arus sebesar 2 A yang sudah terangkai. Proses elektrokoagulasi ini dilakukan dengan variasi waktu kontak 15, 45, 60, dan 90 menit. Prosedur di atas juga dilakukan terhadap elektroda karbon.

Pembuatan Larutan Deret Standar Logam Cr, Cu, dan Pb

Larutan standar logam Cr, Cu, dan Pb dengan konsentrasi 1000 mg/L masing-masing dipipet sebanyak 5 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, selanjutnya ditambahkan dengan aqua DM sampai tanda batas dan dihomogenkan. sehingga diperoleh larutan standar logam Cr, Cu, dan Pb dengan konsentrasi 100 mg/L. Larutan kerja Cr dan Pb dengan konsentrasi 5, 10, 20, 30, 40, dan 50 mg/L dibuat dari larutan standar logam Cr dan Pb konsentrasi 100 mg/L dengan memipet masing-masing volume 1,25 mL ; 2,5 mL; 5 mL; 7,5 mL; 10 mL; dan 12,5 mL dan dimasukkan ke dalam 6 labu ukur 25 mL yang berbeda. Masing-masing labu ditambahkan dengan aqua DM sampai tanda batas dan dihomogenkan. Selanjutnya, larutan standar Cu 100 mg/L diencerkan sampai konsentrasi 25 mg/L, kemudian dibuatkan larutan kerja Cu dengan konsentrasi 1, 2, 4, 6, 8, 10 mg/L dengan memipet masing-masing volume 1, 2, 4, 6, 8, 10 mL dan dimasukkan ke dalam 6 labu ukur 25 mL yang berbeda. Masing-masing labu ditambahkan

dengan aqua DM sampai tanda batas dan dihomogenkan.

Analisis Logam Cr, Cu, dan Pb.

Sampel limbah logam buatan yang sebelum (0 menit) dan sesudah dielektrokoagulasi (15, 45, 60, dan 90 menit) disaring kemudian hasil penyaringan (filtrat) diuji nilai absorbansi dari logam Cr, Cu, dan Pb pada panjang gelombang Cr 357,9 nm; Cu 324,7 nm; dan Pb 283,8 nm menggunakan instrumen SSA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium

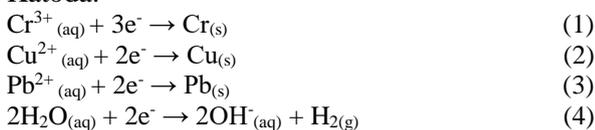
Penelitian yang pertama menggunakan elektroda aluminium, pada proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda aluminium didapatkan data hasil pengujian SSA seperti pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Konsentrasi ion-ion logam dan penurunannya pada elektroda aluminium

Waktu (Menit)	Konsentrasi (mg/L)		Konsentrasi (mg/L)		Konsentrasi (mg/L)	
	Cr ³⁺	Penurunan	Cu ²⁺	Penurunan	Pb ²⁺	Penurunan
0	944,78	0	865,51	0	986,71	0
15	766,87	177,91	819,04	46,47	930,88	55,83
45	395,09	549,69	503,34	362,17	510,36	476,35
60	155,58	789,20	226,12	639,35	290,40	69631
90	1,39	943,39	10,76	854,75	1,44	985,27

Hasil dari proses elektrokoagulasi yang terdapat pada **Tabel 1** menunjukkan semakin lama waktu dalam proses elektrokoagulasi maka semakin banyak pula penurunan kadar ion-ion logam. Hal ini menandakan bahwa salah satu faktor elektrokoagulasi dalam penurunan kadar ion logam (polutan) dipengaruhi oleh waktu dalam proses elektrokoagulasinya [4]. Pada penggunaan elektroda aluminium ada beberapa kemungkinan reaksi-reaksi yang terjadi saat proses elektrokoagulasinya. Elektroda pada katoda dan anoda bersifat *non inert*, maka reaksi-reaksi yang terjadi :

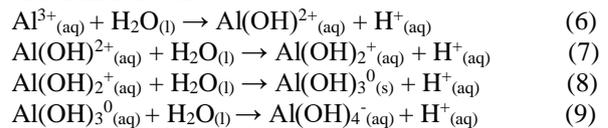
Katoda:



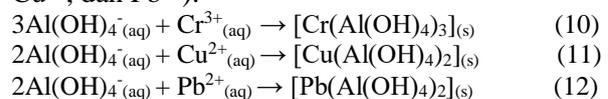
Anoda:



Reaksi yang terjadi ketika aluminium bereaksi didalam larutan:



Reaksi yang terjadi pada ion-ion logam (Cr³⁺, Cu²⁺, dan Pb²⁺):



Reaksi-reaksi di atas dapat terjadi saat proses elektrokoagulasi karena jika suatu larutan elektrolit dialiri arus listrik searah pada kedua elektroda, maka akan terjadi peristiwa

elektrokimia. Elektrokimia yakni terjadinya gejala elektrolit terdekomposisi, dimana ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi dan ion positif (kation) bergerak menuju ke katoda dan menerima elektron yang direduksi [5]. Proses elektrokoagulasi yang menggunakan elektroda aluminium, ketika elektroda aluminium yang berada pada larutan elektrolit diberikan arus DC, reaksi yang terjadi di anoda seperti persamaan reaksi (5), akan bereaksi dengan persamaan reaksi (4) pada katoda dan akan membentuk persamaan reaksi (9) yang berfungsi sebagai koagulan [5]. Selain itu, di katoda terjadi reaksi katodik dengan membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen, yang berfungsi untuk menaikkan flok-flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel. Reaksi yang terjadi pada anoda merupakan teroksidasinya elektroda aluminium di anoda menjadi ion Al^{3+} . Ion Al^{3+} yang terbentuk dalam larutan akan mengalami reaksi hidrolisis sehingga akan menghasilkan $Al(OH)_3$.

Berdasarkan hasil penelitian yang terdapat pada **Tabel 1**, dilakukan perhitungan efisiensi penyisihan ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) sebelum dan sesudah dielektrokoagulasi, menggunakan persamaan (13). Hasil dari perhitungan efisiensi penyisihan menunjukkan bahwa setiap perubahan waktu akan menghasilkan nilai efisiensi penyisihan yang berbeda-beda. Waktu saat proses elektrokoagulasi akan berbanding lurus dengan penyisihan ion-ion logam, dimana semakin lama waktu yang diberikan saat proses elektrokoagulasi maka semakin banyak pula ion-ion logam yang tersisihkan.

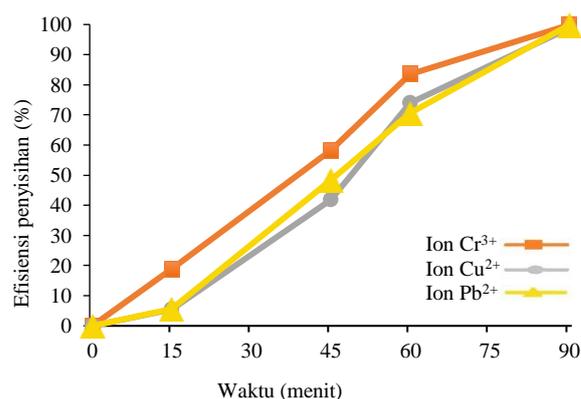
$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Penurunan Konsentrasi (mg/L)}}{\text{Konsentrasi Awal (mg/L)}} \quad (13)$$

Tabel 2. Konsentrasi ion-ion logam dan penurunannya pada elektroda karbon

Waktu (Menit)	Konsentrasi (mg/L)		Konsentrasi (mg/L)		Konsentrasi (mg/L)	
	Cr^{3+}	Penurunan	Cu^{2+}	Penurunan	Pb^{2+}	Penurunan
0	910,01	0	902,10	0	923,84	0
15	802,90	107,11	846,78	55,32	589,74	334,10
45	629,57	280,44	659,50	242,60	209,80	714,04
60	614,91	295,10	562,62	339,48	201,77	722,07
90	475,96	434,05	432,94	469,16	0,23	923,61

Tabel 2 menunjukkan semakin lama waktu dalam proses elektrokoagulasi maka semakin banyak pula penurunan kadar ion-ion logam. Sama halnya seperti proses elektrokoagulasi pada penggunaan elektroda aluminium, hanya saja

Gambar 1 menunjukkan banyaknya ion-ion logam yang tersisihkan, karena ketika arus listrik diberikan ke dalam larutan dalam waktu yang lama dan secara terus menerus, sebagian besar ion-ion logam tereduksi dan jumlah Al^{3+} pada anoda dan OH^- pada katoda semakin banyak dengan membentuk $Al(OH)_3$. Terbentuknya $Al(OH)_3$ akan bereaksi lebih lanjut dengan H_2O membentuk ion $Al(OH)_4^-$ yang akan mengikat sebagian kecil ion-ion logam, dengan demikian nilai efisiensi penyisihan ion-ion logam semakin besar dengan semakin lama waktu yang diberikan saat proses elektrokoagulasi. Ion-ion logam yang memiliki massa ekuivalen yang besar, akan lebih banyak tereduksi, dan dari ion logam Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+} yang memiliki massa ekuivalen yang lebih besar adalah logam Pb.



Gambar 1. Grafik variasi waktu terhadap efisiensi penyisihan ion-ion logam pada elektroda aluminium

Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Karbon

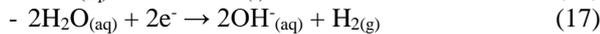
Penelitian yang kedua yakni menggunakan elektroda karbon, proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda karbon didapatkan data hasil pengujian SSA pada **Tabel 2**.

dalam penggunaan elektroda karbon, reaksi yang terjadi atau yang dihasilkan saat proses elektrokoagulasi berbeda dengan reaksi yang terjadi atau yang dihasilkan pada penggunaan elektroda aluminium. Terdapat kesamaan antara

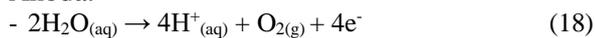
penggunaan elektroda aluminium dan karbon, yakni terjadinya penurunan konsentrasi ion-ion logam yang terus menurun ketika waktu terus dinaikkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa waktu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi dalam proses elektrokoagulasi [4].

Reaksi-reaksi yang terjadi di katoda dan anoda saat elektrokoagulasi pada penggunaan elektroda karbon sebagai berikut:

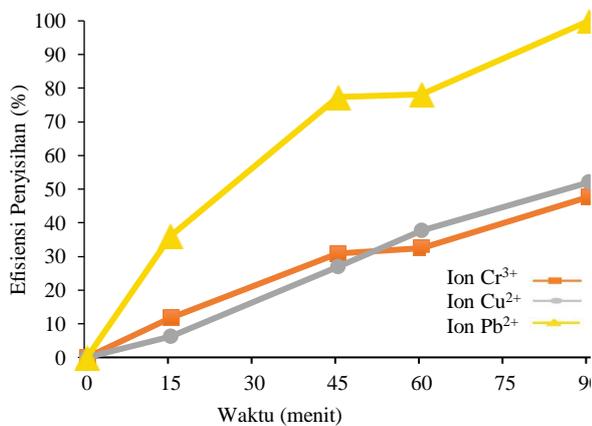
Katoda:



Anoda:



Reaksi yang terjadi pada ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}):



Gambar 2. Grafik variasi waktu terhadap efisiensi penyisihan ion-ion logam pada elektroda karbon.

Reaksi-reaksi di atas merupakan reaksi yang mungkin terjadi saat elektrokoagulasi berlangsung pada penggunaan elektroda karbon dan jika dilihat dari reaksi di atas, terjadinya penurunan ion-ion logam disebabkan tereduksinya ion-ion logam menjadi logamnya pada persamaan (14), (15), dan (16), serta terjadinya pengikatan sebagian kecil ion-ion logam oleh ion OH^- dari katoda pada persamaan (17) dalam larutan, sehingga membentuk flok logam hidroksinya pada persamaan (20), (21), dan (22). Hasil perhitungan efisiensi penyisihan ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) sebelum dan sesudah dielektrokoagulasi pada penggunaan elektroda karbon menggunakan persamaan (13). Hasil yang didapat menunjukkan bahwa pada penggunaan elektroda karbon

mengalami perubahan efisiensi penyisihan ion-ion logam, dengan berubahnya waktu yang diberikan. Efisiensi penyisihan ion-ion logam menggunakan elektroda karbon dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Gambar 2 menunjukkan semakin lama waktu saat proses elektrokoagulasi akan semakin banyak penyisihan/penurunan ion-ion logam. Penyisihan/penurunan ion-ion logam, disebabkan sebagian besar ion-ion logam mengalami reduksi, serta sebagian kecil ion-ion logam terikat oleh ion OH^- membentuk flok logam hidroksi. Flok yang terbentuk dari logam hidroksi akan terapung, karena adanya gas O_2 dari anoda dan gas H_2 dari katoda, dengan seiringnya waktu flok logam hidroksi akan membesar dan mengendap. Banyaknya ion-ion logam yang mengalami reduksi pada proses elektrokoagulasi, berbanding lurus dengan massa ekuivalen suatu ion logam. Hal tersebut dapat terlihat pada penurunan kadar dari ketiga ion logam pada **Gambar 2**. Ion logam Pb^{2+} yang memiliki massa ekuivalen yang lebih besar, lebih banyak mengalami penurunan kadarnya dibandingkan dengan ion logam Cr^{3+} dan Cu^{2+} .

Perbandingan Dua Jenis Elektroda dalam Penurunan Kadar Ion-ion Logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}) terhadap Variasi Waktu

Waktu merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari proses elektrokoagulasi, semakin lama waktu yang diberikan saat proses elektrokoagulasi maka proses penurunan ion-ion logam (polutan) semakin banyak. Hal tersebut disebabkan oleh adanya reaksi redoks yang terjadi pada elektroda, karena ketika kedua elektroda dalam larutan elektrolit dialiri oleh suatu arus listrik searah, maka akan terjadi proses elektrokimia. Proses elektrokimia yakni terjadinya gejala elektrolit terdekomposisi, dimana ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi dan ion positif (kation) bergerak menuju ke katoda dan menerima elektron yang direduksi [6]. Hal itu dapat diamati pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** yang menunjukkan pada interval waktu 15 menit, yakni pada waktu 0-15 menit dan 45-60 menit menghasilkan nilai penurunan yang berbeda dengan interval waktu 30 menit, yakni pada waktu 15-45 menit dan 60-90 menit, dengan kata lain waktu dengan interval 30 menit lebih banyak ion-ion logam yang tersisihkan dibandingkan pada interval waktu 15 menit.

Pada proses elektrokoagulasi terdapat beberapa macam interaksi di dalam larutan, diantaranya; migrasinya ion ke elektroda dan mengumpulkan ion untuk membentuk senyawa netral. Ion OH^- atau kation membentuk endapan

dengan polutan. Ion OH^- berinteraksi dengan kation logam membentuk hidroksi yang mampu membentuk koagulan. Oksidasi polutan bertujuan mengurangi toksisitas. Penghilangan polutan melalui adhesi gelembung gas dan elektroflotasi [4].

Reaksi-reaksi yang terjadi pada ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) pada penggunaan elektroda aluminium diantaranya adalah tereduksi nya sebagian besar ion-ion logam, baik yang melekat pada batang katoda maupun yang tidak melekat, serta pengikatan sebagian kecil ion-ion logam oleh $\text{Al}(\text{OH})_4^-$. Reaksi tersebutlah yang mengakibatkan kadar dari ion-ion logam dalam larutan mengalami penurunan [7]. Berbeda pada penggunaan elektroda karbon, reaksi-reaksi yang terjadi yakni, tereduksi nya sebagian besar ion-ion logam, serta pengikatan sebagian kecil ion-ion logam oleh ion OH^- membentuk logam hidroksi berbentuk gumpalan.

Terbentuknya ion OH^- pada katoda baik pada elektroda aluminium maupun elektroda karbon, dihasilkan dari adanya kation Na^+ yang berasal dari elektrolit NaCl yang ditambahkan ke dalam larutan. Selain logam yang mengalami reduksi di katoda, air juga mengalami reduksi dengan terbentuknya ion OH^- dan gas H_2 [8]. **Tabel 1** dan **Tabel 2** menunjukkan adanya perbedaan dalam penurunan ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) dalam satu waktu, disebabkan bedanya nilai massa ekuivalen dari masing-masing ion logam, dimana ion-ion logam yang memiliki nilai massa ekuivalen yang besar akan lebih banyak mengalami reduksi. Sebagaimana hukum Faraday kedua yang menyatakan bahwa "Massa zat yang dihasilkan di dalam elektroda berbanding lurus dengan massa ekuivalen unsur". Adapun perbedaan penurunan ion-ion logam antara elektroda aluminium dan karbon, disebabkan oleh pengikatan sebagian ion-ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) yang berbeda. Ion-ion logam pada elektroda aluminium diikat oleh ion $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ sedangkan pada elektroda karbon ion-ion logamnya diikat oleh ion OH^- .

SIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan dua jenis elektroda yakni aluminium dan karbon, mampu menurunkan kadar ion-ion logam. Penurunan ion-

ion logam (Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+}) yang sangat baik yakni pada penggunaan elektroda aluminium. Selain itu, semakin lama waktu yang diberikan saat proses elektrokoagulasi dari setiap jenis elektroda, semakin banyak pula penurunan kadar ion logam Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Pb^{2+} .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] R. Achmad, *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: CV Andi Offset, 2004.
- [2] A. Lutfi, *Kimia Lingkungan*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2004.
- [3] S. Ridhowati, *Mengenal Pencemaran Ragam Logam*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [4] E. Siringo-ringo, A. Kusrijadi, dan Y. Sunarya, "Penggunaan Metode Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Aluminium Sebagai Sacrificial Electrode," *Sains dan Teknologi Kimia*, vol. 4, no. 2, pp. 96-107, Oktober 2013.
- [5] F. Hanum, R. Tambun, M.Y. Ritonga, dan W.W. Kasim "Aplikasi Elektrokoagulasi dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 4, no. 4, 2015.
- [6] Y. Wiskandani, "Pengolahan Limbah Cair Industri Percetakan Secara Elektrolisis dengan Elektroda Karbon/Karbon", *Kimia Universitas Diponegoro*, vol. Vol 1, pp. Hal 51-58, 2013.
- [7] R. Susetyaningsih dan E. Kismolo, "Kajian Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Limbah Cair", *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, Agustus 2008.
- [8] Prayitno dan E. Kismolo, "Percobaan Awal Proses Elektrokoagulasi Sebagai Metode Alternatif pada Pengolahan Limbah Cair", *Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-Batan*, Yogyakarta, 2012, pp. 94-96.