

Studi Eksperimen Metode Elektrokoagulasi dalam Menurunkan Kesadahan Air dengan Variasi Kombinasi Jenis Elektroda Inert dan Non Inert

Jumriadi¹, Mahendra Kusuma Nugraha², Andi Ikhtiar Bakti³, Yuanita Amalia Hariyanto⁴

1)Fakultas MIPA Universitas Sam Ratulangi, Universitas Sam Ratulangi, Manado

Email : jumriadi@unsrat.ac.id

ABSTRACT

The availability of freshwater in nature often does not meet the standards for safe drinking water because it contains substances that are harmful to human body. Hardness is one of many chemical properties of freshwater, the consumption of freshwater with elevated hardness level as drinking water is highly toxic. There are variety of methods that can be done to lower the hardness level of freshwater, each with its own advantages and disadvantages. The electrocoagulation method, because of its simplicity, has received much attention in removing various ions and organic matter contained in freshwater. The purpose of this study was to determine the effect of combinations of inert electrodes (Pt) and non-inert electrodes (Al, Fe, and Cu) in lowering water hardness level using electrocoagulation. This research was conducted using a 1 litre glass beaker placed on a magnetic stirrer with a stirring speed of 450 rpm for 30 minutes. The applied voltage is 12 V with various combination of electrodes using Pt-Cu, Pt-Fe, and Pt-Al. Water from a drilled well located in the Halu Oleo University student dormitory was used in this study with an initial concentration of CaCO₃ of 312.36 mg/L and a concentration of Ca of 96.88 mg/L. The best decrease in hardness concentration using Pt-Cu electrodes was 15.63 mg/L for Ca and 89.38 mg/L CaCO₃, followed by Pt-Fe electrodes with a reduction of Ca 21.88 mg/L and 98.5 for CaCO₃ then Pt-Al electrode with a decrease of 28.13 mg/L Ca and 107.62 mg/L CaCO₃.

Keyword: Electrocoagulation, Water Hardness, Electrode Type

ABSTRAK

Ketersediaan air di alam seringkali tidak memenuhi standar air layak konsumsi karena mengandung zat-zat yang berbahaya bagi tubuh. Kesadahan adalah salah satu sifat kimia yang ada dalam air, namun mengkonsumsi air dengan kesadahan yang tinggi akan berbahaya bagi kesehatan. Ada beragam metode untuk menurunkan kesadahan air, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya. Metode elektrokoagulasi karena kesederhanaannya, telah banyak mendapatkan perhatian untuk digunakan dalam menghilangkan berbagai ion dan bahan organik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari kombinasi jenis elektroda inert (Pt) dan elektroda non inert (Al, Fe, dan Cu) dalam menurunkan kesadahan air menggunakan metode elektrokoagulasi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beker glass 1 L diletakkan di atas magnetic stirrer dengan kecepatan pengadukan 450 rpm selama 30 menit. Tegangan yang diberikan adalah 12 V dengan variasi elektroda menggunakan Pt-Cu, Pt-Fe, dan Pt-Al. Air sumur bor yang berada di asrama mahasiswa Universitas Halu Oleo digunakan dalam penelitian ini dengan kosentrasi awal untuk CaCO₃ adalah 312,36 mg/L dan kosentrasi Ca 96,88 mg/L. penurunan kosentrasi kesadahan yang terbaik dengan menggunakan elektroda Pt-Cu yakni 15,63 mg/L untuk Ca dan 89,38 mg/L CaCO₃, disusul elektroda Pt-Fe dengan penurunan Ca 21,88 mg/L dan 98,5 untuk CaCO₃ kemudian elektroda Pt-Al dengan penurunan 28,13 mg/L Ca dan 107,62 mg/L CaCO₃.

Kata Kunci : Elektrokoagulasi, Kesadahan Air, Jenis Elektroda

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Pemenuhan kebutuhan akan air menjadi sangat penting baik dari aspek kuantitas maupun kualitas. Dalam pemanfaatannya, sering dijumpai bahwa kualitas air (air tanah dan air sungai) tidak memenuhi standar kualitas sebagai air layak konsumsi baik ditinjau dari standar secara fisik,

kimia dan biologis dikarenakan adanya senyawa organik maupun anorganik dalam air. Kesadahan adalah salah satu masalah kualitas air yang umum di seluruh dunia. Sebanyak 70% dari permukaan bumi ditutupi oleh air. Dari jumlah ini, 97% hanya air laut. Hanya 2,5% air tawar yang dapat diakses untuk digunakan manusia dan hanya 0,5% ini digunakan sebagai air minum. Air sadah ditemukan pada tingkat

yang melebihi 85%, karena air mengambil mineral seperti magnesium dan ion kalsium dari batuan dan tanah (Water Review, Consumer Report. A Publication of the Water Quality, 1990).

Ada berbagai metode untuk menurunkan kesadahan air, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya. Metode elektrokoagulasi telah banyak mendapat perhatian untuk digunakan dalam proses pengolahan air terutama dalam mereduksi kesadahan air karena fleksibilitas dan komabilitasnya. Kelebihan dari metode ini yaitu nilai efisiensinya cukup tinggi dan tidak memerlukan penambahan bahan kimia (Wahyulis dkk, 2014 dan Vlachou dkk, 2013), ramah lingkungan, cepat dan ekonomis untuk pengolahan air (Holt dkk, 2005, Bouhezila dkk, 2011). Selain itu, metode ini juga memerlukan waktu kontak yang singkat (Akyol dkk., 2013), dan bahan elektroda mudah didapat (Thirugnanasambandham, dkk., 2013).

Prinsip dasar dari elektrokoagulasi ini merupakan reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda (+) yaitu anoda yang sekaligus berfungsi sebagai koagulan, sedangkan reduksi dan pengendapan terjadi di elektroda (-) yaitu katoda.

Banyak faktor yang mempengaruhi kemampuan metode elektrokoagulasi dalam mendegradasi polutan dalam air, diantaranya rapat arus, pH, waktu kontak, jarak antara elektroda, tegangan masukan, dan jenis elektroda (anoda-katoda).

Walaupun telah banyak dilakukan penelitian tentang metode elektrokoagulasi, dari literatur yang ada kami melihat penggunaan jenis elektroda lebih banyak menggunakan bahan elektroda non inert seperti aluminium (Al) dan besi (Fe). Jika dilihat dari sifat konduktifitas listrik, ada beberapa jenis elektroda yang memiliki konduktivitas listrik dan sifat kimia lebih baik dari logam Al seperti tembaga (Cu) dan platina (Pt). Maka perlu kiranya ada referensi tambahan tentang jenis elektroda lain dalam mendegradasi polutan di dalam air. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan pengaruh penggunaan jenis elektroda Pt-Al, Pt-Cu, dan Pt-Fe dalam menurunkan tingkat kesadahan air (kandungan Ca dan kesadahan total). Diharapkan dalam penelitian ini tercipta teknologi tepat guna yang dapat mengurangi tingkat kesadahan air

tanah hingga dapat memenuhi standar layak konsumsi.

2. METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur bor yang berada di asrama mahasiswa Universitas Halu Oleo. Sebelum dilakukan pengujian, sampel dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui konsentrasi awal kesadahan total (CaCO_3) dan kesadahan kalsium (Ca). Konsentrasi awal untuk kesadahan total (CaCO_3) adalah 312,36 mg/L dan konsentrasi awal kesadahan kalsium (Ca) 96,88 mg/L. Analisis kesadahan total (CaCO_3) menggunakan metode titrimetri EDTA (etilen diamin tetra asetat) sedangkan uji kesadahan kalsium (Ca) menggunakan metode AAS (Atomic Absorbption and Spectrophotometry).

Prosedur Eksperimen Elektrokoagulasi

Dalam penelitian ini, eksperimen dilakukan dalam satu rangkaian reaktor elektrokoagulasi (EC). EC dilakukan dalam sel tabung kaca (gelas kimia) dengan sistem konfigurasi yang digunakan adalah monopolar. Reaktor EC ditempatkan diatas magnetic stirrer dengan kecepatan pengadukan 450 rpm. Penelitian ini, menggunakan kombinasi elektroda inert dan non inert yakni platina dan aluminium (Pt-Al), platina dan tembaga (Pt-Cu) serta platina dan besi (Pt-Fe) dengan dimensi elektroda non inert (Al, Fe, dan Cu) tercelup 4 x 10 cm setebal 2 mm sedangkan dimensi elektroda inert tercelup (Pt) adalah 1 x 10 cm dengan ketebalan 2 mm.

Variabel parameter optimasi EC dalam menurunkan tingkat kesadahan air akan diberikan tegangan masukan 12 volt. Sebelum digunakan, elektroda dicuci dengan menggunakan larutan potasium klorida untuk menghilangkan lemak permukaan. Selanjutnya pada setiap akhir penggunaan, logam elektroda dicuci bersih dengan air untuk menghilangkan residu pada permukaan dan dikeringkan.



Gambar 1. Reaktor Elektrokoagulasi.

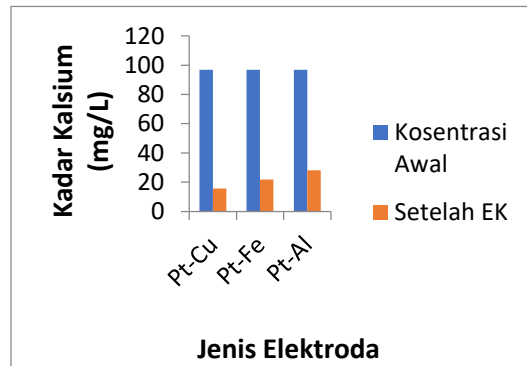
Model Eksperimen Elektrokoagulasi

Tahap awal eksperimen dilakukan dengan mengambil parameter: kecepatan stiring 450 rpm, waktu proses 30 menit dan jarak antara elektroda 2 cm (Helmy dkk, 2017; Brahmī dkk, 2015). Sampel air sumur ditambahkan NaCl sebanyak 2 gram setiap 1000 mL sampel air sumur sebagai elektrolit. Power supply DC diatur dengan tegangan yang diberikan 12 volt. tahap ini dilakukan dengan masing-masing jenis elektroda yang digunakan.

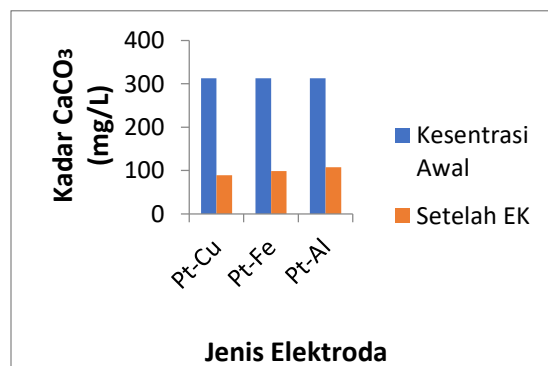
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Jenis Elektroda dalam Menurunkan Kesadahan Ca dan CaCO₃

Hasil analisis penyisihan konsentrasi kesadahan kalsium dan kesadahan total dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Pengaruh Jenis Elektroda dalam Menurunkan Kesadahan Kalsium

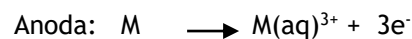


Gambar 3. Pengaruh Jenis Elektroda dalam Menurunkan Kesadahan Total

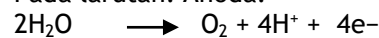
Berdasarkan Gambar 2 dan 3, penyisihan konsentrasi kesadahan kalsium dan kesadahan total optimal terjadi pada elektroda Pt-Cu yakni 15,63 mg/L disusul elektroda Pt-Fe penurunan kesadahan sebesar 21,88 mg/L dan penyisihan kesadahan terendah dengan menggunakan elektroda Pt-Al yakni 28,13 mg/L. Hal yang sama

juga terjadi pada penyisihan kesadahan total (CaCO₃), penurunan konsentrasi CaCO₃ menggunakan jenis elektroda Pt-Cu sebesar 89,38 mg/L dari konsentrasi awal 312,36 mg/L disusul elektroda Pt-Fe dengan penurunan konsentrasi CaCO₃ 98,5 mg/L dan penurunan konsentrasi CaCO₃ terendah terjadi pada elektroda Pt-Al yakni 107,62 mg/L.

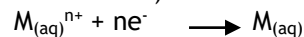
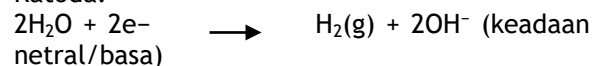
Secara umum, arus listrik menyebabkan terjadinya transfer elektron dari elektroda ke larutan sehingga terjadi reaksi kimia dengan semakin banyaknya magnesium hidroksida maupun gelembung (gas) yang terbentuk (Holissaturahmah, 2013). Dengan meningkatnya arus listrik maka akan meningkatkan oksidasi pada elektroda. Hal tersebut sesuai dengan hukum Faraday I, dimana massa zat yang dihasilkan di elektroda selama proses elektrolisis akan berbanding lurus dengan banyaknya mol elektron yang diberikan pada elektroda sedangkan jumlah mol elektron berbanding lurus dengan muatan listrik dalam elektron. Hal tersebut dapat tercermin dari data yang ada, bahwa bahan elektroda yang memiliki sifat konduktivitas listrik memberikan pengaruh lebih baik dalam mereduksi zat kesadahan yang ada di dalam air. Namun hal berbeda terjadi untuk elektroda Pt-Al proses reduksi kesadahan air tidak begitu maksimal disebabkan elektroda katoda dengan menggunakan plat aluminium mengalami pelapisan oksida lebih cepat sehingga menghambat proses degradasi kesadahan air. Pada saat proses koagulasi berlangsung, reaksi yang terjadi pada permukaan elektroda adalah sebagai berikut:



Pada larutan: Anoda:



Katoda:



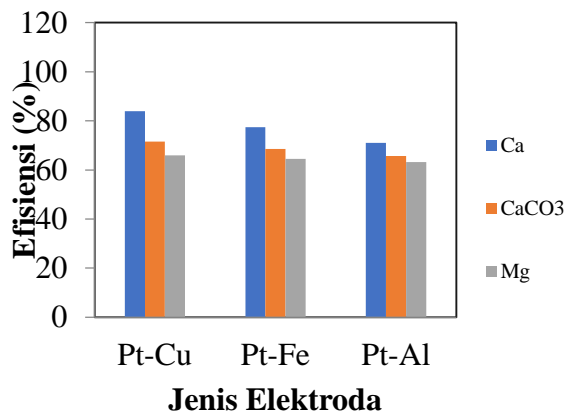
Dari reaksi yang terjadi pada elektroda katoda dan anoda akan mempengaruhi jumlah penyisihan ion. Ion-ion yang terbentuk pada anoda akan beraksi dengan ion-ion hidroksida menghasilkan logam-hidroksida dalam bentuk $M(\text{OH})_3$ atau $M(\text{OH})_2$ atau poli-hidroksida. Pada katoda akan terjadi lapisan impermeable yang akan menurunkan efisiensi dari elektroda untuk menyisihkan kesadahan dalam larutan. Menurut Mollah et al (2001), lapisan oksida impermeabel

dapat terbentuk pada katoda yang menyebabkan hilangnya efisiensi pada unit elektrokoagulasi. Sehingga ketika terbentuknya lapisan yang menutupi elektroda, akan menyebabkan penurunan efisiensi dari proses elektrokoagulasi. Menurut Eyvaz et al, (2014). Kecepatan pembentukan lapisan impermeable dari ketiga elektroda yang diuji adalah $Al > Fe > Cu$.

Menurut teori asam basa keras lunak menyatakan bahwa asam keras seperti logam alkali, alkali tanah, Al^{3+} , dan Fe^{3+} akan mudah atau suka bereaksi dengan basa keras seperti anion OH^- , sedangkan ion Cu^{2+} tergolong asam menengah atau cenderung lunak yang akan suka beraksi dengan basa menengah atau lunak seperti NH_2 , NO_2 , dan lain-lain. Dengan demikian, maka endapan $Al(OH)_3$ dan $Fe(OH)_3$ akan lebih banyak dibandingkan dengan endapan $Cu(OH)_2$, sehingga ion-ion bebasnya dalam larutan yang akan dipertukarkan dengan ion Ca^{2+} akan relatif lebih sedikit.

Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Efisiensi Penurunan Kesadahan Kalsium (Ca) dan Kesadahan Total ($CaCO_3$)

Pengaruh jenis elektroda terhadap penyisihan konsentrasi kesadahan dapat dilihat pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Pengaruh Jenis Elektrodaterhadap Efisiensi

Berdasarkan Gambar 4, efisiensi tertinggi penyisihan kesadahan (Ca, Mg, dan $CaCO_3$) dalam proses elektrokoagulasi terjadi pada jenis elektroda Pt-Cu disusul elektroda Pt-Fe lalu efisiensi penyisihan konsentrasi kesadahan terendah terjadi pada elektroda Pt-Al. Efisiensi penyisihan kesadahan menggunakan elektroda Pt-Cu yakni 83,86 % untuk Ca, 71,51 % untuk $CaCO_3$, dan 65,96 % untuk Mg. Efisiensi penurunan

kesadahan menggunakan elektroda Pt-Fe yaitu 77,41 % untuk Ca, 68,54 untuk $CaCO_3$, dan 64,56 % untuk Mg. Sedangkan efisiensi penurunan kesadahan menggunakan jenis elektroda Pt-Al yakni 70,96 % untuk Ca, 65,63 % untuk $CaCO_3$, dan 63,23 % untuk Mg.

Pada waktu dan kondisi operasi elektrokoagulasi yang sama, persentase penyisihan total kesadahan meningkat dengan meningkatnya kerapatan arus. Arus listrik menentukan jumlah pelepasan ion dari anoda yang berkaitan dengan dosis koagulan (Helmy, dkk 2017). Dengan meningkatnya arus listrik, efisiensi semakin besar. Pada potensial yang tinggi, ukuran dan kecepatan terbentuknya flok meningkat sehingga semakin efektif proses elektrokoagulasi. Peningkatan ini terjadi karena semakin besar kerapatan arus akan memperbesar kerapatan gelembung-gelembung dan memperkecil ukurannya sehingga daya apungnya semakin besar (M.Al-Shanang, dkk 2015).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada tegangan masukan yang sama, elektroda jenis platina dan tembaga (Pt-Cu) adalah elektroda terpilih bila dibandingkan dengan elektroda jenis platina dan besi (Pt-Fe) dan elektroda platina dan aluminium (Pt-Al) dalam mereduksi konsentrasi kesadahan air yakni 15,63 mg/L untuk Ca dan 89,38 mg/L $CaCO_3$ dengan efisiensi sebesar 83,86 % untuk Ca dan 71,51 % untuk $CaCO_3$, disusul elektroda Pt-Fe dengan penurunan Ca 21,88 mg/L dan 98,5 untuk $CaCO_3$ kemudian elektroda Pt-Al dengan penurunan 28,13 mg/L Ca dan 107,62 mg/L $CaCO_3$.

Saran

Kami berharap penelitian ini bisa dikembangkan dalam bentuk skala rumah tangga yang bisa langsung digunakan oleh masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agostinho, L.C.L.; Nascimento, L.; dan Cavalcanti, B.F. 2012. Water Hardness Removal for Industrial use: Application of The Electrolysis Process. Open Access Sci. Rep., 1, 460-465.
- Akyol A., Can O.T., Demirbas E., dan Kobya M., A. 2013. Comparative Study of Electrocoagulation and Elektro-Fenton for Treatment of Wastewater from Liquid Organic Fertilizer Plant. Separation and

- Purification Technology Journal 112, pp. 11-29.
- Akyol, A., 2012. Treatment of Paint Manufacturing Wastewater by Electrocoagulation. *Desalination* 285, 91-99.
- Bouhezila, F., Hariti, M., Lounici, H., dan Mameri, N., 2011. Treatment of the OUED SMAR town landfill leachate by an electrochemical reactor, *Desalination* 280 pp. 347-353.
- Brahmi, K., Bouguerra W., Belhsan, H., Elaloui E., Loungou M., Tlili Z., dan Hamrouni B. 2015. Use of Electrocoagulation with Aluminum Electrodes to Reduce Hardness in Tunisian Phosphate Mining Process Water. *Mine Water and The Environment*, Journal of the International Mine Water Association (IMWA). *Indian Journal of Environmental Protection*, 34(7), 529-533 DOI 10.1007/s10230-015-0354-4.
- Helmy, E., Nassef, E., dan Hussein, M. 2017. Study on the Removal of Water Hardness by Electrocoagulation Technique. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 12. Pp. 1-17.
- Holt, P. K., Barton, G. W., Wark, M., and Mitchell, C. A. 2002. A Quantitative Comparison Between Chemical Dosing and Electrocoagulation. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng.*
- Holt, P.K., Barton, G.W., Mitchell, C.A., 2005. The Future for Electrocoagulation as a Localized Water Treatment Technology, *Chemosphere* 59 , pp. 355-367.
- M. Vlachou, J. Hahladakis, E. Gidakos. (2013). Effect of Various Parameters in Removing Cr and Ni from Model Wastewater by Using Electrocoagulation. *Global NEST Journal*. 15(4), pp. 494-503.
- Mahammadefri, P. 2018. An Experimental Study Of Electrocoagulation Process Applied For Influence Of Fluoride Ions on Hardness Removal, ISSN: 2248-9622. Vol. 8.
- Malakootian, M., Mansoorian, H.J., Moosazadeh, M. 2010. Performance Evaluation of Electrocoagulation Process using Iron-Rod Electrodes for Removing Hardness from Drinking Water. *Desalination*, 255. pp. 67-71.
- Malakootian, M, and Yousefi, N. 2009. The Efficiency Of Electrocoagulation Process Using Aluminium Electrodes In Removal Of Hardness From Water. Department Of Environmental Health. Iran.
- Mollah MYA, Morkovsky P, Gomes JAG, Kesmez M, Parga J dan Cocke DL. 2004. Fundamentals, Present and Future Perspectives of Electro-Coagulation. *Journal of Hazardous Materials* 114(1-3): 199-210.
- Mollah MYA, Schennach R, Parga JR dan Cocke DL. 2001. Electrocoagulation (EC): Science and Applications. *Journal of Hazardous Materials* 84(1): 29-41.
- Thirugnanasambandham K., Sivakumar V., dan Maran J.P. 2013. Optimization of Electrocoagulation Process to Great Biologically Pretreated Bagasse Effluent. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 78, pp. 613-626.
- Vaujiah, Hary. 2018. Perbandingan Efisiensi Penurunan Kesadahan Air Menggunakan Elektroda Aluminium (Al) Dengan Konfigurasi Monopolar dan Bipolar Pada Proses Elektrokoagulasi. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara (USU). Medan.
- Wahyulis N.C, Ulfin I, Harmami. 2014. Optimasi Tegangan pada Proses Elektrokoagulasi Penurunan Kadar Kromium dari Filtrat Hasil Hidrolisis Limbah Padat Penyamakan Kulit. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Volume 3 (No 2) 2337-3520. Fakultas MIPA. Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Surabaya.
- Water Review, Consumer Report. A Publication of the Water Quality; The South Korean Research Council: Chungcheongnam-do, Korea, 1990; Volume 5.