

ANALISIS METODE ELEKTROKOAGULASI DALAM MENURUNKAN KESADAHAN AIR SUMUR DENGAN VARIASI JENIS ELEKTRODA

Jumriadi¹, Andi Ikhtiar Bakti¹, Mahendra Kusuma Nugraha¹

¹Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sam Ratulangi

Email: jumriadi@unsrat.ac.id

ABSTRAK

Ada berbagai 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 jenis elektroda dalam menurunkan kesadahan air sumur serta dapat menentukan nilai tegangan dan arus yang optimum dalam metode elektrokoagulasi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *beker glass* 1 L diletakkan di atas *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 450 rpm selama 30 menit. Variasi elektroda menggunakan Al-Al, Fe-Fe, dan Cu-Cu. Air sumur bor yang berada di asrama mahasiswa Bidikmisi Universitas Halu Oleo yang digunakan dalam penelitian ini dengan konsentrasi awal untuk CaCO₃ adalah 312,36 mg/L dan konsentrasi Ca 96,88 mg/L. penurunan konsentrasi kesadahan yang terbaik dengan menggunakan elektroda Cu-Cu pada tegangan 12 V yakni 9,38 mg/L untuk Ca dan 109,44 mg/L CaCO₃, disusul elektroda Fe-Fe dengan penurunan 18,75 mg/L Ca dan 124,49 mg/L CaCO₃ kemudian elektroda Al-Al dengan penurunan 53,13 mg/L Ca dan 160,51 mg/L CaCO₃.

Kata Kunci: Elektrokoagulasi, kesadahan air sumur, jenis elektroda

ABSTRACT

There have been various methods for reducing water hardness level, each with its own advantages. The electrocoagulation method, because of its simplicity, has received much attention for its use in removing various ions and organic matter. The purpose of this study was to determine the effect of the type of electrode in reducing the hardness of ground water and to determine the optimum voltage and current values in the electrocoagulation method. This research was conducted using a 1 L glass beaker placed on a magnetic stirrer with a stirring speed of 450 rpm for 30 minutes. Electrode variations using Al-Al, Fe-Fe, and Cu-Cu. The water from the drilled well located in the Bidikmisi student dormitory at Halu Oleo University 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 was by using a Cu-Cu electrode at a voltage of 12 V, namely 9.38 mg/L for Ca and 109.44 mg/L CaCO₃, followed by a Fe-Fe electrode with a decrease of 18.75 mg/L Ca and 124.49 mg/L CaCO₃ then Al-Al electrode with a decrease of 53.13 mg/L Ca and 160.51 mg/L CaCO₃.

Keywords: Electrocoagulation, well water hardness, electrode type

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi berlangsungnya suatu kehidupan. Pemenuhan kebutuhan akan air menjadi sangat mendesak baik dari aspek kuantitas maupun kualitas. Secara kuantitas ketersediaan air tawar di alam cukup berlimpah namun dalam

pemanfaatannya, sering dijumpai bahwa kualitas air (air tanah dan air sungai) tidak memenuhi standar sebagai air layak konsumsi baik standar kelayakan 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. Sumber utama kesadahan dalam air adalah

ion logam polivalen terlarut dari batuan sedimen. Kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) adalah dua ion utama yang ada di batuan sedimen (Takahashi & Imaizumi, 1988).

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), ramah lingkungan, cepat dan ekonomis untuk pengolahan air (Bouhezila dkk., 2011). Selain itu, metode ini juga memerlukan waktu kontak yang singkat (Akyol dkk., 2013), dan bahan elektroda mudah didapat (Thirugnanasambandham dkk., 2014).

Prinsip dasar dari metode elektrokoagulasi ini adalah 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 penulis melihat penggunaan jenis elektroda lebih banyak menggunakan bahan aluminium (Al). Jika dilihat dari sifat konduktivitas 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. Disamping itu, konsumsi daya yang digunakan dalam proses pengolahan air relatif lebih besar. Sehingga, dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk lebih mengefisienkan metode tersebut dalam pengolahan air. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan pengaruh penggunaan jenis elektroda Al-Al, Cu-Cu, dan Fe-Fe dalam menurunkan tingkat kesadahan air (kandungan Ca dan kesadahan total) dan dapat menentukan nilai optimal tegangan dan arus pada

proses elektrokoagulasi menggunakan pelat elektroda Al-Al, Cu-Cu, dan Fe-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 pakai.

BAHAN DAN METODE

Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur bor yang berada di asrama mahasiswa Bidikmisi 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) adalah 96,88 mg/L. Analisis kesadahan total (CaCO_3) menggunakan metode titrimetri EDTA (*etilendiamintetraasetat*) sedangkan uji kesadahan kalsium (Ca) menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption and Spectrophotometry*).

Prosedur eksperimen elektrokoagulasi

Dalam penelitian ini, eksperimen dilakukan dalam satu rangkaian reaktor elektrokoagulasi (EC) (Gambar 1). EC dilakukan dalam sel tabung kaca (gelas kimia) dengan sistem konfigurasi yang digunakan adalah monopolar. Reaktor EC ditempatkan di atas *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 450 rpm. Penelitian ini menggunakan elektroda aluminium (Al-Al), tembaga (Cu-Cu) dan besi (Fe-Fe) dengan dimensi elektroda tercelup 4 x 10 cm setebal 2 mm. Dalam penelitian ini akan dipelajari penurunan tingkat kesadahan air dengan faktor variabel yang digunakan.



Gambar 1. Reaktor elektrokoagulasi

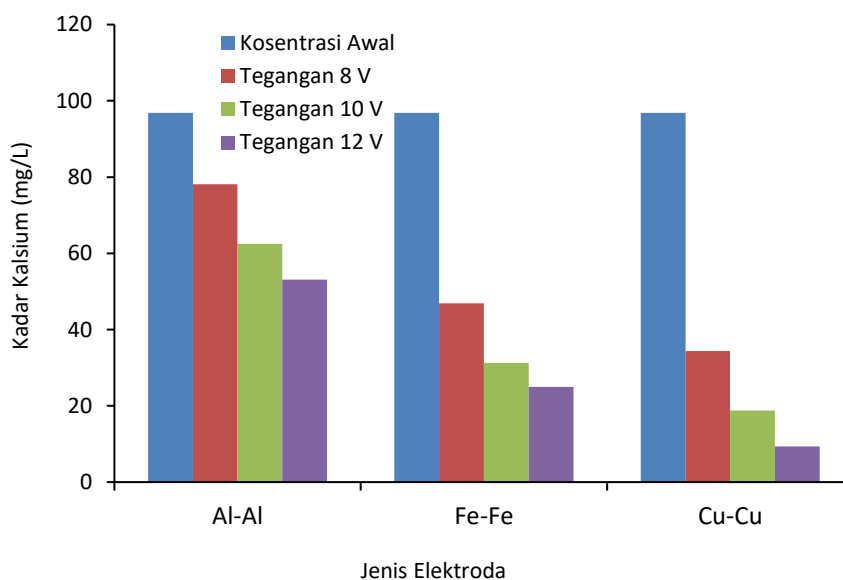
Variabel parameter optimasi EC dalam menurunkan tingkat kesadahan air sumur akan dilakukan variasi tegangan masukan dan arus. Sebelum digunakan, elektroda logam dicuci dengan menggunakan larutan potassium klorida untuk menghilangkan lemak permukaan. Selanjutnya pada setiap akhir penggunaan, logam elektroda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

Tahap awal eksperimen dilakukan dengan mengambil parameter: kecepatan stiring 450 rpm, waktu proses 30 menit dan jarak antara elektroda 2 cm (Brahmi dkk., 2016). Tahap ini dilakukan dengan tegangan dan arus proses elektrokoagulasi yang berbeda yaitu masing-

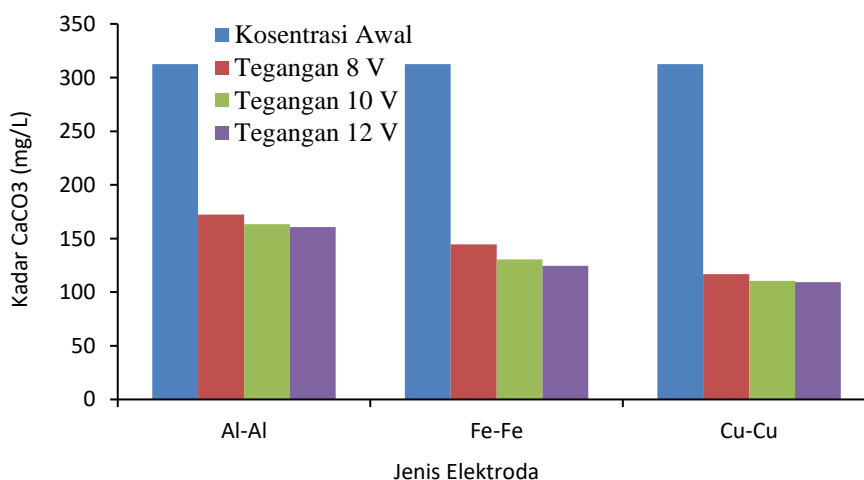
masing 8, 10, dan 12 Volt pada arus 3,0 Ampere. Sampel air sumur ditambahkan NaCl sebanyak 2 gram setiap 1000 mL sampel air sumur sebagai elektrolit, tahap selanjutnya adalah dilakukan dengan mengambil kondisi parameter optimum dengan material elektroda yang berbeda yaitu Al-Al, Cu-Cu, dan Fe-Fe.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Jenis Elektroda dalam Menurunkan Kesadahan Ca dan CaCO_3 . Hasil analisis penyisihan konsentrasi kesadahan kalsium dan kesadahan total dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Pengaruh jenis elektroda dalam menurunkan kalsium

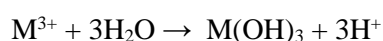
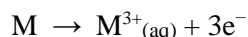


Gambar 3. Pengaruh jenis elektroda dalam menurunkan kesadahan total

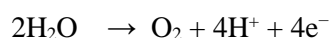
Berdasarkan Gambar 2 dan 3, penyisihan konsentrasi kesadahan kalsium dan kesadahan total optimal terjadi pada elektroda Cu-Cu baik pada tegangan 8 V maupun pada tegangan 12 V disusul elektroda Fe-Fe dan penyisihan kesadahan terendah dengan menggunakan elektroda Al-Al.

Pada saat proses koagulasi berlangsung, reaksi yang terjadi pada permukaan elektroda Al-Al, Fe-Fe, Cu-Cu (M^{n+}) adalah sebagai berikut:

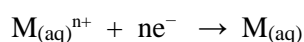
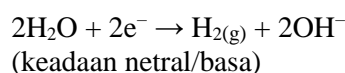
Anoda:



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 $M(OH)_3$ atau $M(OH)_2$ atau poli-hidroksida. Pada katoda akan terjadi lapisan *impermeable* yang akan menurunkan efisiensi dari elektroda untuk menyisihkan kesadahan dalam larutan. Menurut (Mollah dkk., 2004), 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 (Eyvaz dkk., 2014). Kecepatan pembentukan lapisan *impermeable* dari ketiga elektroda yang diuji adalah $Al > Fe > Cu$.

Penyisihan kesadahan dalam larutan selain karena proses elektrokoagulasi juga karena reaksi pertukaran ion berdasarkan reaksi yang terjadi, maka ketiga jenis elektroda dapat terjadi reaksi pertukaran ion kalsium dengan ion Al^{3+} , Fe^{3+} , dan Cu^{2+} yang terdapat dalam larutan hasil reaksi oksidasi. Jumlah ion dari jenis elektroda yang dapat dipertukarkan dengan ion kalsium tergantung pada kecepatan pembentukan endapan Al $(OH)_3$ untuk elektroda Al-Al, Fe $(OH)_3$, dan Cu $(OH)_2$.

Penurunan kesadahan yang maksimal terjadi pada elektroda Cu-Cu diduga disebabkan karena proses pembentukan endapan Cu $(OH)_2$ relatif lebih lambat dibandingkan dengan Al-Al dan Fe-Fe. Lambatnya pembentukan endapan tersebut karena disebabkan perbedaan sifat dari ion Cu^{2+} dengan anion OH^{-} yang terbentuk selama proses elektrokoagulasi berlangsung. Selain itu perbedaan jumlah muatan antara ion Al^{3+} dan Fe^{3+} dengan ion Cu^{2+} . Disamping itu, nilai konduktivitas listrik elektroda Cu-Cu lebih baik dari pada elektroda Fe-Fe maupun Al-Al.



Gambar 4. Model eksperimen elektrokoagulasi

Dalam upaya menurunkan kesadahan total pada air sumur, elektroda Cu-Cu adalah elektroda yang baik dalam upaya mereduksi kesadahan total air sumur jika dibandingkan dengan elektroda yang lain pada arus dan tegangan masukan yang sama. Hal ini diakibatkan oleh pelepasan ion logam pada elektroda Cu-Cu ke dalam larutan cenderung lebih banyak sehingga kation logam yang terbentuk juga semakin besar. Kation logam yang terbentuk inilah kemudian berinteraksi dengan ion hidroksida (OH^{-}) membentuk koagulan dan menarik berbagai macam zat pencemar (polutan) termasuk zat penyebab kesadahan kemudian membentuk flok yang tidak larut dan terflotasi ke atas oleh gas hydrogen (H_2) yang dihasilkan oleh katoda dan gas oksigen (O_2) yang dihasilkan oleh anoda. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

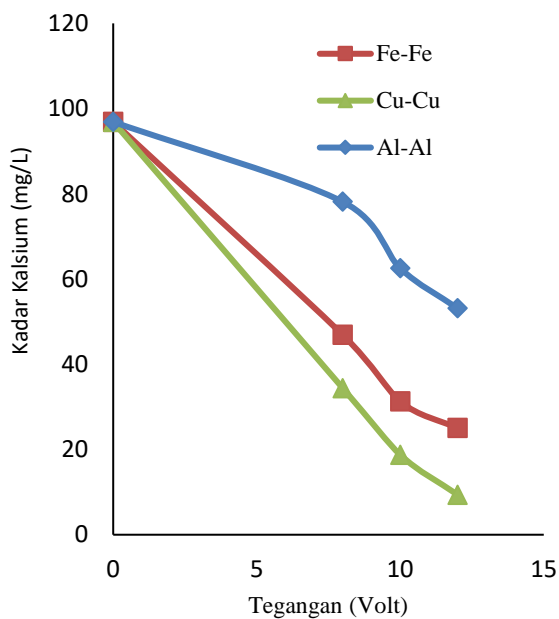
Hal ini menegaskan bahwa mekanisme elektrokoagulasi mirip dengan koagulasi kimiawi dalam hal spesies kation yang berperan dalam menetralkan muatan-muatan permukaan, tetapi karakteristik flok yang dihasilkan oleh elektrokoagulasi berbeda secara dramatis dengan flok yang dihasilkan oleh elektrokoagulasi kimia.

Flok dari elektrokoagulasi cenderung mengandung sedikit ikatan air, lebih stabil dan lebih mudah disaring.

Namun, dengan besarnya pelepasan ion logam pada elektroda Cu yang dilepaskan ke dalam larutan menyebabkan massa elektroda anoda pada Cu akan semakin berkurang dan dalam jangka waktu tertentu luasan permukaannya akan semakin mengecil yang pada akhirnya mempengaruhi kemampuan elektroda tersebut dalam mereduksi kesadahan.

Pengaruh tegangan dalam menurunkan kesadahan kalsium (Ca) dan kesadahan total (CaCO_3)

Pengaruh tegangan masukan pada proses elektrokoagulasi dalam menurunkan kesadahan kalsium (Ca) dan kesadahan total dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6. Hal ini menegaskan bahwa

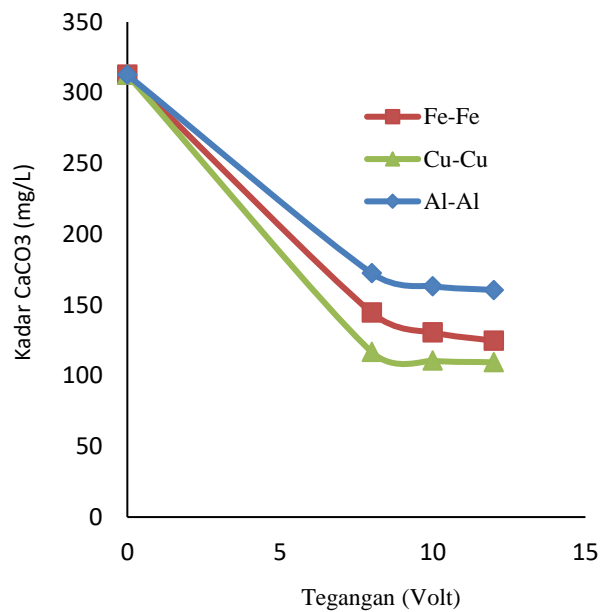


Gambar 5. Penurunan konsentrasi kesadahan kalsium

Berdasarkan Gambar 5 dan 6, penyisihan konsentrasi kesadahan kalsium dan kesadahan total yang terbaik terjadi pada tegangan masukan 12 volt untuk semua jenis elektroda yakni 53,13 mg/L konsentrasi Ca dan 160,51 mg/L CaCO_3 ; 25 mg/L Ca dan 124,49 mg/L konsentrasi CaCO_3 ; serta 9,38 mg/L Ca dan 109,44 CaCO_3 masing-masing untuk elektroda Al-Al, Fe-Fe, dan Cu-Cu. Secara umum, efisiensi penurunan kesadahan kalsium terlihat semakin meningkat dengan meningkatnya tegangan masukan. Pada tegangan

mekanisme elektrokoagulasi mirip dengan koagulasi kimiawi dalam hal spesies kation yang berperan dalam netralisasi muatan-muatan permukaan, tetapi karakteristik flok yang dihasilkan oleh elektrokoagulasi berbeda secara dramatis dengan flok yang dihasilkan oleh elektrokoagulasi kimia. Flok dari elektrokoagulasi cenderung mengandung sedikit ikatan air, lebih stabil dan lebih mudah disaring.

Namun, dengan besarnya pelepasan ion logam pada elektroda Cu yang dilepaskan ke dalam larutan menyebabkan massa elektroda anoda pada Cu akan semakin berkurang dan dalam jangka waktu tertentu luasan permukaannya akan semakin mengecil yang pada akhirnya mempengaruhi kemampuan elektroda tersebut dalam mereduksi kesadahan.



Gambar 6. Pengaruh tegangan dalam menurunkan kesadahan total

tinggi, ukuran dan rata-rata pertumbuhan flok yang dihasilkan meningkat dan akan mempengaruhi efisiensi pada proses elektrokoagulasi. Tegangan dapat meningkatkan jumlah teroksidasi aluminium. Hal ini mengakibatkan hidroksida flok dengan peningkatan laju adsorpsi tinggi yang menyebabkan peningkatan efisiensi penurunan kesadahan (Malakootian & Yousefi, 2009).

Dengan demikian, voltase memberikan pengaruh positif karena semakin besar tegangan

yang diberikan maka semakin besar logam yang terambil dan menempel pada katoda. Kenaikan tegangan pada elektroda akan meningkatkan jumlah atom yang terionisasi. Selain itu, medan listrik antar kedua elektroda (anoda dan katoda) semakin besar pula. Hal ini mengakibatkan kinerja alat selama proses elektrokoagulasi semakin baik.

KESIMPULAN

Pada tegangan masukan yang sama, elektroda jenis tembaga (Cu) adalah elektroda terpilih bila dibandingkan dengan elektroda jenis aluminium (Al) dan Besi (Fe) dalam mereduksi tingkat kesadahan air dengan efisiensi sebesar 64,96 % untuk penyisihan CaCO_3 dan 90,32 % untuk penyisihan Ca.

DAFTAR PUSTAKA

- Akyol, A., Can, O.T., Demirbas, E., & Kobya, M. 2013. A comparative study of electrocoagulation and electro-Fenton for treatment of wastewater from liquid organic fertilizer plant. *Separation and Purification Technology*. 112, 11-19.
- Bouhezila, F., Hariti, M., Lounici, H., & Mameri, N. 2011. Treatment of the OUED SMAR town landfill leachate by an electrochemical reactor. *Desalination*. 280(1-3), 347-353.
- Brahmi, K., Bouguerra, W., Belhsan, H., Elaloui, E., Loungou, M., Tlili, Z., & Hamrouni, B. 2016. Nutzung von elektrokoagulation mit aluminiumelektroden für die enthärtung von prozesswasser im phosphatbergbau in tunesien. *Mine Water and the Environment*. 35(3), 310–317.
- Eyvaz, M., Gürbulak, E., Kara, S., & Yuksel, E. 2014. Preventing of cathode passivation/deposition in electrochemical treatment methods—a case study on winery wastewater with electrocoagulation. In M. Aliofkhazraei (Ed.), *Modern Electrochemical Methods in Nano, Surface and Corrosion Science* (pp. 201-234). Janeza Trdine 9.
- Malakootian, M., & Yousefi, N. 2009. The efficiency of electrocoagulation process using aluminum electrodes in removal of hardness from water. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 6(2), 131-136.
- Mollah, M. Y. A., Morkovsky, P., Gomes, J. A. G., Kesmez, M., Parga, J., & Cocke, D. L. (2004). Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. 114(1-3), 199-210.
- Takahashi, Y., & Imaizumi, Y. (1988). Hardness in drinking water. *Eisei Kagaku*. 34(5), 475-479.
- Thirugnanasambandham, K., Sivakumar, V., & Maran, J.P. 2014. Optimization of electrocoagulation process to treat biologically pretreated bagasse effluent. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 79(5), 613-626.
- 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*. 3(2), 9-11.