

PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DAN MANGAN (Mn) PADA AIR BERSIH DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Reduction of Fe and Mn Levels in Clean Water by Electrocoagulation Method

Gita Dwi Fitriah¹, Khiki Purnawati Kasim², Bayu Chondro Purnomo³

^{1,2}Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Makassar

³Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Semarang

Email: khikinawing@poltekkes-mks.ac.id

ABSTRACT

Groundwater containing high levels of iron (Fe) and manganese (Mn) requires treatment before use, one of which is electrocoagulation using aluminum electrodes. This research aims to determine the ability of electrocoagulation to reduce levels of Iron (Fe) and Manganese (Mn) using a voltage of 12 Volts and time variations of 15 minutes, 30 minutes, and 45 minutes. This type of research is a quasi experiment with testing before processing and afterprocessing. The results showed that the level of Iron (Fe) before treatment was 7.6 mg/l and Manganese(Mn) was 1.73 mg/l. At a contact time of 15 minutes the percentage of iron (Fe) decreased by 89.03% and Manganese (Mn) levels by 100%, at a contact time of 30 minutes the percentage decrease in Iron (Fe) content was 97.45% and Manganese (Mn) levels by 100%, and at a contact time of 45 minutes the percentage reduction in Iron content was 100% and Manganese content was 100%. The conclusion that can be drawn is the electrocoagulation process can reduce levels of Iron (Fe) and Manganese (Mn) in clean water. Based on Permenkes No.32 of 2017, sampled that have been treated have met the requirements and be used on a household scale to meet daily needs.

Keywords: Clean Water, Iron (Fe), Manganese (Mn), Electroagulation

ABSTRAK

Air tanah yang mengandung kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang tinggi memerlukan pengolahan sebelum digunakan, salah satunya adalah elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium. Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan Elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar Besi dan Kadar Mangan pada air bersih dengan tegangan 12 Volt dengan waktu 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Jenis penelitian adalah eksperimen semu (*Quasi-Experimental*) dengan pemeriksaan sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Besi (Fe) sebelum perlakuan sebesar 7.6 mg/l dan Kadar Mangan (Mn) sebesar 1,73 mg/l, pada waktu kontak 15menit, persentase besi (Fe) mengalami penurunan sebesar 89,03% dan Mangan (Mn) sebesar 100%, Pada waktu kontak 30 menit persentase penurunan kadar Besi (Fe) sebesar 97,45% dan kadar Mangan (Mn) sebesar 100%, dan pada waktu kontak 45 menit terjadi penurunan kadar Besi (Fe) sebesar 100% dan Kadar Mangan (Mn) sebesar 100%. Kesimpulan yang dapat ditarik adalah metode elektrokoagulasi dapat menurunkan kadar Besi (Fe) dan kadar Mangan (Mn) pada air bersih. Berdasarkan Permenkes No 32 tahun 2017 sampel yang telah dilakukan perlakuan telah memenuhi syarat dan disarankan untuk diaplikasikan untuk skala rumah tangga dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari

Kata Kunci : Air Bersih, Besi (Fe), Mangan (Mn), Elektrokoagulasi

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air bersih salah satu hal yang sangat penting untuk menunjang keberlangsungan kehidupan manusia. Semakin berkembangnya zaman maka akan terjadi peningkatan jumlah penduduk yang akhirnya kebutuhan air bersih semakin meningkat. Kebutuhan air bersih perkapita rata-rata penduduk Indonesia belum diketahui secara pasti tetapi untuk keperluan perencanaan instalasi pengolahan air bersih sering menggunakan angka sekitar 125-150 l/orang/hari. Penggunaan air dapat dikategorikan dalam dua kategori, yaitu air rumah tangga dan industri yang masing-masing mempunyai persyaratan tertentu. Berdasarkan Permenkes No 32 tahun 2017 persyaratan untuk penggunaan air rumah tangga meliputi persyaratan fisik, kimia,

biologi, dan radioaktif. Sedangkan kandungan Fe dan Mn pada air bersih di Indonesia masih tinggi. Penelitian Serlyta tahun 2019 di Kabupaten Banjar kadar Fe didapatkan 3,50 mg/l, sedangkan di Kota Makassar pada sumur bor di dapatkan kadar Fe sebesar 1,29 Mg/L (Rasman dan Firdaus, 2018). Rindi, et al tahun 2019 kadar Mn Kab. Deli Serdang adalah 1,185 mg/l dan penelitian Yosi (2018) kadar Mn di Kota Makassar sebesar 1,68 mg/l.

Spesifik mengenai syarat kimia air, hal tersebut menjadi penting karena banyak sekali kandungan kimiawi air yang menyebabkan akibat buruk pada kesehatan karena tidak sesuai dengan proses biokimiawi tubuh. Bahan kimiawi seperti halnya besi (Fe), mangan (Mn), nitrat (No₃), dan logam lainnya dapat menjadi gangguan seperti gangguan kesehatan, penyakit, gangguan teknis, serta gangguan dalam segi estetika.

Sulitnya mendapatkan air bersih yang memenuhi syarat kesehatan standar baku mutu, akhirnya masyarakat terpaksa menggunakan air seadanya. Di Indonesia kandungan Kadar Fe dan Mn pada air bersih masih tinggi, hal ini bisa dilihat dari beberapa penelitian.

Pada penelitian Rasman dan Firdaus (2018), kemampuan elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar besi pada air sumur bor. Pada pemeriksaan awal didapatkan kadar besi (Fe) pada sumur bor dengan kadar 1,29 mg/l. Setelah perlakuan dengan tegangan 12,15 dan 20 Volt dengan waktu 45 menit. Tegangan 12 volt dengan waktu 45 menit mampu menurunkan kadar besi (Fe) pada air sumur bor dengan penurunan sebesar 1,27 mg/l atau 98,71%.

Untuk meminimalisir dampak dari kadar Fe dan Mn pada air bersih diperlukan upaya untuk pengelolaan air. Salah satu metode untuk pemecahan masalah yaitu metode Elektrokoagulasi. Metode Elektrokoagulasi digunakan dalam penelitian ini karena penggunaannya mudah dan sederhana, serta dapat digunakan pada proses *recycle* air sehingga air tersebut bisa digunakan kembali, selain itu proses elektrokoagulasi jauh dari penggunaan bahan kimia serta alat-alat penggunaannya mudah di dapatkan. Pada perawatan reactor elektrokoagulasi lebih mudah karena proses elektrolisis yang terjadi cukup dikontrol dari pemakaian listrik tanpa perlu memindahkan bagian-bagian di dalamnya. Pada metode elektrokoagulasi, elektroda yang digunakan yaitu aluminium. Aluminium di gunakan pada metode ini karena harga masih tergolong murah dibandingkan dengan tembaga. Selain dari proses pengolahan yang mudah, proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium sebagai pengolahan untuk menurunkan kadar Fe (Besi) dan Mangan (Mn) kita bisa memanfaatkan kembali panci yang sudah tidak terpakai.

Merujuk dari penelitian sebelumnya yang mengvariasikan tegangan dengan waktu kontak 45 menit. Maka pada penelitian ini waktu kontak divariasikan untuk membandingkan waktu yang efektif dalam menurunkan kadar Fe dan Mn pada air bersih dengan tegangan 12 volt, karena semakin lama waktu kontak yang digunakan maka akan bertambah penggunaan listrik.

Berdasarkan survei yang dilakukan di Jl.Teluk Bayur Dalam, Jembatan Merah, Kelurahan Maccini Sombala Kecamatan Tamalete air bersih yang digunakan masyarakat mempunyai Kadar besi (Fe) masih tergolong tinggi yaitu 7,6 Mg/l dan Kadar Mangan(Mn) sebesar 1,73 mg/l di Kampung Sapiria Kelurahan Lembo, Kecamatan Tello, Makassar.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah Eksprimen semu (Quasi-Experimental) dengan pengujian terhadap sampel perlakuan dan setelah perlakuan menggunakan metode elektrokoagulasi yaitu proses pengolahan air dimana arus listrik diterapkan di elektroda sebagai penghilang berbagai kontaminan dalam hal penelitian ini untuk menurunkan kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada air bersih. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air bersih yang diambil di Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Tallo, Kota Makassar.

HASIL

Sampel air berasal dari Kecamatan Tamalate dan Kecamatan Tallo Kota Makassar dan dilakukan pemeriksaan awal sampel air sumur gali yaitu rerata kadar besi (Fe) adalah 7,3 Mg/L dan kontrol 4,4 Mg/L. Rerata kadar mangan (Mn) awal adalah 1,72 Mg/L dan kontrol 1,70 Mg/L.

Penurunan kadar besi (Fe) setelah perlakuan dengan elektrokoagulasi pada tegangan 12 Volt selama 15 menit dengan rerata sebesar 6,76 Mg/L (89,03%), selama 30 menit sebesar 7,01 Mg/L (97,45%), dan selama 45 menit sebesar 7,2 Mg/L (100%).

Kadar mangan (Mn) setelah proses elektrokoagulasi pada tegangan 12 Volt selama 15 menit dengan rerata penurunan sebesar 1,73 Mg/L (100%), selama 30 menit sebesar 1,72 Mg/L (100%) dan selama 45 menit sebesar 1,72 Mg/L (100%).

PEMBAHASAN

1. Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Bersih dengan Metode Elektrokoagulasi Selama 15 Menit

Proses elektrokoagulasi sangat berpengaruh pada besarnya tegangan dan waktu kontak. Semakin besar tegangan, kuat arus dan waktu kontak maka penurunan atau penyisihan kandungan dalam limbah akan semakin besar juga. Selain itu, semakin lama waktu pengolahan maka semakin kecil konsentrasi logam Fe terlarut yang ada dalam air. Menurut Suwanto dkk (2017) bahwa penyisihan logam terlarut akan semakin tinggi seiring terbentuknya $Al(OH)_3$. Hasil tersebut menunjukkan adanya pengaruh variasi waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan Fe. Sedangkan persentase penurunan kadar Mangan (Mn) yang didapatkan sebesar 100%. Penyisihan besi dan mangan terjadi ketika semakin banyak ion Al^{3+} yang dihasilkan pada anoda dan membentuk flok $Al(OH)_3$ yang berperan sebagai koagulan. Kemudian gumpalan $Al(OH)_3$ tersebut dapat mengikat senyawa organik dan logam-logam yang terkandung dalam air.

2. Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Bersih dengan Metode Elektrokoagulasi selama 30 Menit

Perbedaan penurunan kadar Besi (Fe) pada setiap replikasi diakibatkan dari beberapa faktor yaitu disebabkan dari adanya jeda waktu terhadap sampel yang telah diolah dengan pemeriksaan di laboratorium tanpa adanya pengawetan, serta pencucian elektroda yang kurang bersih pada setiap replikasi juga memberikan sumbangsi terhadap perbedaan penurunan pada setiap replikasi. Dari persentase yang di dapatkan terlihat bahwasemakin lama waktu pengolahan maka semakin besar penyisihan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) hal ini sejalan dengan penelitian Suwanto (2017), menunjukkan bahwa semakin lama pengolahan maka semakin kecil

konsentrasi kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) terlarut pada air karena terbentuknya $Al(OH)_3$. Lamanya waktu kontak tersebut berbanding lurus dengan peningkatan penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada air bersih. Pengaruh waktu kontak merupakan salah satu parameter yang cukup penting dalam proses elektrokoagulasi.

3. Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Bersih Dengan Metode Elektrokoagulasi Selama 45 Menit

Dari hasil persentase penurunan Kadar Besi(Fe) dan Kadar Mangan (Mn) dengan menggunakan metode Elektrokoagulasi selama 45 menit didapatkan hasil penurunan untuk kadar Besi (Fe) sebesar 100% dan untuk Kadar Mangan (Mn) sebesar 100%. Proses elektrokoagulasi merupakan proses dimana zat melayang dengan ukuran sangat kecil dan koloid digabungkan dengan membentuk gumpalan. Pada penelitian ini terjadi reaksi pelepasan ion pada anoda sehingga mengalami oksidasi pelepasan kation Al^{3+} . Kation Al^{3+} akan berkaitan dengan OH membentuk $Al(OH)_3$ Dan menghasilkan gelembung-gelembung gas yang menyebabkan cemaran-cemaran tersebut terangkat ke atas permukaan air.

Reaktor lektrokoagulasi adalah sel elektrokimia dimana anoda (menggunakan aluminium) digunakan sebagai koagulan. Secara simultan, gas-gas elektrolit dihasilkan (hydrogen pada katoda). Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negative (anion) bergerak ke anoda meyerahkan electron yang dioksidasi. Pada katoda ion H^+ dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hydrogen yang bebas sebagai gelembung-gelembung gas. Larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air)

dan terbentuk gas hydrogen (H_2) pada katoda. Pada anoda yang terbuat dari aluminium akan teroksidasi, ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2).

Penurunan kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) menunjukkan bahwa pada proses elektrokoagulasi terjadi koagulasi dalam sampel air dan terbentuk flok yang akan mengendap, sehingga kadar dari polutan dalam air semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena lama waktu kontak memberikan potensial urai pada elektroda Al untuk melepas Al^{3+} semakin besar, sehingga gumpalan $Al(OH)_3$ juga semakin besar, banyaknya gumpalan yang terbentuk dapat mengikat polutan lebih banyak pula (Widayanto). Sesuai yang dikemukakan oleh *Michael Faraday*, bahwa semakin lama waktu elektrolisis hasil dari suatu reaksi kimia yang dikehendaki juga akan semakin bertambah. Bentuk pengolahan selain dapat menurunkan parameter kimia pada air bersih juga menghasilkan effluen yang jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau.

4. Rerata Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dengan Tegangan 12 Volt selama 15 Menit, 30 Menit, dan 45 Menit

Sampel Kadar Besi (Fe) yang diambil dari Jl. Teluk Bayur II, Maccini Sombala, Kecamatan Tamalate, Kota Makassar sebanyak 8 liter untuk setiap perlakuan, ini sebelum dilakukan perlakuan secara fisik air tersebut berbau dan berwarna. Air yang ada digunakan masyarakat untuk keperluan sehari-hari, sedangkan untuk sampel air kadar Mangan (Mn) yang digunakan berasal dari Kampung Sapiria, kelurahan Panampu, Kecamatan Tallo, Kota Makassar sebelum dilakukan perlakuan secara fisik berbau dan berwarna kuning. Air tersebut digunakan beberapa kepala rumah tangga untuk keperluan sehari-hari.

Metode Elektrokoagulasi dalam

pengolahan air yang tercemar merupakan proses kimia, dengan sumber aluminium berupa kation Aluminium (Al^{3+}) yang dihasilkan dari elektrolisa logam aluminium untuk dilarutkan dalam air sebagai koagulan. Pelarutan aluminium terjadi pada elektroda baik anoda. Pada proses pelarutan aluminium ini terjadi reaksi kimia yang berbeda pada permukaan kedua elektroda. Pada bagian katoda terjadi penyerapan permukaan elektroda atau yang biasa disebut absorpsi sedangkan pada anoda terjadi penurunan ion positif. Anoda melepaskan ion-ion positif sehingga ion-ion positif ini akan terus berkurang saat dialiri listrik. Sedangkan pada katoda akan menghasilkan lapisan baru di atas permukaan plat. Lapisan baru ini akan mengubah permukaan plat elektroda secara signifikan dan meningkatkan daya potensial listrik untuk mengalirkan arus listrik sebelum percobaan berlangsung. *Sludge* atau endapan yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi lebih aman karena tidak mengandung sulfat maupun klorida seperti halnya bila menggunakan koagulan bahan kimia seperti tawas atau Al (aluminium) dan PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan pada dua elektroda dan dialiri listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima electron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan electron yang dioksidasi. Pada Katoda: Ion H^+ dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hydrogen yang akan bebas sebagai gelembung- gelembung gas

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

Larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) yang terbentuk gas hydrogen (H_2) pada katoda

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$$

Reaksi pada anoda terbuat dari aluminium akan teroksidasi

$$Al^0 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3H^+ + 3e^-$$

Ion OH^- dari basa akan mengalami

oksidasi membentuk gas oksigen (O₂)
 $4OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$

Dari reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas, buih dan gelembung Al (OH)₃. Selanjutnya gumpalan yang terbentuk akan menjebak secara elektroionik terhadap logam Fe dan Mn yang ada dalam air limbah. Sehingga gumpalan akan memiliki kecenderungan mengendap. Prayitno, 2017

Berdasarkan penelitian Rusdianasari dkk (2019) Pada waktu 30 menit dengan tegangan 20 Volt mengalami penurunan 0,76 mg/l untuk kadar Besi (Fe) dan kadar Mangan (Mn) yaitu 0,04 mg/l dari sampel awal sebesar 1.3 mg/l. Setiap perubahan rapat arus dan lama waktu kontak proses menghasilkan efisiensi elektrokoagulasi yang berbeda. Peningkatan persentase penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dengan menggunakan elektrokoagulasi pada variasi tegangan yang dilakukan menunjukkan adanya perbedaan dari setiap perlakuan atau variasi waktu yang digunakan. Sedangkan pada penelitian Prayitno, Endro. K (2017) Penurunan kadar TSS juga terjadi pada perubahan lamanya proses elektrokoagulasi, semakin lama waktu prosesnya akan dihasilkan penurunan kadar TSS yang semakin besar.

Selain itu biaya yang digunakan untuk pengolahan air bersih dengan elektrokoagulasi pada tegangan 12 Volt selama 30 menit untuk skala Laboratorium yaitu sebesar Rp.17.6,- dan pada variasi waktu 45 menit biaya yang digunakan yaitu 52.81,-. Berbeda dengan penelitian (Rasman dan Firdaus) dengan tegangan 20 Volt waktu 45 menurunkan kadar Besi (Fe) sebesar 99,74%. Dapat dinyatakan bahwa perlakuan yang paling efektif dari ketiga variasi yang digunakan dengan menggunakan elektrokoagulasi pada tegangan 12 Volt yaitu dengan waktu 30 menit untuk menurunkan kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada air bersih. Hasil persentase yang di dapatkan untuk waktu 30 menit besar penurunannya

yaitu 97.45%. Sedangkan untuk Kadar Mangan (Mn) waktu yang paling efektif yaitu variasi waktu 30 menit dengan penurunan sebesar 100%. Hal ini sejalan dengan Penelitian Saryulis Auliahadi (2020) waktu yang paling efektif untuk menurunkan kadar Besi (Fe) yaitu 30 menit dengan efisiensi penurunan sebesar 98,73% dengan kadar awal yaitu 2,38 mg/l.

Setelah proses elektrokoagulasi air yang dihasilkan untuk kadar Mangan (Mn) lebih jernih dari air yang dilakukan pengolahan selama 15 menit. Biaya listrik yang digunakan untuk skala laboratorium pada proses elektrokoagulasi yaitu Rp.17.6,-. Selain dari besarnya persentase penurunan, jumlah biaya yang dikeluarkan dan besarnya tegangan jugamenjadi alasan mengapa variasi waktu 30 menit dengan tegangan 12 Volt menjadi salah satu variasi waktu yang paling efektif untuk menurunkan kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada air bersih.

Rerata penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) tersebut telah memenuhi syarat baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Permandian Umum yaitu kadar maksimum yang diperbolehkan pada air bersih untuk kadar Besi (Fe) yaitu 1 mg/l sedangkan untuk kadar Mangan (Mn) yaitu 0,5mg/l.

KESIMPULAN

Penurunan kadar Besi (Fe) dan kadar Mangan (Mn) menggunakan metode elektrokoagulasi pada air bersih telah sesuai dengan standar baku mutu Permenkes 32 Tahun 2017 dan diuraikan sebagai berikut:

1. Pada variasi waktu 15 menit penurunan kadar Besi (Fe) sebesar 6.76 mg/l atau persentase 89.03% dan pada kadar Mangan (Mn) terjadi penurunan sebesar 1.73 mg/l atau dengan persentase 100%.
2. Pada variasi waktu 30 menit penurunan kadar Besi (Fe) sebesar 7.01 mg/l atau

- dengan persentase 97.45% dan pada kadar Mangan (Mn) penurunan sebesar 1.72 mg/l atau dengan persentase 100%.
3. Pada variasi waktu 45 menit penurunan kadar Besi (Fe) sebesar 7.2 mg/l atau dengan persentase 100% dan pada kadar Mangan (Mn) penurunan sebesar 1.72 mg/l atau dengan persentase 100%.

SARAN

1. Bagi peneliti selanjutnya agar melakukan penelitian lanjutan seperti Penyaringan (Filtrasi) karena proses dari elektrokoagulasi menghasilkan

flok sehingga air bersih belum bisa digunakan secara langsung dan melakukan pemeriksaan kekeruhan pada air yang telah dilakukan pengolahan.

2. Bagi masyarakat yang memiliki permasalahan air yang mengandung kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada air bersih, metode ini merupakan salah satu pilihan yang dapat digunakan sebagai salah satu upaya untuk menunjang kebutuhan air bersih dari segi kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam Fadillah, dkk. 2018. *Pengolahan Air Gambut untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan dengan Proses Elektrokoagulasi secara Kontiniu*. Universitas Riau, 10 (1). <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/download/2066/19932> (Diakses Online 10 Januari 2021)
- Al Kholif, M., Sugito, S., Pungut, P., & Sutrisno, J. 2020. *Kombinasi Tray Aerator Dan Filtrasi Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur*. *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 14(1), 28. <https://doi.org/10.24843/ejes.2020.v14.i01.p03> (Diakses Online 10 Januari 2021)
- Auliahadi, S. 2020. *Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*. *Skripsi Sarjana, TA/TL-USU*, 1–56. https://www.researchgate.net/publication/331325572_PENURUNAN_KADUNGAN_BESI_Fe_DALAM_AIR_TANAH_DENGAN_METODE_ELEKTRO_KOAGULASI/link/5e95298b4585150839daf7a8/download. (Diakses Online 19 Juli 2021)
- Ashari, A., Budianta, D., & Setiabudidaya, D. 2017. *Efektivitas Elektroda pada Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Air Asam Tambang*. *Jurnal Penelitian Sains*, 17(2), 168442. <http://ejournal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/article/view/47/42>
- Febrian, K. 2018. *Perbandingan Efisiensi Elektroda Aluminium (Al), Besi (Fe) dan Seng (Zn) Dalam Menyisihkan Nitrat dan Fosfat dengan Elektrokoagulasi*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/11653/140407034.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Diakses Online 19 Juli 2021)
- Febrina, A., & Astrid, A. 2017. *Studi Penurunan Kadar Besi (Fe dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik*. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 3644. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/download/369/341> (Diakses Online 19 Juli 2021)
- Indah, M. 2017. *Proses Elektrokoagulasi Untuk Menurunkan Kadar Thorium dalam Limbah Hasil Pengolahan Logam Tanah Jarang*. <https://lib.unnes.ac.id/32290/1/4311413071.pdf> (Diakses online 19 Juni 2021)
- Memik Dian, dkk. 2018. *Penurunan Kandungan Besi (Fe) dalam Air Tanah dengan Metode Elektrokoagulasi*. *Jurnal Teknik Kimia*. 12 (2): 59-63. (Online) <http://ejournal.upnjatim.ac.id>.
- Muliyana, R. I. A. 2019. *Upaya penurunan kadar logam berat air menggunakan metode elektrokoagulasi untuk menghasilkan air bersih*. (Online) <http://repository.uinsu.ac.id/8197/1/Skripsi%20All.pdf> (Diakses Online 12 Desember 2020)
- Prayitno, Endro, K. 2017 *Percobaan awal proses Elektrokoagulasi sebagai metode alternatif pada pengolahan Limbah Cair*. Yogyakarta.reponkm.batan.go.id/3001/1/PROSIDING_PRAYITNO_PSTA_2021.pdf (Diakses online 05 Juli 2021)
- Rasman dan Firdaus. 2018. *Kemampuan Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Sumur Bor*. *Makassar*. Politeknik Kesehatan Kemenkes Makassar. (Online)

- <http://journal.polte kkes mks.ac.id/ojs2/index.php/Sulolipu/article/view/1154/654> (Diakses Online 16 Desember 2020)
- Republik Indonesia. 2017. *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Matu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higenie Sanitasi,Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Permandian Umum*. Kemenkes RI, Jakarta
- Ronny, Muntu. 2019. *Penyehatan Air*. Makassar. Politeknik Jurusan Kesehatan Lingkungan
- Rusdianasari, Y Bow, dkk. 2019. *Peat Water Treatment by Electrocoagulation using Aluminium Electrodes*. *Earth and Environmental Science* 258. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/258/1/0120113.pdf> (Diakses Online 02 Juli 2021)
- Saryulis Auliahadi. (2020). *Peningkatan Kualias Air Sumur Gali Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*. Universitas Sumatera Utara. [Repository.usu.ac.id/bitstream/handle/12345679/29611/16407080.pdf](https://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/12345679/29611/16407080.pdf)(Diakses Online 02Juli 2021)
- Serlya U, Sulaiman H, dkk. 2019. *Pengaruh Jarak TrAy Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe)*. (Online).[file:///C:/Users/ASUS/Downloads/192-649-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/192-649-1-PB%20(2).pdf). (Diakses Online 12 Januari 2021)
- Siregar, R. L. 2020. *Studi Penurnan Kadar Besi (Fe), tembaga (Cu) pada air lindi dengan menggunakan elektrokoagulasi Besi (Fe)*. [Repository.usu.ac.id/handle/123456789/30194](https://repository.usu.ac.id/handle/123456789/30194). Diakses online 19 Juni 2021).
- Suwanto, Sudarno, Ajeng.A.S.dkk. 2017 *Penyisihan Fe, Warna, dan Kekeruhan pada Air Gambut Menggunakan metode Elektrokoagulasi*. <https://meda.neliti.com/media/publications/192423-ID-penyisihan-fe-warna-dan-kekeruhan-pada-a.pdf> (Diakses online 19 Juni 2021)
- Wasito, B. 2017. *Pengaruh tegangan dan waktu pada pengolahan Limbah Radioaktif Uraium dan Torium dengan proses Elektrokoagulasi*. *Sekolah Tinggi Teknologi*. Yogyakarta. <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/download/1179/1057>. (Diakses online p ada tanggal 19 Juni 2021)
- Wahyuni Sahani, dkk. 2018. *Pedoman Penulisan Proposal Penelitian Dan Skripsi*. Makassar: PoliteknikKesehatan Jurusan Kesehatan Lingkungan

Tabel 1
Hasil Awal dan Kontrol Kadar Besi (Fe) pada Air Bersih

No	Pemeriksaan	Kadar Besi (Fe) Mg/L	
		Awal	Kontrol
1	Waktu 15 menit	7.6	5.8
2	Waktu 30 menit	7.2	4.4
3	Waktu 45 menit	7.2	3.0
	Rerata	7.3	4.4

Sumber Data Primer, 2021

Tabel 2
Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Menggunakan Elektrokoagulasi pada Tegangan 12 Volt Selama 15 menit

No	Pemeriksaan	Kadar Besi (Fe) Mg/L		Penurunan	
		Sebelum	Sesudah	Kadar (mg/l)	Persentase (%)
1	Replikasi I	7.6	0.55	7.05	92,76
2	Replikasi II	7.6	1.30	6.3	82.89
3	Replikasi III	7.6	0.65	6.95	91.44
	Rerata	7.6	0.83	6.76	89.03

Sumber : Data Primer, 2021

Tabel 3
Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Menggunakan Elektrokoagulasi pada Tegangan 12 Volt Selama 30 menit

No	Pemeriksaan	Kadar Besi (Fe) Mg/L		Penurunan	
		Sebelum	Sesudah	Kadar (mg/l)	Persentase (%)
1	Replikasi I	7.2	0.35	6.85	95.13
2	Replikasi II	7.2	0.20	7	97.22
3	Replikasi III	7.2	0	7.2	100
	Rerata	7.6	7.2	0.18	7.01

Sumber : Data Primer, 2021

Tabel 4
Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Menggunakan Elektrokoagulasi pada Tegangan 12 Volt Selama 45 menit

No	Pemeriksaan	Kadar Besi (Fe) Mg/L		Penurunan	
		Sebelum	Sesudah	Kadar (mg/l)	Persentase (%)
1	Replikasi I	7.2	0	7.2	100
2	Replikasi II	7.2	0	7.2	100
3	Replikasi III	7.2	0	7.2	100
	Rerata	7.6	7.2	0	7.2

Sumber : Data Primer, 2021

Tabel 5
Hasil Awal dan Kontrol Kadar Mangan (Mn) pada Air Bersih

No	Pemeriksaan	Kadar Mangan (Mn) Mg/L	
		Awal	Kontrol
1	Waktu 15 menit	1.73	1.70
2	Waktu 30 menit	1.72	1.71
3	Waktu 45 menit	1.72	1.71
Rerata		1.72	1.70

Sumber Data Primer, 2021

Tabel 6
Penurunan Kadar Mangan (Mn) dengan Menggunakan Elektrokoagulasi pada Tegangan 12 Volt Selama 15 menit

No	Pemeriksaan	Kadar Mangan (Mn) Mg/L		Penurunan	
		Sebelum	Sesudah	Kadar (mg/l)	Persentase (%)
1	Replikasi I	1.73	0	1.73	100
2	Replikasi II	1.73	0	1.73	100
3	Replikasi III	1.73	0	1.73	100
Rerata		1.73	0	1.73	100

Sumber : Data Primer, 2021

Tabel 7
Penurunan Kadar Mangan (Mn) dengan Menggunakan Elektrokoagulasi pada Tegangan 12 Volt Selama 30 menit

No	Pemeriksaan	Kadar Mangan (Mn) Mg/L		Penurunan	
		Sebelum	Sesudah	Kadar (mg/l)	Persentase (%)
1	Replikasi I	1.72	0	1.72	100
2	Replikasi II	1.72	0	1.72	100
3	Replikasi III	1.72	0	1.72	100
Rerata		1.72	0	1.72	100

Sumber : Data Primer, 2021

Tabel 8
Penurunan Kadar Mangan (Mn) dengan Menggunakan Elektrokoagulasi pada Tegangan 12 Volt Selama 45 menit

No	Pemeriksaan	Kadar Mangan (Mn) Mg/L		Penurunan	
		Sebelum	Sesudah	Kadar (mg/l)	Persentase (%)
1	Replikasi I	1.72	0	1.72	100
2	Replikasi II	1.72	0	1.72	100
3	Replikasi III	1.72	0	1.72	100
Rerata		1.72	0	1.72	100

Sumber : Data Primer, 2021