



## Studi Penyisihan Fe dari Air Tanah dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Kontinyu

### *Study of Fe Removal from Groundwater using Continuous-Flow Electrocoagulation Method*

Memik Dian Pusfitasari<sup>1,2\*</sup>, Almas Zathalini<sup>1</sup>, Ryan Rizki Hidayat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Kampus ITK Karang Joang, Balikpapan, Indonesia 76127

<sup>2</sup> Pusat Unggulan Riset Elektrokimia, Institut Teknologi Kalimantan, Kampus ITK Karang Joang, Balikpapan, Indonesia 76127

\*Corresponding Author: memik.dp@lecturer.itk.ac.id

Received: 29<sup>th</sup> April 2025; Revised: 15<sup>th</sup> June 2025; Accepted: 14<sup>th</sup> July 2025

#### ABSTRAK

Air tanah merupakan salah satu alternatif sumber air yang biasa digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air bersihnya. Namun keberadaan Fe di dalam air tanah dalam kondisi melebihi ambang batas perlu menjadi perhatian mengingat bahayanya jika dikonsumsi dalam jangka panjang. Untuk itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji penggunaan metode elektrokoagulasi untuk menyisihkan kandungan Fe di dalam air tanah. Selain itu, akan dikaji sejauh apa pengaruh penambahan aerasi selama proses elektrokoagulasi, serta pengaruh penyaringan dan pengendapan terhadap air pasca elektrokoagulasi. Penelitian ini dilakukan dengan sistem kontinyu menggunakan variasi tegangan sebesar 5, 10, dan 15 V. Waktu pengambilan sampel adalah 15, 30, 60, 90, dan 120 menit, dengan laju aliran 33,3 ml/menit menggunakan pelat aluminium sebagai elektroda. Hasilnya menunjukkan, pada setiap variabel, bahwa konsentrasi besi berada di bawah ambang batas yang ditentukan sebesar 0,3 mg/L dan dapat menurunkan konsentrasi besi hingga 99,61%.

**Kata kunci:** aluminium, elektrokoagulasi, air tanah, penyisihan besi, beda potensial

#### ABSTRACT

*Groundwater is one of the alternative water sources commonly used by the community to meet its clean water needs. However, the presence of Fe in groundwater under conditions exceeding the threshold should be a concern, considering the potential dangers associated with long-term consumption. Therefore, this study was conducted to investigate the application of the electrocoagulation method in reducing the Fe content in groundwater. Additionally, the study will investigate the extent of the effect of adding aeration during the electrocoagulation process, as well as the impact of filtration and sedimentation on the post-electrocoagulation water. This research was conducted using a continuous system with voltage variations of 5, 10, and 15 V. The sampling times were 15, 30, 60, 90, and 120 minutes, with a flow rate of 33.3 ml/min using aluminum plates as electrodes. The results show, for each variable, that the iron concentration is below the specified threshold of 0.3 mg/L and can be reduced by up to 99.61%.*

**Keywords:** aluminum, electrocoagulation, groundwater, iron removal, voltage

Copyright © 2025 by Authors, Published by JITK. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

How to cite: Dian Pusfitasari, M., Zathalini, A., & Rizki Hidayat, R. (2025). Studi Penyisihan Fe dari Air Tanah dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Kontinyu: -. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, 9(2).

Permalink/DOI: [10.32493/jitk.v9i2.48795](https://doi.org/10.32493/jitk.v9i2.48795)



## PENDAHULUAN

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan penting bagi keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Namun ironisnya, air bersih makin hari makin sulit diperoleh. Kelangkaan air ini terjadi karena beberapa faktor diantaranya diakibatkan oleh adanya perubahan iklim dan tingginya pertumbuhan penduduk yang kemudian berdampak pada peningkatan pencemaran air sebagai aktivitas dari manusia itu sendiri (Wang, et al, 2021), (Tan, et al, 2022). Indonesia sendiri menetapkan target 100% akses air bersih pada tahun 2045, namun BPS melalui Survei Sosial Ekonomi Nasional mencatat bahwa akses terhadap air bersih hingga tahun 2024 masih berapa di rerata 92,64% (BPS, 2010).

Air tanah menjadi salah satu alternatif yang digunakan oleh masyarakat guna memenuhi kebutuhan air bersihnya. Namun, air tanah di beberapa daerah di Indonesia dalam hal ini termasuk kota Balikpapan memiliki kandungan besi (Fe) yang cukup tinggi (Irawan, dkk, 2019). Kondisi ini membuat air tanah tidak bisa dimanfaatkan lebih jauh mengingat bahayanya. Kandungan Fe yang tinggi menyebabkan air berubah menjadi kuning kecoklatan setelah beberapa saat kontak dengan udara. Di samping itu, kandungan Fe ini juga dapat menimbulkan gangguan kesehatan, air berbau karat, dan menyebabkan kerak pada dinding bak kamar mandi, serta bercak kuning pada baju (Pusfitasari, dkk, 2018). Adapun menurut Permenkes No 492/2010 dan WHO, kandungan Fe dalam air minum maksimum yang diperbolehkan adalah 0,3 mg/L (Menkes RI, 2010), (WHO, 1996). Oleh karena itu, Upaya memperbaiki kualitas air tanah selain mempersiapkan alternatif pengganti air tanah patut menjadi perhatian semua pihak ke depannya.

Berbagai metode guna menyisihkan Fe dari air dalam hal ini termasuk air tanah telah banyak dikaji, diantaranya oksidasi/filtrasi, pertukaran ion, *lime softening*, adsorpsi, penggunaan karbon aktif dan material filtrasi lainnya, ekstraksi fluida superkritis, dan lainnya. Namun metode-metode tersebut

terhitung mahal dan efektivitasnya rendah terutama jika jumlah kontaminannya tinggi. Di sisi lain, metode elektrokoagulasi menjanjikan keunggulan lebih dibandingkan metode lainnya, dimana dengan metode ini kandungan Fe di dalam air dapat dikurangi sebesar 95-99,7% (Pusfitasari, dkk 2018), (Chaturvedi and Dave, 2012). Elektrokoagulasi sendiri merupakan pengembangan dari proses elektrolisis yang menggunakan elektroda sebagai titik tumpu pengendali prinsip kerja dari sistem ini. Prinsip dasar dari elektrokoagulasi adalah reaksi redoks, dimana selain elektroda, yang terlibat dalam reaksi adalah air yang diolah sebagai larutan elektrolit. Metode ini juga merupakan menggabungkan dengan metode koagulasi/flokulasi, dimana dalam proses elektrokoagulasi, elektroda logam yang digunakan sebagai anoda akan teroksidasi menjadi ion  $M^+$  yang selenjutnya akan bereaksi dengan ion  $OH^-$  dari katoda yang merupakan hasil reduksi air dan membentuk  $M(OH)_n$ . Pada tahap berikutnya,  $M(OH)_n$  akan bertindak sebagai koagulan yang akan mengikat polutan di dalam air (El Tawel, et al, 2015), (Ghernaout, et al, 2019).

Metode elektrokimia menggunakan peralatan yang sederhana, mudah dioperasikan, dan memerlukan perawatan minimal (Pusfitasari, dkk 2018), (Chaturvedi and Dave, 2012), (Fajarah, et al., 2012; Setyawan, et al., 2014). Selain itu, metode ini berkelanjutan secara lingkungan karena menghilangkan kebutuhan akan bahan kimia berbahaya dan dapat menggunakan sumber energi terbarukan. Tidak hanya itu, produk samping dari proses elektrokoagulasi dapat ditangani dengan lebih mudah dan dibuang ke lingkungan dengan aman atau bahkan dapat dimanfaatkan kembali pada aplikasi yang lain sehingga dapat mengurangi dampak lingkungannya. (Chaturvedi and Dave, 2012), (Abdulhadi, dkk, 2010), (Bandaru, et al, 2020). Sedangkan kekurangan pada metode elektrokoagulasi yaitu elektroda yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi harus diganti secara teratur dan juga terbentuknya lapisan pada elektroda akan mengurangi efisiensi pengolahan (Rahmawati, dkk, 2014).

Pemilihan elektroda dalam penerapan



elektrokoagulasi menjadi bagian penting yang tidak bisa diabaikan, mengingat pemilihan elektroda ini sendiri berkaitan dengan sejauh mana kinerja sel elektrokoagulasi dalam mereduksi kontaminan dalam air. Elektroda yang digunakan rata-rata berbasis logam lainnya seperti *stainless steel*, besi, dan aluminium. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, diketahui bahwa aluminium memiliki efektivitas yang paling tinggi dari ketiganya (Chaturvedi and Dave, 2012), (Hasyim, et al., 2017), (Pusfitasari, dkk, 2018), (El Tawel, et al., 2015), (Ghernaout, 2019), (Wiyanto, dkk, 2014). Untuk itu dalam kajian kali ini, penulis akan fokus mengkaji lebih dalam mengenai penggunaan aluminium sebagai elektroda.

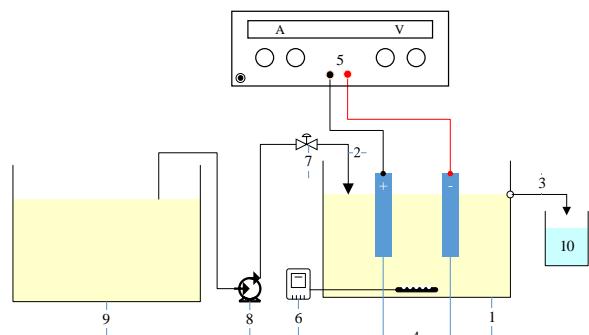
Dalam banyak kajian, elektrokoagulasi masih dilakukan dalam sistem *batch* dimana sistem ini mengharuskan air yang diolah tetap berada di dalam sel elektrokimia selama beberapa waktu tanpa ada arus masuk dan keluar. Meskipun sistem ini cara memiliki cara kerja yang baik, namun akan sangat merepotkan dan membutuhkan sel elektrokimia yang besar jika digunakan untuk mengolah air dalam skala besar (Irwan, dkk.). Untuk itu, dalam kajian ini, elektrokoagulasi akan dilakukan dalam sistem kontinyu. Selain itu, pada kesempatan ini juga akan dikaji pengaruh aerasi selama proses elektrokoagulasi dan pengaruh penyaringan dan pengendapan terhadap air pasca elektrokoagulasi. Harapannya, sistem ini nantinya dapat digunakan untuk pengolahan air skala besar secara murah, mudah, efektif, dan efisien.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu sampel air tanah yang diambil dari warung makan Lumajang yang terletak di Jl. Soekarno Hatta, Karang Joang, Kec. Balikpapan Utara, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur 76127 (VV6J+F4 Karang Joang, Balikpapan City, East Kalimantan) dan kertas saring (tanpa merk). Alat yang digunakan yaitu sel elektrokimia yang terdiri dari reaktor elektrokimia, plat aluminium sebagai

elektroda baik anoda maupun katoda dengan ukuran  $5 \times 2 \times 0,1$  cm, catu daya (Sanfix SP-6010), dan kabel yang telah tersambung dengan penjepit buaya. Selain itu, sel elektrokimia juga dilengkapi dengan katup air untuk mengalirkan air sebelum dan sesudah diolah. Untuk pengkondisian sistem kontinyu, sel elektrokimia dilengkapi dengan bak air dan pompa yang dilengkapi dengan pengatur laju alir air. Aerator juga disiapkan untuk mendukung proses aerasi. Gambar 1 menunjukkan skema 2D dari sel elektrokimia yang digunakan secara lebih detail. Selain itu, digunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) di Baristand Samarinda untuk mengetahui kandungan Fe dalam air tanah sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi dilakukan.



- Keterangan :
- 1. Reaktor elektrokimia
  - 2. Air masuk
  - 3. Air keluar
  - 4. Elektroda
  - 5. Catu daya
  - 6. Aerator
  - 7. Flow meter
  - 8. Pompa air
  - 9. Bejana penampung air tanah
  - 10. Bejana penampung air pasca proses

Gambar 1. Skema peralatan yang digunakan

### Prosedur Kerja

Sampel air tanah yang telah diambil terlebih dahulu diuji untuk mengetahui kandungan Fe di dalamnya. Kenampakan air tanah sesaat setelah berkontak dengan udara dan diperkuat dengan hasil uji yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan Fe di dalam air tanah jauh melebihi baku mutu yang diijinkan. Proses pengambilan air tanah dilakukan berkala selama penelitian berjalan untuk memastikan bahwa Fe di dalam air tanah tidak mengendap di dalam jerigen tempat penyimpanan sementara air tanah.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sistem kontinyu dimana air akan dialirkan secara terus menerus ke dalam reaktor



dengan laju alir 33,3 ml/menit dan di saat bersamaan akan keluar melalui katup air yang telah *disetting overflow* dengan laju alir yang sama. Sebelum proses elektrokoagulasi dilakukan, air tanah diisi sesuai dengan volume reaktor yang telah ditentukan sebelum kemudian dialirkan air tanah baru dari bejana penampung air tanah. Elektroda aluminium dipasang secara paralel dengan jarak 3 cm yang terhubung dengan catu daya dengan variabel beda potensial 5, 10, dan 15 volt. Sampel air tanah pasca elektrokoagulasi diambil secara berkala pada 15, 30, 60, dan 90 menit. Aerator akan mengalirkan udara selama proses elektrokoagulasi berlangsung jika dibutuhkan. Sampel air tanah yang telah diambil kemudian diberi perlakuan berbeda yaitu dengan pengendapan atau dengan penyaringan untuk mengkaji pengaruh perlakuan terhadap kualitas air tanah pasca elektrokoagulasi dilakukan. Selanjutnya sampel air tanah yang telah diambil akan diuji kembali dengan AAS untuk mengetahui kandungan Fe yang masih tersisa di dalam air tanah. Adapun sampel air yang diuji diambil sekali untuk setiap variabel (tanpa replikasi).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti beberapa skenario untuk memastikan keterkaitan beberapa dugaan yang mungkin akan mempengaruhi hasil dari proses elektrokoagulasi yang dilakukan sebagaimana yang tertera dalam Tabel 1. Kemungkinan yang dimaksud adalah kaitannya dengan pengaruh aerasi, pengendapan, dan proses penyaringan yang dilakukan.

Tabel 1. Rancangan Penelitian

Proses	Perlakuan Pasca Elektrokoagulasi	
	Pengendapan	Penyaringan
-	√	√
Aerasi	√	

Elektro-koagulasi	√	√
Elektro-koagulasi i - Aerasi	√	√

Fe di dalam air pada umumnya berbentuk  $Fe^{2+}$  yang larut dalam air. Ketika air yang mengandung Fe berkontak dengan udara atau  $O_2$  pada pH yang sesuai, maka Fe dalam bentuk  $Fe^{2+}$  ini akan teroksidasi menjadi  $Fe^{3+}$  dan dalam reaksi oksidasi lanjutan akan menghasilkan  $Fe(OH)_3$  yang berwarna kuning kecoklatan dan akan mengendap (Gendel and Lahav, 2010), (Hasyim, et al, 2017). Fakta ini menjadi tantangan untuk memastikan efektivitas dari proses elektrokoagulasi yang akan dikaji. Untuk itu, penelitian pendahuluan, telah dilakukan sebagai upaya validasi. Proses aerasi telah dilakukan selama 30 menit dan hasilnya menunjukkan bahwa waktu yang ada tidak cukup mampu membuat Fe yang terlarut di dalam air mengalami proses oksidasi dan mengendap sebagaimana yang diharapkan. Selain itu, proses pengendapan saja atau proses penyaringan hanya dengan kertas saring saja terhadap air tanah, faktanya tidak mampu mengurangi kandungan Fe dalam jumlah yang signifikan. Dalam hal ini, dapat disimpulkan bahwa proses aerasi dan pengendapan dapat dijadikan alternatif hanya saja butuh waktu yang relatif lama. Begitupun dengan proses penyaringan, dibutuhkan media filtrasi yang sesuai sehingga Fe dapat ditangkap oleh media filtrasi tersebut.

Pada tahap berikutnya, dilakukan 2 skenario yaitu (1) proses elektrokoagulasi dilanjutkan dengan pengendapan dan (2) elektrokoagulasi dibantu aerasi dilanjutkan dengan pengendapan. Proses elektrokoagulasi dilakukan secara kontinyu pada beda potensial 10 volt dan sampel diambil pada 30 dan 60 menit. Air tanah yang telah diolah baik hanya dengan elektrokoagulasi maupun dibantu dengan aerasi membutuhkan waktu setidaknya 30 menit sehingga flok (presipitat) Fe mulai mengendap di dasar botol sampel, namun dalam kurun waktu tersebut masih terdapat flok (presipitat) kecil yang berterbangan dan membutuhkan waktu beberapa jam sehingga



mampu mengendap secara sempurna di dasar botol. Hasil uji kandungan Fe dari air yang telah diolah ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil yang dipaparkan dapat Tabel 2 tersebut dapat diketahui bahwa kedua skenario penelitian yang digunakan menghasilkan % penyisihan Fe yang sama yaitu sebesar 99,61% atau dengan hasil akhir Fe di dalam air sebesar  $\leq 0,02$  mg/L (ambang batas sensitifitas AAS yang digunakan sebesar 0,02 mg/L).

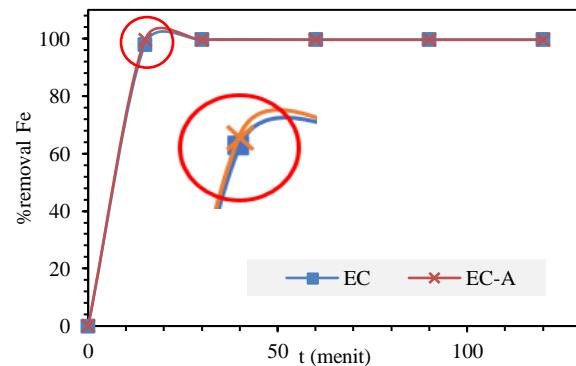
**Tabel 2.** Hasil uji kandungan Fe dengan metode elektrokoagulasi – aerasi – pengendapan

Beda Potensi al (volt)	Metode	$t_{\text{pengambilan sampel}}^*$	% penyisihan Fe
		(menit)	(menit)
10	Elektrokoagulasi – Pengendapan	30	99,61
	Pengendapan	60	99,61
10	Elektrokoagulasi – Aerasi – Pengendapan	30	99,61
	Pengendapan	60	99,61

Selanjutnya, skenario yang dikaji adalah membandingkan antara elektrokoagulasi dibantu dengan penyaringan dengan kertas saring dan elektrokimia – aerasi dibantu dengan penyaringan. Parameter penelitian yang digunakan masih sama seperti sebelumnya dimana beda potensial yang digunakan sebesar 10 volt dan sampel diambil pada 30 dan 60 menit. Hasil yang diperoleh dari hasil uji Fe pada air yang diolah menunjukkan bahwa flok dari Fe mampu ditangkap oleh kertas saring yang digunakan berbeda ketika air tanah tanpa diintervensi dengan elektrokoagulasi. Adapun % penyisian Fe yang diperoleh kurang lebih sama seperti pada Tabel 2.

Pada tahap terakhir, proses elektrokoagulasi dikaji dengan atau tanpa aerasi diikuti dengan proses penyaringan dilakukan pada beda potensial 5, 10, dan 15 volt dengan waktu pengambilan sampel 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Hasil uji Fe terhadap air yang diolah ditunjukkan pada Gambar 2. Dari Gambar 2 ini dapat diamati bahwa proses elektrokoagulasi dengan atau tanpa aerasi yang dilanjutkan dengan penyaringan memberikan nilai % penyisihan

Fe hampir sama. Adapun perbedaan hanya terletak pada saat pengambilan sampel dilakukan pada menit ke-15 dimana proses elektrokoagulasi yang diintervensi dengan aerasi memberikan % penyisihan Fe yang lebih tinggi. Hal ini dapat memperkuat kajian dimana proses aerasi itu sendiri dapat dijadikan metode alternatif penyisihan Fe dari air. Pada dasarnya pemberian intervensi aerasi pada proses elektrokoagulasi memiliki 2 fungsi sekaligus, pertama menambah jumlah  $O_2$  terlarut di dalam air sehingga proses oksidasi Fe berjalan dengan lebih cepat sekaligus sebagai pengaduk. Pengadukan ini sendiri memberikan dampak pada homogenisasi dari air tanah yang baru masuk ke dalam reaktor dan yang telah diolah di dalam reaktor sehingga ion Fe yang mungkin terletak jauh dari area redoks di sekitar elektroda dapat didorong menuju area tersebut (Chaturvedi and Dave, 2012, (Hasyim, dkk, 2017), (Phadke, 2014). Namun yang perlu dipertimbangkan lagi ketika menambahkan aerator adalah meningkatnya jumlah energi listrik yang akan dibutuhkan nantinya



**Gambar 2.** % penyisihan Fe terhadap waktu pada metode elektrokoagulasi dan elektrokoagulasi-aerasi

Adapun nilai % penyisihan Fe yang diperoleh dalam penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian lain yang menjelaskan bahwa elektroda aluminium memiliki nilai % penyisian Fe ataupun polutan lain paling tinggi dibandingkan dengan penggunaan elektroda logam lain Chaturvedi and Dave, 2012), (Hasyim, et all, 2017), (Pusfitasari, dkk, 2018), (El Tawel, et all, 2015), (Ghernaout, 2019), (Wiyanto, dkk, 2014). Hal ini terjadi lantaran logam aluminium yang digunakan dapat menghasilkan koagulan aktif berupa  $Al(OH)_3$ .



Hal ini terjadi karena  $\text{Al(OH)}_3$  diyakini mampu mengikat polutan terlarut termasuk Fe secara efektif, sedangkan gelembung hidrogen yang dihasilkan di sekitar katoda bertanggung jawab atas terjadinya pengapungan polutan di permukaan larutan elektrolit (Adhoum, et all, 2004), (Ghosh, et all, 2008), (Hasyim, et al, 2017)

## KESIMPULAN

Proses elektrokoagulasi baik dengan atau tanpa diintervensi dengan aerasi yang berjalan secara kontinyu berhasil menyisihkan Fe di dalam air tanah dengan % penyisihan Fe sebesar 99,61% dimana kandungan Fe di dalam air tanah yang telah diolah tersisa sebesar  $\leq 0,02 \text{ mg/L}$  (baku mutu Fe di dalam air minum sebesar 0,3 ml/L) yang dicapai hanya dengan menggunakan beda potensial sebesar 5 volt.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Institut Teknologi Kalimantan (ITK) yang telah memfasilitasi penelitian ini melalui hibah penelitian yang diberikan melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) serta fasilitas penelitian di Laboratorium Terpadu ITK.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdulhadi, B., Kot, P., Hashim, K. S., Shaw, A., Muradov, M., and Al Khaddar, R. M. (2020) Continuous-flow electrocoagulation (EC) process for iron removal from water: Experimental, statistical and economic study. *Science of The Total Environment*. 760: 143417. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143417>

Adhoum, N., Monser, L., Bellakhal, N., Belgaiied, J.E. (2004). Treatment of electroplating wastewater containing  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ , and  $\text{Cr(VI)}$  by electrocoagulation. *J. Hazard Mater.* 112, 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.05.001>

### 04.04.018

Bandaru, S. R. S., Roy, A., Gadgil, A. J., and Van Genuchten, C. M. (2020). Long-term electrode behavior during treatment of arsenic-contaminated groundwater by a pilot-scale iron electrocoagulation system. *Water Research*. 175: 115668. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.115668>

BPS-RI. (2024). Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Akses terhadap Sumber Air Minum Layak Menurut Provinsi dan Klasifikasi Desa (Persen). Retrieved on March 28, 2025, from <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/ODU0IzI=/persentase-rumah-tangga-menurut-provinsi--tipe-daerah-dan-sumber-air-minum-layak.html>.

Chaturvedi, S. and Dave, P. (2012), “Removal of iron for safe drinking water”, *Desalination*, 202:1-11. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.07.003>

El-Taweel, Y. A., Nassef, E. M., and Sayed, S. (2015). Removal of Cr(IV) ions from wastewater by electrocoagulation using iron electrode. *Egyptian Journal of Petroleum*, 24(2), 183-192. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.05.011>

Fajaroh, F., Setyawan, H., Widiyastuti, W., & Winardi, S. (2012). “Synthesis of magnetite nanoparticles by surfactant-free electrochemical method in an aqueous system. *Advanced power technology*, 1-6.

Gendel, Y. and Lahav, O. (2010). A new approach to increasing the efficiency of low-pH Fe-electrocoagulation applications. *Journal of Hazardous Materials*. 183:596-601. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.07.066>

Ghernaout, D., Alghamdi, A., & Ghernaout, B.



- (2019). Electrocoagulation Process: A Mechanistic Review at the Dawn of its Modeling. *J Environ Sci Allied Res.* 51-67.
- Ghosh, D., Solankiand, H., Purkait, M.K. (2008). Removal of Fe(II) from tap water by electrocoagulation technique. *J. Hazard Mater.* 155, 135-143.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.11.042>
- Hashim, K. S., Shaw, A., Al Khaddar, R., Pedrola, M. O., and Phipps, D. (2017). Iron removal, energy consumption and operating cost of electrocoagulation of drinking water using a new flow column reactor. *Journal of Environmental Management.* 189: 98-108.<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.035>
- Irawan, C, Purwanti, A, dan Norhasanah. Adsorpsi Logam Timbal Secara Batch dan Kontinu Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit. *JTERA.* 4(2): 267-276
- Irawan, C., Syahruddin, Abrar, A. (2019). Penerapan Teknologi Pengolahan Air Bersih di Pondok Pesantren Subulussalam Balikpapan. Prosiding SEPAKAT 2019. 01-01.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492/menkes/per/iv/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- Phadke, A., 2014. Iron Removal Using Electro-Coagulation Followed by Floating Bead Bed Filtration (MSc thesis). Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College
- Pusfitasari, M.D., Yogaswara, R. R., Jiwantara, D. M., Daud, dan Anggara, I. R. (2018). Penurunan Kandungan Besi (Fe) Dalam Air Tanah Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 12-2. <https://doi.org/10.33005/tekkim.v12i2.1087>
- Rachmawati, B., Surya P, Y., dan Mirwan, M. (2014), “Proses Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah Laundry”. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 6, Hal : 15-22.
- Setyawan, H., Fajaroh, F., Pusfitasari, M., Yuwana, M., & Affandi, S. (2014). A facile method to prepare high-purity magnetite nanoparticles by electrooxidation of iron in water using a pulsed direct current. 9, 768–774.
- Tan, N. P., Ucab, P. M., Dadol, G. C., Jabile, L. M., Talili, I. N., and Cabaraban, M. T. (2022). A review of desalination technologies and its impact in the Philippines. *Desalination.* 534(11):115805.  
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.115805>
- Wang, J., Dai, J., Jiang, Z., Chu, B., and Chen, F. (2021). Recent progress and prospect of flow-electrode electrochemical desalination system. *Desalination*, 504: 114964.  
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.114964>
- Wiyanto, E., Harsono, B., Makmur, A., Pangputra, R., Julita, dan Kurniawan, M. S. (2014). Penerapan elektrokoagulasi dalam proses penjernihan limbah cair. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro.* 12(1): 19-36.
- World Health Organization. (1996). Guideline for Drinking Water Quality, vol. 3. WHO, Geneva, pp. 231–236