



## Penerapan Metode Elektrokoagulasi Dalam Peningkatan Kualitas Larutan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Lizia Miratsi<sup>1,\*</sup>, Widodo Budi Kurniawan<sup>1</sup>, Anisa Indriawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Universitas Bangka Belitung

Kampus Terpadu UBB, Balunijuk, Kab. Bangka 33172, Prov. Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia

\*E-mail korespondensi: miratsilizia@gmail.com

### Info Artikel:

Dikirim:  
04 September  
2023

Revisi:  
15 Juli 2024

Diterima:  
20 September  
2024

### Kata Kunci:

electrocoagulation,  
 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  
solution quality

### Abstract

Electrocoagulation is a method that is often used to improve the quality of solutions. The electrocoagulation method has the advantages of not using chemical additives, easy and inexpensive operation, and having high efficiency in removing pollutants and contaminants. In this method, the pollutants obtained are easy to separate because of the floating surface of coagulated sediments called flocs. The solution used is  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  solution as a source of iron content and a replacement medium for water or solutions containing iron. The iron content in water is more dominant than other heavy metals, whereas in excess it can cause health problems. In this study, a standard iron solution was used at 10 ppm variations using the electrocoagulation method using an aluminum plate at a voltage of 25 volts and a time of 60 minutes, and testing for pH, TDS, and UV-Vis was carried out. Obtained after the electrocoagulation process of the Fe standard solution, each concentration experienced an increase in quality, in the form of a significant decrease in Fe concentration (ppm), an increase in the pH value from 3 to 5, and a decrease in the TDS value of 80.69% -85.88%. So, the electrocoagulation method can be applied to improve the quality of a solution.

## PENDAHULUAN

Elektrokoagulasi merupakan metode dengan penggumpalan yang mengembangkan prinsip sel elektrokimia untuk mengurangi polutan dan ion-ion logam yang terkandung dalam air dan dapat meningkatkan kualitas larutan [1, 2, 3]. Kelebihan metode elektrokoagulasi yaitu tidak menggunakan tambahan bahan kimia, operasional yang mudah dan murah, dan mempunyai efisiensi yang tinggi dalam penghilangan polutan dan kontaminan [1, 4, 5]. Selain itu, polutan yang diperoleh mudah dilakukan pemisahan karena dipermukaan mengapung sedimen yang terkoagulasi yang disebut flok [2].

Flok yang terbentuk dari elektrokoagulasi akan mengikat sedimen ataupun unsur yang ada dalam suatu cairan [2]. Pada air umumnya kandungan besi lebih dominan dibanding logam berat lainnya, dengan konsentrasi berkisar antara 0-50 mg/L [6], sedangkan yang masih diperbolehkan dalam air bersih adalah 1,0 mg/l [7]. Besi (Fe) merupakan logam yang keberadaannya sangat dibutuhkan dalam jumlah tertentu, namun dalam jumlah berlebih dapat merubah air menjadi kuning kemerahan dan menimbulkan masalah kesehatan.

Pada penelitian yang telah dilakukan Pusfitasari, et al. (2018), dengan menggunakan metode elektrokoagulasi diperoleh penurunan konsentrasi Fe pada air tanah yaitu mencapai

99,791%. Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik melakukan pengolahan larutan besi dengan menggunakan metode elektrokoagulasi untuk mengetahui peningkatan kualitas larutan. Larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan besi yang diperoleh dari serbuk  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  yang dilarutkan dalam aquades dan membentuk  $\text{Fe}^{3+}$  yang umumnya berada di air permukaan. Peneliti menggunakan larutan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebagai sumber kandungan besi dan media pengganti untuk air ataupun larutan yang didalamnya terkandung besi. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat menjadi studi awal untuk diterapkan pada larutan yang mengandung senyawa besi (Fe) pada sumber air maupun larutan limbah industri.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan Penelitian**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu wadah kaca elektrokoagulasi, *power supply*, plat aluminium, kabel jumper, timbangan analitik, gelas ukur, corong kaca, botol sampel, pH tester, TDS tester, UV-Vis Spektrofotometer. Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , aquadest, KSCN (Kalium tiosianat),  $\text{HNO}_3$ , kertas saring, dan kertas label.

### **Tahapan Penelitian**

Pada penelitian ini terdapat 2 tahapan penelitian yaitu pembuatan larutan standar besi (Fe) dan pengolahan larutan standar besi (Fe) dengan elektrokoagulasi.

#### **1. Pembuatan Larutan Standar Besi (Fe)**

Tahapan pertama dalam pembuatan larutan standar besi (Fe) adalah membuat larutan induk  $\text{Fe}^{3+}$  1000 ppm. Pembuatan larutan induk merujuk pada penelitian Fahmi (2022), 100 mL dilakukan dengan melarutkan 0,484 gram  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dengan aquadest dan ditambahkan 5 ml  $\text{HNO}_3$  65%. Setelah itu, untuk memperoleh larutan standar yaitu dengan melakukan pengenceran larutan induk  $\text{Fe}^{3+}$  1000 ppm menjadi 10 variasi, yaitu 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, 5 ppm, 6 ppm, 7 ppm, 8 ppm, 9 ppm dan 10 ppm. Adapun untuk pengenceran larutan menggunakan rumus pengenceran seperti pada persamaan 1 sebagai berikut.

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \tag{1}$$

Keterangan:

$C_1$  = Konsentrasi larutan induk (ppm)

$V_1$  = Volume larutan induk yang diambil (mL)

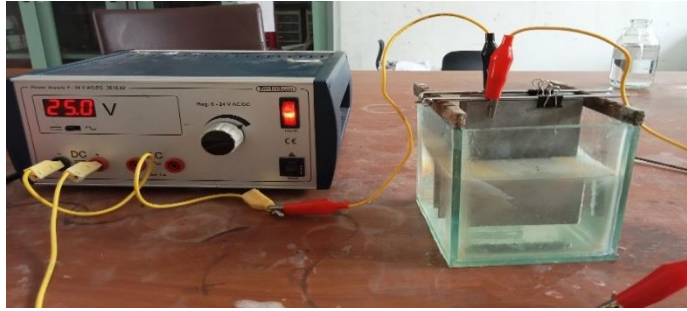
$C_2$  = Konsentrasi larutan yang diinginkan (ppm)

$V_2$  = Volume larutan yang dicari (mL)

Setelah diperoleh 10 variasi ppm larutan besi dilakukan pengujian UV-Vis. Untuk pengujian UV-Vis, disiapkan 10 ml larutan standar  $\text{Fe}^{3+}$  dan ditambahkan 5 mL larutan kalium tiosianat (KSCN) 2 M dan 3 ml larutan  $\text{HNO}_3$  4 N pada labu ukur 25 ml, kemudian menambahkan aquadest hingga tanda tera dan ditunggu sampai 15 menit. Selanjutnya dilakukan hal yang sama untuk setiap variasi konsentrasi Fe untuk dilakukan pengujian UV-Vis [7].

#### **2. Pengolahan Larutan Standar Besi (Fe) dengan Elektrokoagulasi**

Larutan besi yang digunakan yaitu 10 variasi dari larutan standar yang telah diencerkan sebelumnya. Elektrokoagulasi dilakukan pada plat aluminium yang berjumlah dua dengan jarak antar plat yaitu 2 cm. Proses elektrokoagulasi diaplikasikan pada 500 ml larutan standar besi (Fe) selama 60 menit yang dialiri listrik arus searah (DC) bertegangan 25 volt dengan pada plat seperti ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1. Proses elektrokoagulasi**

Setelah proses elektrokoagulasi selesai, maka dilakukan proses penyaringan dan diperoleh filtrat berupa air setelah elektrokoagulasi dan residu berupa flok. Adapun parameter pengujian kualitas air yang diamati meliputi uji pH, total partikel terlarut (TDS), dan UV-Vis.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

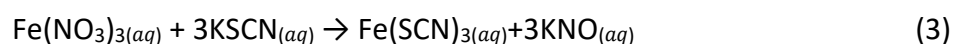
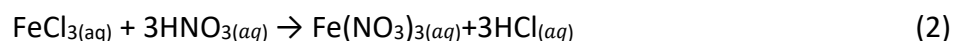
### **1. Pembuatan Larutan Standar Besi (Fe)**

Serbuk besi yang digunakan pada pembuatan larutan standar yaitu  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Pembuatan larutan standar dimulai dengan pembuatan larutan induk  $\text{Fe}^{3+}$  1000 ppm yang kemudian dilakukan pengenceran untuk mendapatkan larutan Fe 10 ppm, 9 ppm, 8 ppm, 7 ppm, 6 ppm, 5 ppm, 4 ppm, 3 ppm, 2 ppm, dan 1 ppm dengan menggunakan rumus pengenceran seperti pada Persamaan 3.1. Didapatkan hasil berupa larutan standar 10 variasi ppm diantaranya seperti pada Gambar 2 berikut.

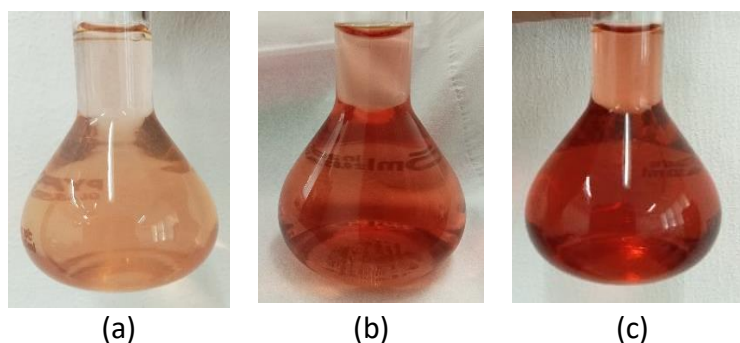


**Gambar 2. Larutan standar besi 10 ppm**

Setelah diperoleh 10 variasi larutan standar, dilakukan pengujian UV-Vis yang merujuk pada penelitian Fahmi (2022). Untuk pengujian UV-Vis disiapkan 10 ml setiap variasi larutan standar yang kemudian ditambahkan 5 ml KSCN 2M dan 3 ml  $\text{HNO}_3$  4N pada labu ukur 25 ml dan untuk mendapatkan kestabilan maksimal pada panjang gelombang 470-480 nm maka campuran larutan ditunggu selama 15 menit. Fungsi penambahan  $\text{HNO}_3$  untuk membuat larutan menjadi sangat asam dan tidak teroksidasi lebih lanjut selain itu juga berfungsi sebagai oksidator dan pelarut Fe. Sedangkan penambahan reagen kalium tiosianat (KSCN) ke dalam larutan standar adalah untuk memberikan warna dan sebagai pembentuk senyawa kompleks pada larutan besi sehingga dapat menentukan kadarnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis [8, 7]. Adapun reaksi kimia yang terjadi pada pembuatan larutan standar ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dan penambahan KSCN seperti berikut.

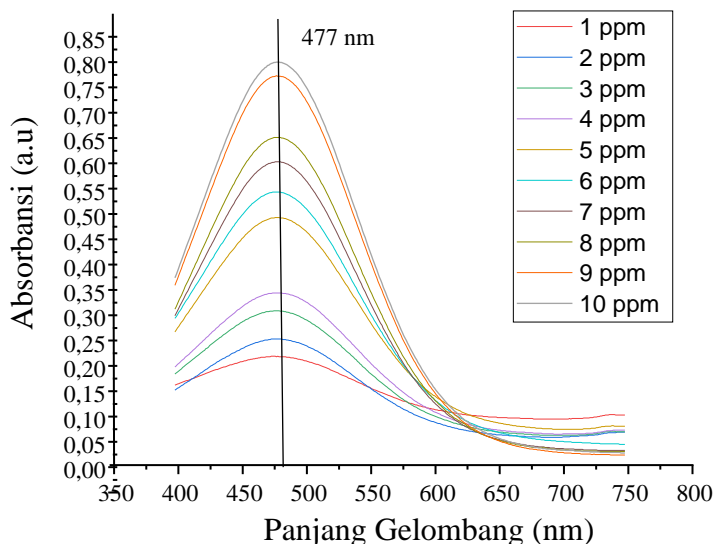


Berikut merupakan hasil campuran larutan yang dihasilkan yaitu berwarna jingga, dan dapat diketahui semakin tinggi konsentrasi besi pada larutan maka warna yang dihasilkan semakin pekat seperti pada Gambar 3 berikut.



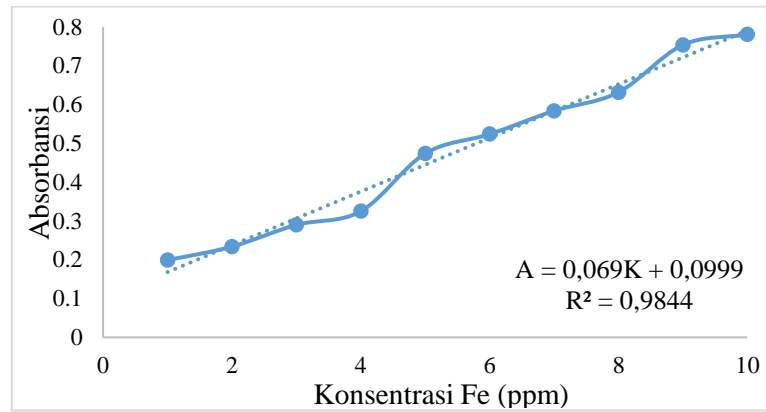
**Gambar 3. Warna reaksi campuran larutan standar variasi, (a) 1 ppm, (b) 5 ppm, dan (c) 10 ppm**

Tujuan pengujian UV-Vis ini dilakukan untuk mengetahui nilai absorbansi dan perubahan warna setiap variasi. Dan didapatkan kurva absorbansi larutan standar untuk menentukan absorbansi tiap konsentrasi larutan seperti pada Gambar 4 berikut.



**Gambar 4. Kurva absorbansi larutan standar**

Berdasarkan Gambar 4 kurva absorbansi dapat diketahui bahwa larutan cenderung menyerap energi tepatnya pada panjang gelombang maksimal sebesar 477 nm. Semakin pekat warna jingga pada larutan maka energi yang diserap menunjukkan panjang gelombang cenderung 470-490 nm melalui pengujian UV-Vis yaitu berwarna jingga, dengan demikian larutan besi dengan konsentrasi tinggi yang berwarna jingga dapat terlihat secara langsung maupun dari hasil absorbansi. Dari pengujian ini dapat diketahui semakin meningkatnya konsentrasi Fe pada larutan maka puncak absorbansinya juga mengalami peningkatan, hal ini sesuai dengan penelitian Fahmi (2022). Selanjutnya, pada kurva absorbansi ini dapat mengetahui hubungan antara konsentrasi Fe dan nilai absorbansi yaitu berupa kurva kalibrasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

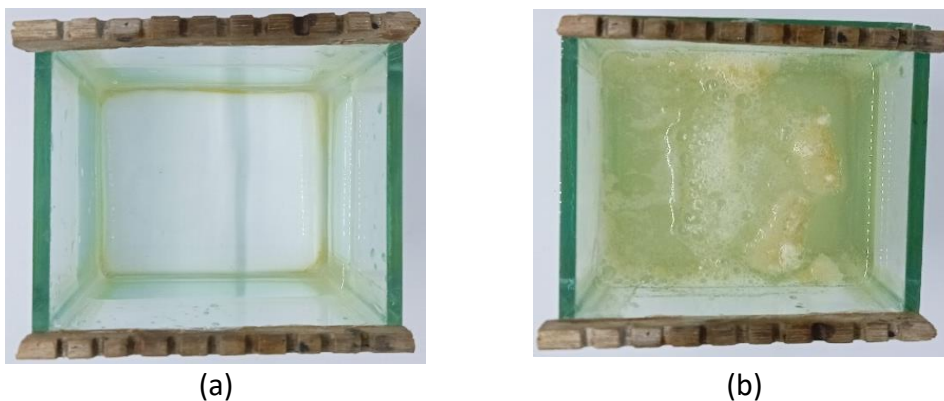


**Gambar 5. Kurva kalibrasi dan hubungan konsentrasi Fe dan absorbansi pada panjang gelombang 477 nm**

Larutan standar Fe pada kurva kalibrasi (Gambar 5) menghasilkan persamaan  $A = 0,069K + 0,0999$  dengan A adalah absorbansi larutan dan K adalah konsentrasi larutan standar, dan didapatkan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ )=0,9844. Dengan nilai  $R^2 > 0,9$  dan berarti mendekati 1, menunjukkan absorbansi dan konsentrasi Fe memiliki hubungan linieritas yang sangat kuat [9, 10]. Sehingga kurva kalibrasi tersebut dapat dijadikan acuan dalam penentuan kadar Fe yang tersisa pada larutan standar setelah proses elektrokoagulasi.

## 2. Pengolahan Larutan Standar Besi (Fe) dengan Elektrokoagulasi

Larutan standar besi yang telah diencerkan dilakukan pengujian pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi tiap variasi untuk memperbaiki kualitas larutan dan menghasilkan senyawa besi. Sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi larutan standar tiap variasi dilakukan pengujian UV-Vis, pH dan TDS untuk mengetahui kualitas larutan sebelum diproses. Proses elektrokoagulasi diaplikasikan pada 500 ml tiap variasi larutan standar dengan menggunakan plat aluminium. Sebelum elektrokoagulasi dan setelah proses elektrokoagulasi selama 60 menit dapat dilihat pada Gambar 6 dan terlihat setelah dilakukan proses elektrokoagulasi adanya flok yang dihasilkan.



**Gambar 6. Elektrokoagulasi (a) Sebelum; (b) Setelah**

Setelah didapatkan hasil elektrokoagulasi selanjutnya dilakukan penyaringan untuk pemisahan filtrat dan residu. Filtrat yang dihasilkan berupa larutan standar setelah elektrokoagulasi yang akan dilakukan pengujian pH, TDS, dan UV-Vis untuk mengetahui kualitas larutan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi. Berikut merupakan hasil pengujian UV-Vis berupa nilai absorbansi pada larutan standar sebelum dan setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Nilai absorbansi larutan standar sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi**

Parameter	Variasi Konsentrasi (ppm)	Sebelum elektrokoagulasi	Setelah elektrokoagulasi
Absorbansi	1	0,2	0,089
	2	0,234	0,142
	3	0,29	0,150
	4	0,325	0,166
	5	0,473	0,174
	6	0,524	0,155
	7	0,583	0,237
	8	0,632	0,263
	9	0,752	0,289
	10	0,78	0,362

Pada Tabel 1, diberikan hasil nilai absorbansi pengujian sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi. Hasil yang diperoleh setelah elektrokoagulasi menunjukkan bahwa pada parameter absorbansi menunjukkan nilai penurunan.

### 3. Pengujian UV-Vis

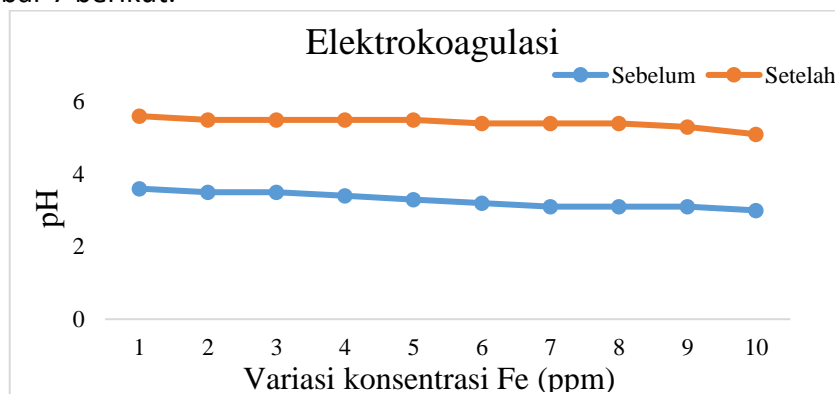
Pada pengujian UV-Vis didapatkan nilai absorbansi larutan standar, yang kemudian diketahui konsentrasi besi pada larutan. Pada Tabel 2 berikut diberikan kurva perbandingan total konsentrasi Fe (ppm) pada larutan standar Fe sebelum dan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi. Nilai berikut didapatkan dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan pada kurva standar pada Gambar 5. Didapatkan nilai konsentrasi Fe setelah elektrokoagulasi mengalami penurunan yang cukup signifikan dari sebelum proses elektrokoagulasi. Hal ini menunjukkan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dapat menurunkan kadar konsentrasi Fe pada larutan standar. Akan tetapi, berdasarkan analisis total konsentrasi Fe larutan standar terdapat 1 nilai yang menunjukkan negatif yaitu pada 1 ppm yang bernilai -0,159, hal ini menunjukkan pada 1 ppm tidak terdeteksinya kandungan besi dan ini dapat terjadi dikarenakan pada kurva kalibrasi (Gambar 5) menunjukkan nilai koefisien korelasinya ( $R^2$ ) kurang dari 1 yaitu sebesar 0,9844 yang memungkinkan adanya ketidakpastian dari persamaannya. Sehingga, nantinya dapat menggunakan standar konsentrasi larutan yang lebih banyak dan rentang konsentrasi lebih kecil sehingga dapat meningkatkan nilai  $R^2$  dan didapatkan hasil lebih akurat.

**Tabel 2. Nilai konsentrasi Fe (ppm) pada larutan standar sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi**

Konsentrasi besi Fe (ppm)	
Sebelum	Setelah
1	-0,159
2	0,61
3	0,72
4	0,95
5	1,07
6	0,798
7	1,98
8	2,36
9	2,74
10	3,798

#### 4. Pengujian pH

Grafik perbandingan nilai pada pengujian pH sebelum dan setelah elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

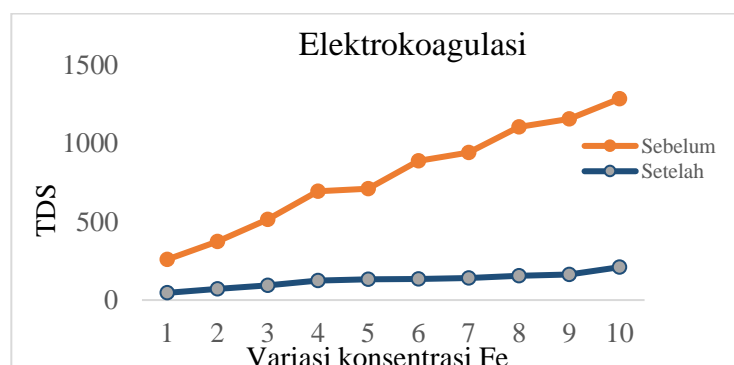


**Gambar 7. Kurva nilai pH larutan standar sebelum dan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi**

Berdasarkan Gambar 7 pada kurva perbandingan nilai pH dapat diketahui bahwa setelah proses elektrokoagulasi nilai pH tiap variasi mengalami peningkatan dibandingkan sebelum diproses. Peningkatan pH berkisar 2 yaitu dari 3 sampai 5 yang berarti larutan semakin mengalami peningkatan kualitas setelah proses elektrokoagulasi. Sehingga, dengan metode elektrokoagulasi mampu meningkatkan pH larutan standar yang awalnya bersifat sangat asam sehingga mengalami peningkatan menuju netral ( $\text{pH}=7$ ). Adapun nilai pH pada larutan dapat mempengaruhi tingkat toksisitasnya. Semakin meningkatnya pH menunjukkan tingkat toksisitas logam berat Fe dalam larutan menurun [11]. Menurut Kurniawan et al. (2020), pH merupakan variabel yang paling berpengaruh dalam penentuan kadar Fe. Sehingga, dengan meningkatnya nilai pH pada larutan berarti terjadi penurunan kadar Fe pada larutan tersebut.

#### 5. Pengujian TDS

Hasil pengujian TDS menunjukkan nilai total padatan yang terlarut dalam suatu larutan. Didapatkan hasil pengujian TDS pada larutan standar Fe sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



**Gambar 8.** Kurva nilai TDS larutan standar sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi

Berdasarkan kurva perbandingan pada Gambar 8, didapatkan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi Fe pada larutan standar maka semakin tinggi nilai TDS yang dihasilkan. Adapun setelah proses elektrokoagulasi nilai TDS sangat menunjukkan penurunan yaitu sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi nilai TDS pada variasi 10 ppm sebesar 1.286 dan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi nilai TDS variasi 10 ppm menunjukkan nilai 210. Untuk mengetahui persentase penurunan nilai TDS pada larutan sebelum dan setelah elektrokoagulasi, digunakan persamaan berikut.

$$N_x = \frac{N_0 - N_1}{N_0} \cdot 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

$N_x$  : Penurunan nilai TDS (%)

$N_0$  : Nilai TDS sebelum elektrokoagulasi (ppm)

$N_1$  : Nilai TDS setelah elektrokoagulasi (ppm)

Dengan menggunakan pers. 4.1 didapatkan persentase penurunan nilai TDS tiap variasi setelah dilakukan proses elektrokoagulasi seperti pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Persentase penurunan nilai TDS

Variasi konsentrasi Fe (ppm)	Penurunan nilai TDS (%)
1	82,23
2	80,69
3	81,94
4	82,15
5	81,43
6	84,81
7	85,13
8	85,88
9	85,83
10	83,67

Berdasarkan pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan nilai TDS yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 80,69%-85,88%. Sehingga, setelah proses elektrokoagulasi TDS tiap variasi mengalami penurunan yang sangat signifikan. Terjadinya penurunan TDS pada larutan, dapat disebabkan karena penurunan kandungan Fe pada larutan standar setelah proses elektrokoagulasi, hal ini sesuai dengan penelitian Nicola (2015), bahwa TDS dapat menunjukkan kandungan padatan terlarut dalam air seperti logam besi. Semakin tinggi nilai TDS yang

ditunjukkan, maka semakin tinggi kandungan Fe pada larutan, dan sebaliknya jika semakin rendah nilai TDS yang ditunjukkan maka semakin rendah kandungan Fe pada larutan.

Tingginya penurunan nilai TDS searah dengan peningkatan nilai pH dan penurunan konsentrasi Fe (ppm) pada pengujian absorbansi UV-Vis yang berarti terjadi peningkatan kualitas larutan setelah dilakukan elektrokoagulasi. Sehingga, sesuai dengan penelitian Nurdandi, et al. (2019) dan Sandi, et al. (2019), metode elektrokoagulasi mampu diaplikasikan untuk meningkatkan kualitas suatu larutan.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan proses elektrokoagulasi larutan standar Fe tiap konsentrasi mengalami peningkatan kualitas, berupa penurunan konsentrasi Fe (ppm) yang signifikan, peningkatan nilai pH dari 3 menjadi 5, dan penurunan nilai TDS sebesar 80,69%-85,88%. Sehingga, metode elektrokoagulasi dapat diaplikasikan dalam peningkatan kualitas suatu larutan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] D. Nurdandi, Sandi, F. Afriani and Y. Tiandho, "Peningkatan Kualitas Air Pasca Tambang Timah Dengan Teknik Elektrokoagulasi," Bangka, 2019.
- [2] E. Wiyanto, B. Harsono, A. Makmur, R. Pangputra, Julita and M. S. Kurniawan<sup>3</sup>, "Penerapan Elektrokoagulasi Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair," *JETri*, vol. 12, no. 1, pp. 19-36, 2014.
- [3] Sandi, D. Nurdandi, F. Afriani and d. Y. Tiandho, "Pengaruh Jarak Antar Plat Dalam Penjernihan Limbah Batik Cual Dengan Metode Elektrokoagulasi," *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat*, no. 978-979-1373-56-2, pp. 12-14, 2019.
- [4] F. Hanum, R. Tambun, M. Y. Ritonga and W. W. Kasim, "Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 4, no. 4, pp. 13-17, 2015.
- [5] B. Rachmawati, Y. Surya and M. Mirwan, "Proses Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah Laundry," *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 1, pp. 15-22, 2014.
- [6] M. D. Pusfitasari, R. R. Yogaswara, D. M. Jiwantara, Daud and I. R. Anggara, "Penurunan Kadungan Besi (Fe) Dalam Air Tanah Dengan Metode Elektrokoagulasi," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 12, no. 2, pp. 59-63, 2018.
- [7] H. C. L. I. F. A. T. & S. A. Pawarti, "Reduksi Kadar Besi Dalam Air Sumur di Lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan Filter," *Pharmacon: Jurnal Farmasi Indonesia*, vol. 15, no. 2, pp. 55-57, 2018.
- [8] A. Fahmi, "Rancang Bangun Aplikasi Intensitas Red, Green, Blue (RGB) Berbasis Android Sebagai Pendeteksi Logam Berat Fe Pada Air," Universitas Bangka Belitung, Bangka, 2022.
- [9] F. Nicola, "Hubungan Antara Konduktivitas, TDS (Total Dissolved Solid) dan TSS (Total Suspended Solid) dengan Kadar Fe<sup>2+</sup> dan Fe Total pada Air Sumur Gali," Universitas Jember, Jember, 2015.
- [10] T. Morti, L. Destiarti and N. Idiawati, "Penentuan Kadar Besi (Fe) Pada Air Gambut Menggunakan Spektrofotometer Ultra Violet-Visible Dengan Perbandingan Pengompleks Fenantrolin Dan Alizarin Red S," *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol. 7, no. 3, pp. 109-117, 2018.

- [11] N. A. D. Kareliasari, "Analisis Suhu, pH, DHL, DO, TDS, TSS, BOD, COD Dan Kadar Timbal Pada Air dan Sedimen Sungai Lesti Kabupaten Malang," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang, 2021.
- [12] Y. Tiandho, W. Sunanda, F. Afriani, A. Indriawati and T. Handayani, "Accurate model for temperature dependence of solar cell performance according to phonon energy," *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, vol. 55, no. 5, pp. 15-25, 2018.
- [13] Syahril, "Status Dan Evaluasi Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Dan Magnesium (Mg) Dalam Air Dan Sedimen Pada Lingkungan Perairan Sungai Kota Tarakan," Universitas Borneo, Tarakan, 2015.