



**ANALISIS METODE ELEKTROKOAGULASI DALAM MENURUNKAN
KESADAHAN AIR SUMUR (BUKIT INDAH) MENGGUNAKAN
ELEKTRODA *STAINLESS STEEL* DENGAN VARIASI TEGANGAN DAN
WAKTU**

Sela Rafidah Rizki, Lukman Hakim*, Azhari, Sulhatun, Eddy Kurniawan

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355
e-mail: Lukman.hakim@unimal.ac.id

Abstrak

Kesadahan adalah suatu sifat kimia terkandung dalam air, namun mengkonsumsi air dengan kesadahan yang tinggi dapat membahayakan kesehatan. Metode elektrokoagulasi telah mendapatkan banyak perhatian sebagai pilihan yang menarik untuk menghilangkan berbagai ion dan bahan organik karena sifatnya yang sederhana. Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui proses elektrokoagulasi apakah dapat digunakan untuk menurunkan kesadahan air sumur serta pengaruh tegangan dan waktu terhadap proses elektrokoagulasi. Metode penelitian menggunakan metode eksperimental, elektrokoagulasi diharapkan menjadi model pengolahan air bersih yang dapat digunakan dengan biaya relatif murah dan sederhana. Penelitian ini menggunakan reaktor elektrokoagulasi dengan elektroda stainless steel dengan variasi tegangan 5 volt, 10 volt, 15 volt, 20 volt dan variasi waktu 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit. Air sumur Universitas Malikussaleh, Kampus Bukit Indah, Blang Pulo, Lhokseumawe digunakan dalam penelitian ini dengan hasil yang terbaik yaitu pada variasi tegangan 20 volt waktu 60 menit, penurunan TDS dan EC terbaik pada tegangan 20 volt waktu 60 menit dengan nilai berturut turut 292 ppm dan 648 $\mu\text{s}/\text{cm}$, nilai pH terbaik dimulai pada tegangan 15 volt waktu 60 menit dengan nilai 6,68, kemudian uji kandungan besi, mangan dan kesadahan total (CaCO_3) terbaik pada tegangan 20 volt waktu 60 menit dengan hasil uji berturut turut yaitu 0,03 mg/l, 0,047 mg/l dan 201 mg/l.

Kata Kunci: Elektrokoagulasi, kesadahan air, elektroda *stainless steel*, tegangan, waktu.

DOI : <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i6.15230>

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan air bersih merupakan aspek yang sangat krusial untuk kelangsungan hidup manusia. Seiring dengan perkembangan zaman, pertumbuhan

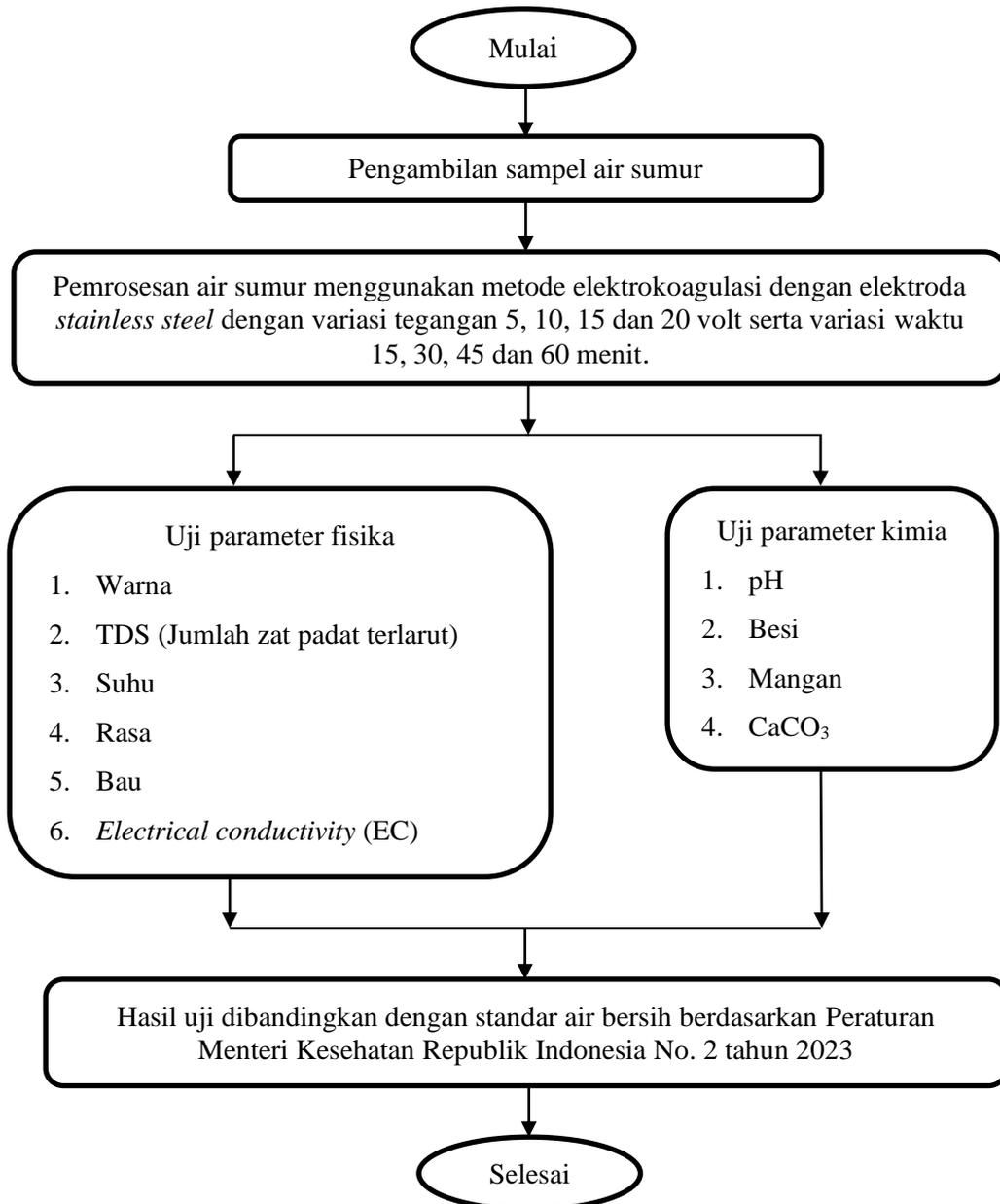
populasi manusia meningkat, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan signifikan dalam kebutuhan akan air bersih. Masalah air bersih saat ini menjadi kompleks karena terkait dengan pencemaran dari limbah rumah tangga serta industri. Air, khususnya air tanah sering mengandung tingkat kesadahan tinggi, yang dapat menyebabkan perubahan warna menjadi kuning hingga coklat dan menimbulkan bercak pada pakaian, serta berpotensi mengganggu kesehatan. Untuk menghindari dampak negatif yang tidak diinginkan, diperlukan upaya untuk mencari teknik pengolahan air yang dapat menurunkan tingkat kesadahan hingga berada di bawah ambang batas yang diizinkan.

Elektrokoagulasi merupakan suatu metode di mana partikel-partikel halus dalam air dikumpulkan dan terendapkan melalui penggunaan tegangan listrik. Pada proses elektrokoagulasi, elektroda dimasukkan ke dalam larutan elektrolit air yang terdapat dalam akuarium. Elektroda dibuat secara paralel pada suatu jarak tertentu, kemudian diberi arus listrik DC. Arus tersebut dihantarkan melalui elektrolit, menyebabkan ion dalam air bereaksi dan membentuk senyawa. Prinsip dasar elektrokoagulasi terkait dengan reaksi reduksi dan oksidasi, yang dikenal sebagai reaksi redoks. Dalam proses elektrokoagulasi, Pada elektroda positif (anoda) oksidasi terjadi, sementara di elektroda negatif (katoda) reduksi terjadi. Selain reaksi terjadi di katoda, air yang sedang diolah juga berperan sebagai larutan elektrolit dalam proses elektrokoagulasi (Vaujiah, 2018). Kelebihan dari metode ini terletak pada tingginya efisiensi, sehingga tidak memerlukan penambahan bahan kimia tambahan.

elektrokoagulasi menggunakan elektroda Stainless Steel tipe 316 karena selain mudah dicari juga cukup untuk menghantarkan listrik (konduktivitas) untuk memfasilitasi reaksi yang terjadi selama proses elektrokoagulan serta merupakan elektroda yang sangat tahan terhadap korosi, hal ini sangat penting dalam aplikasi elektrokoagulan karna elektroda akan dikontakan langsung dengan air. Dengan demikian, diharapkan bahwa penerapan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda stainless steel dapat menjadi alternatif yang efektif untuk menghasilkan air bersih dengan parameter-parameter yang sesuai standar yang telah ditetapkan. Hal ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari.

2. Bahan dan Metode

Pada penelitian ini, Bahan yang digunakan adalah air sumur yang berasal dari Universitas Malikussaleh, tepatnya di Kampus Bukit Indah, Blang Pulo, Lhokseumawe, Aceh Utara, Aceh. Dalam penelitian ini, adapun alat-alat yang digunakan adalah pH meter, *Thermometer*, *Power Supply Adaptor*, *multimeter*, Reaktor Elektrokoagulan, *Stopwatch*, *Plat Stainless Steel*, Spektrofotometer Uv-Vis, *Penyangga*. Metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

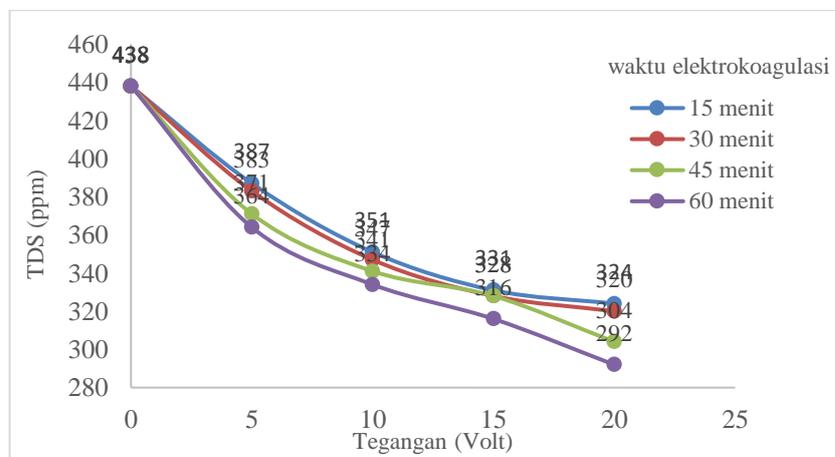


Gambar 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Pengaruh Tegangan dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap TDS

Adapun pengaruh tegangan dan waktu elektrokoagulasi terhadap TDS dapat dilihat pada Gambar 2.



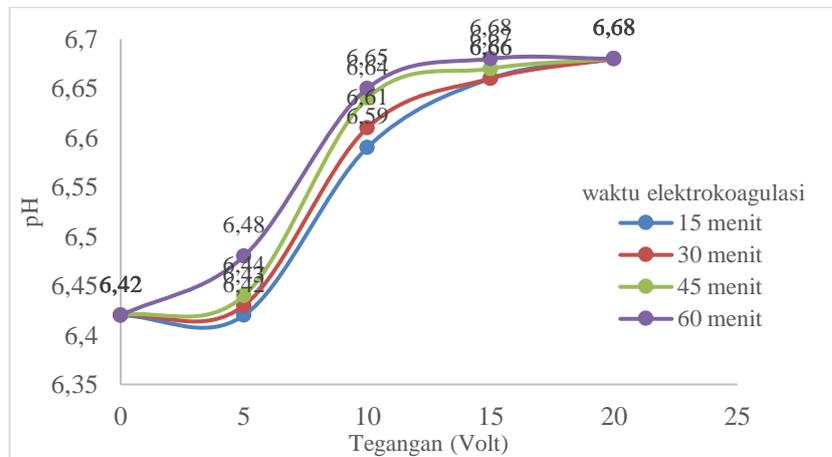
Gambar 2 Grafik Pengaruh Tegangan dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap TDS dalam Sampel Air Sumur

Berdasarkan Gambar 2, pengaruh tegangan dan waktu terhadap TDS yang dihasilkan adalah dimana semakin besar tegangan dan waktu elektrokoagulasi maka mengalami penurunan. Ini dikarenakan faktor yang berpengaruh terhadap proses elektrokoagulasi adalah adanya tegangan listrik yang menyebabkan ion-ion tertentu yang terlarut dalam air dapat semakin mengendap, sehingga semakin besar tegangan mengakibatkan semakin besar ion ion yang mengikat bahan organik dan mengkoagulasi padatan yang terlarut dalam air, sehingga kadar TDS pada air sumur menurun. Faktor yang mempengaruhi penurunan TDS selanjutnya adalah waktu, dimana semakin lama waktu elektrokoagulasi maka flok memiliki waktu lebih lama untuk terbentuk dan semakin lama waktu untuk mengendap, menghasilkan kadar TDS air sumur kecil.

Penurunan TDS terbesar di tegangan 20 volt waktu 60 menit yaitu 292 mg/l sesuai dengan persyaratan air bersih Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023. Maka grafik penurunan TDS sama dengan penelitian yang dilakukan Alperdo (2019), dimana semakin tinggi tegangan dan semakin lama waktu elektrokoagulasi sehingga semakin tinggi penurunan nilai TDS.

3.2 Pengaruh Tegangan dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap pH

Adapun pengaruh tegangan dan waktu elektrokoagulasi terhadap pH dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Pengaruh Tegangan dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap pH dalam Sampel Air Sumur

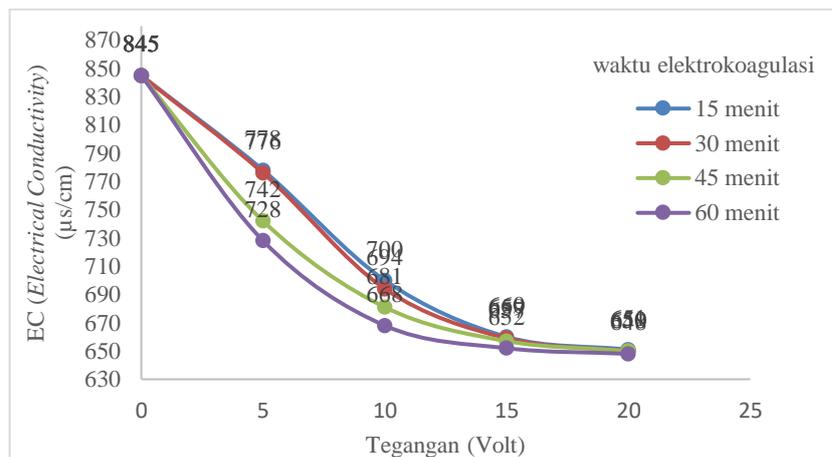
Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa pH pada air sumur sebelum elektrokoagulasi tidak memenuhi standar air bersih yaitu pada angka 6,42 sedangkan setelah di elektrokoagulasi nilai pH air sumur telah memenuhi standar air bersih dimulai pada tegangan 10 dengan waktu 15 menit yaitu dengan nilai pH 6,59.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nurul Arifiani (2014), bahwa nilai pH mengalami peningkatan setelah menerapkan metode elektrokoagulasi tersebut. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan. Proses elektrokoagulasi dipengaruhi oleh faktor tegangan listrik dalam reaktor, di mana peningkatan tegangan listrik dapat menyebabkan akumulasi ion OH^- yang meningkat dalam air, sehingga dapat mengakibatkan peningkatan tingkat kebasahan pada air sumur. Peningkatan tingkat basa pada air sumur dapat menyebabkan kenaikan nilai pH air. Selama berlangsungnya proses elektrokoagulasi, Di sekitar katoda, reaksi reduksi akan menghasilkan ion OH^- , yang pada gilirannya menyebabkan perubahan tingkat basa dalam air.. Faktor lain yang memengaruhi pH adalah waktu, semakin lama proses elektrokoagulasi,

semakin banyak akumulasi ion OH⁻, yang dapat menyebabkan nilai pH mendekati normal.

3.3 Pengaruh Tegangan dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap EC (*Electrical Conductivity*)

Adapun pengaruh tegangan dan waktu elektrokoagulasi terhadap EC (*electrical conductivity*) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Pengaruh Tegangan dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap EC (*Electrical Conductivity*) dalam Sampel Air Sumur

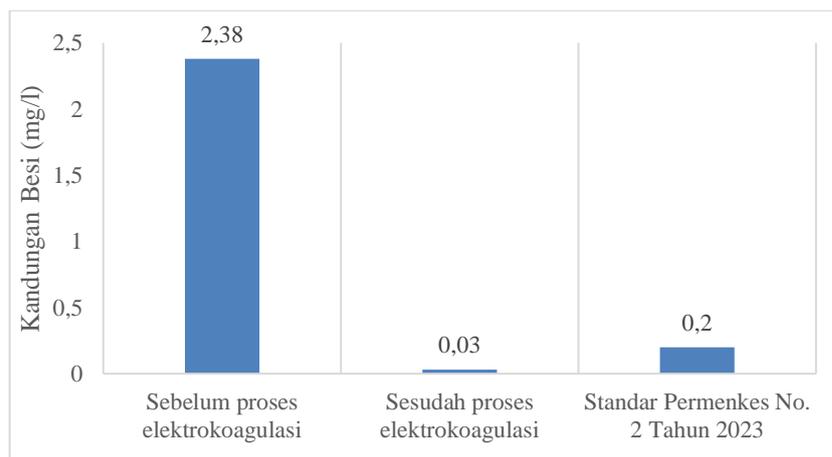
Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat nilai EC air sumur sebelum proses elektrokoagulasi yaitu di angka 845 $\mu\text{s/cm}$. Selama proses elektrokoagulasi berlangsung nilai EC semakin menurun hingga mencapai standar air bersih di tegangan 20 volt waktu 30 menit yaitu dengan 650 $\mu\text{s/cm}$.

Konduktivitas listrik (EC) merupakan kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. Ketika terdapat beda potensial listrik pada ujung konduktor, muatan akan bergerak, sehingga menghasilkan arus listrik (Tipler, 2001). Proses elektrokoagulasi melibatkan penggunaan arus listrik yang diaplikasikan melalui elektroda, yang kemudian menyebabkan reaksi kimia dan pembentukan flok. Selama proses ini, semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan maka ion-ion tertentu yang terlarut dalam air dapat semakin mengendap, mengubah komposisi ion air tersebut. Ini dapat mengakibatkan penurunan nilai EC karena beberapa ion yang sebelumnya terlarut di dalam air dihilangkan atau diubah menjadi bentuk yang kurang konduktif. Proses elektrokoagulasi juga melibatkan waktu dimana semakin lama waktu yang diberikan maka semakin optimal pengendapan ion ion

terlarut didalam air sumur, ini mengakibatkan penurunan nilai EC semakin optimal.

3.4 Kandungan Besi dalam Sampel Air Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi pada Tegangan 20 Volt dan Waktu 60 Menit

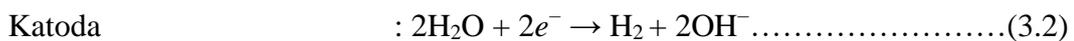
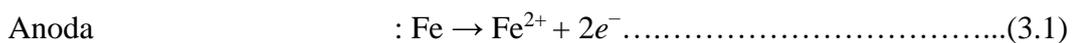
Adapun kandungan besi dalam sampel air sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi pada tegangan 20 volt dan waktu 60 menit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Kandungan Besi dalam Sampel Air Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi pada Tegangan 20 Volt dan Waktu 60 Menit

Dari hasil analisis sampel terbaik diambil tegangan 20 volt dengan waktu 60 menit. Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat kandungan besi pada awal sampel tidak berada pada standar yaitu sebesar 2,38 mg/l. Pada tegangan 20 volt waktu 60 menit penurunan terjadi dengan nilai 0,03 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan terdapat pengaruh tegangan dan waktu pada penurunan kandungan besi.

Pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, reaksi yang terjadi adalah:



Pada anoda, kandungan besi dalam air mengalami oksidasi, melepaskan dua elektron dan membentuk ion besi positif (Fe^{2+}). Sementara pada katoda, air direduksi membentuk gas *hydrogen* (H_2) dan ion hidroksida (OH^{-}). Ion besi (Fe^{2+})

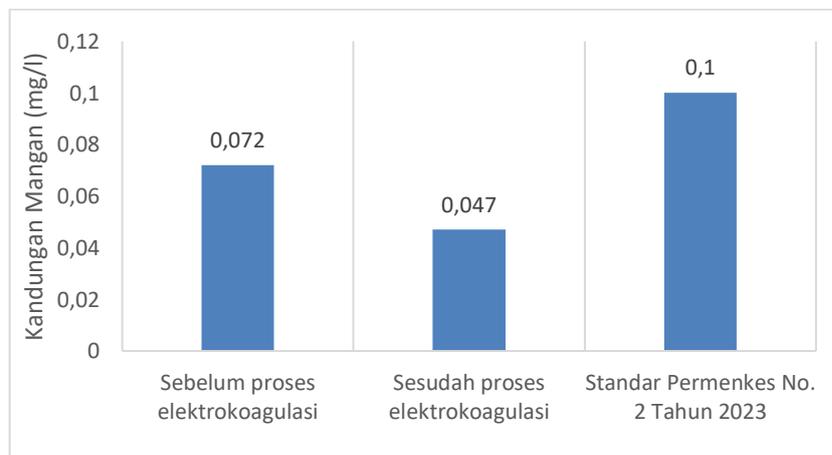
yang terbentuk bereaksi dengan ion hidroksida (OH^-), membentuk endapan besi hidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) berwarna coklat atau merah kecoklatan, yang dapat diendapkan dan dihilangkan dari larutan.

Faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi adalah tegangan dimana Tegangan yang optimal dapat meningkatkan intensitas elektrokoagulasi, mempercepat pembentukan endapan atau pengendapan zat-zat yang tidak diinginkan seperti pembentukan besi hidroksida dan pengendapannya dalam air. Faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi selanjutnya adalah waktu dimana semakin lama waktu dapat meningkatkan peluang reaksi antara ion ion dalam air yang dapat mendukung pembentukan endapan.

Berdasarkan penelitian Masthura (2017), tercatat bahwa kandungan logam besi (Fe) dalam air mengalami penurunan setelah menerapkan metode elektrokoagulasi. Penelitian tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa parameter tersebut telah memenuhi standar yang diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan No.2 Tahun 2023.

3.5 Kandungan Mangan dalam Sampel Air Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi pada Tegangan 20 Volt dan Waktu 60 Menit

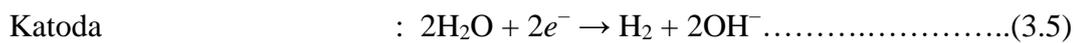
Adapun kandungan mangan dalam sampel air sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi pada tegangan 20 volt dan waktu 60 menit dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Kandungan Mangan dalam Sampel Air Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi pada Tegangan 20 Volt dan Waktu 60 Menit

Dari hasil analisis sampel terbaik diambil tegangan 20 volt dengan waktu 60 menit. Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat kandungan mangan pada awal sampel telah memenuhi standar air bersih yaitu sebesar 0,072 mg/l. Pada tegangan 20 volt dan waktu 60 menit terjadi penurunan menjadi 0,047 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengaruh tegangan dan waktu terhadap penurunan kandungan mangan.

Reaksi yang terjadi pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung adalah:



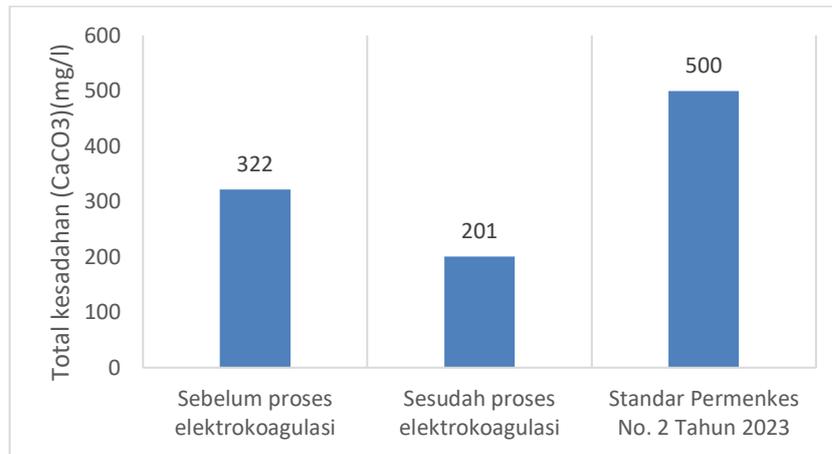
Pada anoda, mangan mengalami oksidasi membentuk ion mangan dua positif (Mn^{2+}) dan melepaskan dua elektron. Sedangkan pada katoda, air direduksi membentuk gas hidrogen (H_2) dan ion hidroksida (OH^{-}). Ion mangan (Mn^{2+}) yang dihasilkan bereaksi dengan ion hidroksida (OH^{-}) membentuk endapan mangan hidroksida (Mn(OH)_2) berwarna merah muda, merah, atau coklat, yang dapat diendapkan dan dihapus dari larutan.

Faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi adalah tegangan dimana Tegangan yang optimal dapat meningkatkan intensitas elektrokoagulasi, mempercepat pembentukan endapan atau pengendapan zat-zat yang tidak diinginkan seperti pembentukan mangan hidroksida dan pengendapannya dalam air. Faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi selanjutnya adalah waktu dimana semakin lama waktu dapat meningkatkan peluang reaksi antara ion ion dalam air yang dapat mendukung pembentukan endapan.

Hasil penelitian ini menunjukkan elektrokoagulasi memiliki dampak pada penyisihan kadar Mangan (Mn), dan temuan ini sejalan dengan penelitian Suwanto (2017). Hasil penelitian Suwanto menunjukkan semakin lama proses elektrokoagulasi, kandungan kandungan Mangan (Mn) terlarut dalam air semakin menurun.

3.6 Kandungan CaCO₃ dalam Sampel Air Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi pada Tegangan 20 Volt dan Waktu 60 Menit

Adapun kandungan CaCO₃ dalam sampel air sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi pada tegangan 20 volt dan waktu 60 menit dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 . Kandungan CaCO₃ dalam Sampel Air Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi pada Tegangan 20 Volt dan Waktu 60 Menit

Dari hasil analisis sampel terbaik diambil tegangan 20 volt dengan waktu 60 menit. Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat kandungan CaCO₃ pada awal sampel telah memenuhi standar air bersih yaitu sebesar 322 mg/l. Pada tegangan 20 volt waktu 60 menit terjadi penurunan menjadi 201 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan adanya pengaruh tegangan dan waktu pada penurunan kandungan mangan.

Pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Ketika CaCO₃ (kalsium karbonat) terdapat dalam air, reaksi ini dapat membentuk kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) yang berwarna putih atau abu-abu muda, dan mengeluarkan karbon dioksida (CO₂) sebagai gas.

Tegangan dapat meningkatkan proses elektrokoagulasi. Hal ini mengakibatkan laju elektrokoagulasi menyebabkan peningkatan kinerja untuk menurunkan kesadahan (Malakootian & Yousefi, 2009). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa voltase memiliki pengaruh positif, di mana peningkatan

tegangan secara proporsional berkontribusi pada peningkatan jumlah logam yang terkoagulasi. Peningkatan tegangan di elektroda menyebabkan semakin banyak atom yang mengalami ionisasi. Selain itu, listrik antara kedua elektroda, anoda dan katoda, juga semakin diperluas. Dampak dari perubahan ini adalah peningkatan kinerja alat selama proses elektrokoagulasi, yang secara keseluruhan menjadi lebih efektif. Faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi selanjutnya adalah waktu dimana semakin lama waktu dapat meningkatkan peluang reaksi antara ion ion dalam air yang dapat mendukung pembentukan endapan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai TDS pada voltase 20 dan waktu 60 menit telah memenuhi standar, yaitu mencapai 292 ppm, pH pada voltase 10 waktu 15 menit sudah memasuki standar yaitu 6,59, EC (*electrical conductivity*) pada voltase 20 waktu 30 menit sudah memasuki standar yaitu 650 $\mu\text{s}/\text{cm}$, kandungan besi pada voltase 20 waktu 60 menit telah memasuki standar yaitu 0,03mg/l, kandungan mangan pada voltase 20 waktu 60 menit telah memasuki standar yaitu 0,047mg/l dan kesadahan CaCO_3 pada voltase 20 waktu 60 menit telah memasuki standar yaitu 201 mg/l. hasil yang terbaik didapat pada voltase 20 dengan waktu 60 menit dilihat dari nilai TDS, pH, EC, kandungan besi, mangan dan kesadahan total (CaCO_3) dimana parameter parameter tersebut pada tegangan 20 waktu 60 menit masuk kedalam standar air bersih menurut PERMENKES No. 2 Tahun 2023.

4. Kesimpulan dan Saran

Proses elektrokoagulasi mampu mengurangi TDS, mengurangi kandungan besi dalam air sumur, dan juga memiliki kemampuan untuk menetralkan nilai pH. Penurunan TDS yang terbaik di tegangan 20 volt waktu 60 menit adalah 292 ppm. Pada pH terbaik didapat dengan tegangan 20 volt dan waktu 15 menit adalah 6,59. Terjadi penurunan terhadap kandungan besi (Fe) dari 2,38 mg/l menjadi 0,03 mg/l. Terjadi penurunan dalam kandungan Mangan (Mn) dari 0,072 mg/l menjadi 0,047 mg/l. Terjadi penurunan terhadap kesadahan total (CaCO_3) dari 322 mg/l menjadi 201 mg/l.

Penulis menyarankan agar penelitian selanjutnya melakukan pengujian terhadap parameter-parameter yang lain, termasuk parameter mikrobiologi, fisika, dan kimia yang dimana sesuai dengan ketentuan yang diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 yang belum diuji dalam penelitian ini. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan tegangan dan melakukan pengaturan arus. Serta diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan panel surya sebagai sumber tegangan.

5. Daftar Pustaka

1. Alperdo, J., Amri, I., & Drastinawati, D. (2019). *Pengaruh Kuat Arus dan Laju Alir pada Pengolahan Air Payau menjadi Air Bersih dengan Metode Elektrokoagulasi menggunakan Reaktor Listrik Kontinyu*. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains, 6, 1-7. <https://doi.org/10.31258/jbchees.1.1.1-5>
2. 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. <http://ijehse.tums.ac.ir/index.php/jehse/article/view/203>
3. Masthura dan Ety Jumiati. 2017. Peningkatan Kualitas Air Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dan Filter. Jurnal Fisitek Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi. Vol 1. No 2: Hal 1-5. <https://doi.org/10.30821/fisitek.v1i2.1076>
4. Nurul Arifiani., 2014., Studi Proses Elektrokoagulasi Untuk Meningkatkan Kualitas Air Sungai Sebagai Air Baku. 42 [Skripsi]., Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian., IPB: Bogor. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/71335>
5. Permenkes RI, “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023.” Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta, pp. 1–179, 2023. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/245563/permenkes-no-2-tahun-2023>
6. Suwanto, N., Sudarno, S., Ajeng, A. S., Harimawan, H. 2017. Penyisihan Fe, Warna, dan Kekeruhan pada Air Gambut Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. Jurnal S1 Undip. Vol 6. No 2: Hal 1-3. <https://www.neliti.com/publications/192423>
7. Tipler, P. A., & Soegijono, B. (2001). Fisika: untuk sains dan teknik, jilid 2. Erlangga, Jakarta. <https://www.academia.edu/download/62341633>
8. Vaujiah, Hary. 2018. Perbandingan Efisiensi Penurunan Kesadahan Air Menggunakan Elektroda Aluminium (A1) dengan Konfigurasi Monopolar

Sela Rafidah Rizki / Chemical Engineering Journal Storage 4 :6 (Desember 2024) 767–779

dan Bipolar pada Proses Elektrokoagulasi [Skripsi]. Medan: USU.
<https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/9235>