

PENGUNAAN METODE ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN ELEKTRODA ALUMINIUM DAN TEMBAGA PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Yuono^{1)*}, Salma Hasna Fauziah²⁾

^{1), 2)} Institut Teknologi Nasional Bandung

*Corresponding author: yuono@itenas.ac.id

ABSTRAK

Elektrokoagulasi adalah metode inovatif yang menggunakan prinsip elektrolisis untuk menghasilkan ion-ion koagulan dari elektroda logam aktif, seperti aluminium dan besi, guna menghilangkan polutan dalam limbah cair. Proses ini menawarkan beberapa keunggulan, seperti efisiensi tinggi, ramah lingkungan, dan kemudahan operasi. Faktor seperti jarak antar elektroda, dan waktu operasi memainkan peran penting dalam menentukan efisiensi elektrokoagulasi. Penelitian ini bertujuan untuk memahami proses elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah cair yang mengandung ion logam, mengevaluasi pengaruh jarak elektroda terhadap persentase penurunan konsentrasi *effluent*, serta menganalisis pengaruh waktu operasi terhadap penurunan konsentrasi *effluent* dan perubahan pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak elektroda yang lebih kecil (3 cm) memberikan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan jarak yang lebih besar (6 cm). Selain itu, waktu operasi yang lebih lama meningkatkan persentase penurunan konsentrasi *effluent* dan memengaruhi pH larutan. Hal ini menunjukkan bahwa elektrokoagulasi adalah metode yang efektif dan berpotensi menggantikan metode konvensional dalam pengelolaan limbah cair secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kata kunci: air limbah, lingkungan, aluminium, tembaga, elektrokoagulasi

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya industri, limbah cair menjadi salah satu permasalahan utama yang memengaruhi lingkungan. Limbah cair, terutama yang mengandung ion logam berat, dapat bersifat toksik, persisten, dan bioakumulatif, sehingga berpotensi membahayakan ekosistem dan kesehatan manusia. Penanganan limbah cair yang efektif dan efisien menjadi sangat penting untuk mengurangi dampak negatifnya. Untuk menangani limbah cair, berbagai metode pengolahan telah dikembangkan, mulai dari metode fisik, kimia, hingga biologis. Salah satu metode yang menarik perhatian adalah elektrokoagulasi, yang memanfaatkan prinsip elektrokimia untuk menghilangkan kontaminan dalam limbah cair secara efisien dan ramah lingkungan. Elektrolisis adalah proses elektrokimia di mana arus listrik dialirkan melalui larutan elektrolit, menghasilkan reaksi oksidasi dan reduksi di permukaan elektroda. Dalam konteks elektrokoagulasi, elektrolisis dimanfaatkan untuk menghasilkan ion-ion koagulan langsung dari elektroda yang terbuat dari logam aktif seperti aluminium atau besi. Ion-ion ini kemudian bereaksi dengan kontaminan dalam limbah cair, membentuk flok yang dapat diendapkan atau disaring (Eddy *et al*, 2014).

Elektrokoagulasi menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan metode pengolahan konvensional, seperti:

- a. Efisiensi tinggi dalam menghilangkan berbagai jenis polutan, termasuk ion logam berat, bahan organik, dan partikel tersuspensi.
- b. Ramah lingkungan, karena tidak memerlukan bahan kimia tambahan dalam jumlah besar.
- c. Kemudahan operasi, karena proses ini dapat diotomatisasi dan dirancang untuk skala kecil hingga besar.

Elektroda memegang peran penting dalam proses elektrokoagulasi. Faktor seperti material elektroda, jarak antar elektroda, dan desain sistem elektrokoagulasi sangat memengaruhi efisiensi proses. Material elektroda harus dipilih berdasarkan sifatnya yang mudah terkorosi, tetapi tetap stabil dalam larutan elektrolit. Selain itu, jarak antar elektroda harus diatur sedemikian rupa untuk memastikan distribusi arus listrik yang optimal tanpa meningkatkan konsumsi energi secara berlebihan (Erlinda *et al*, 2022). Dengan mengintegrasikan prinsip elektrolisis dan penggunaan elektroda yang efektif, metode ini mampu mengurangi konsentrasi ion logam berat, menstabilkan pH, dan menghasilkan kualitas air yang sesuai dengan standar baku mutu lingkungan (Eddy *et al*, 2014).

Melalui pemahaman yang mendalam mengenai metode elektrokoagulasi diharapkan teknologi ini dapat diterapkan secara lebih luas untuk mendukung pengelolaan limbah cair yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

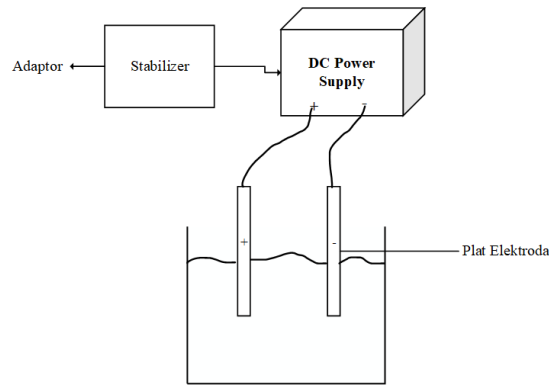
1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu :

- a. Mengetahui proses pengolahan limbah cair yang mengandung ion logam dengan menggunakan metode elektrokoagulasi
- b. Mengetahui pengaruh jarak elektroda terhadap %penurunan konsentrasi *effluent*
- c. Mengetahui pengaruh waktu operasi terhadap %penurunan konsentrasi *effluent*
- d. Mengetahui pengaruh waktu operasi terhadap pH.

2. METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air limbah. Kemudian, peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, plat elektroda Al dan Cu dengan ketebalan 5 cm dan panjangnya 15 cm, gelas kimia 2L sebagai tempat terjadinya proses elektrokoagulasi, *power supply* menjadi sumber arus listrik searah (DC *power supply*), stabilizer, spektrofotometer, pipet volumetri, corong kaca, gelas ukur, kaca arloji, spatula.



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi didasarkan pada prinsip dasar reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Pada sel elektrokoagulasi, oksidasi terjadi pada anoda elektroda (+) dan reduksi terjadi pada katoda elektroda (-). Selanjutnya, kotoran dari air baku dan flokulan yang mengikat partikel. Proses elektrokoagulasi melibatkan reaksi utama, yaitu:

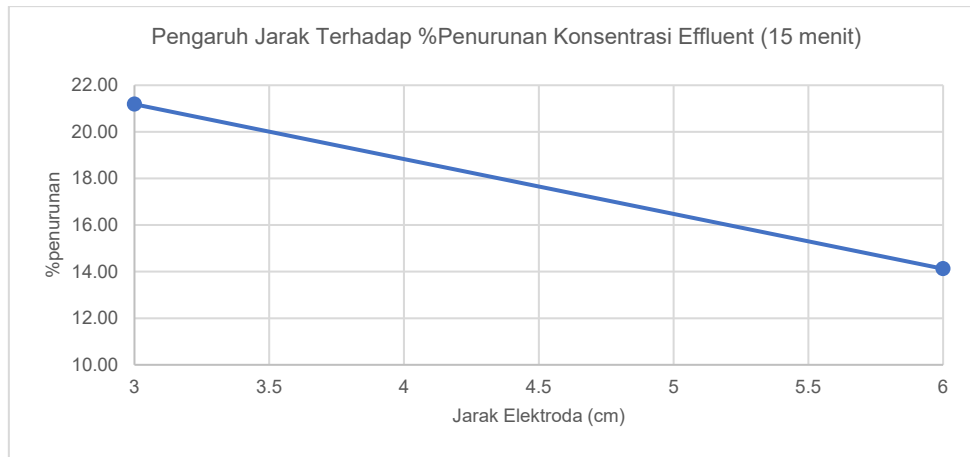
- Reaksi elektrolit pada elektroda
- Pembentukan koagulan
- Adsorpsi polutan
- Penghilangan koloid dengan sedimentasi/flotasi

3.2 Pengaruh Jarak Elektroda Terhadap %Penurunan Konsentrasi *Effluent*

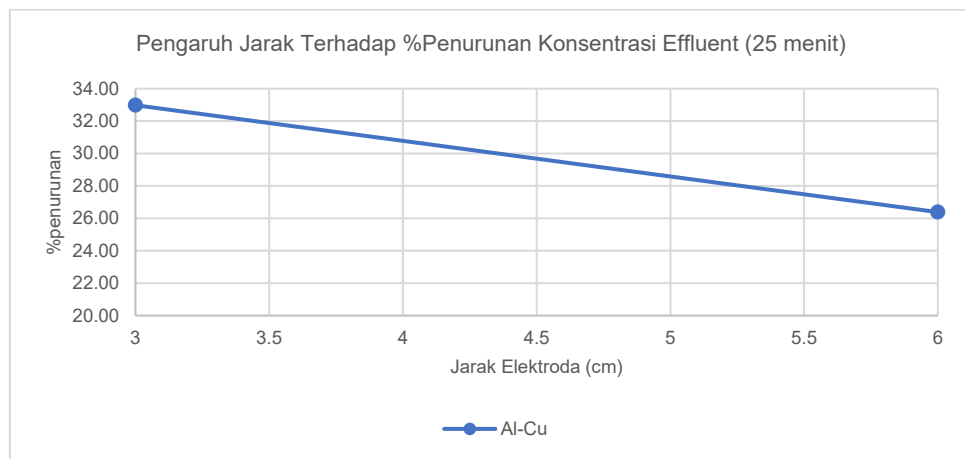
Effluent merupakan air limbah yang mengalir keluar dari pabrik pengolahan, saluran pembuangan, atau pabrik pembuangan. %penurunan konsentrasi *effluent* merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur efektivitas proses pengolahan limbah cair dalam mengurangi konsentrasi polutan, seperti ion logam yang terkandung di dalam limbah cair (*effluent*). Nilai tersebut didapatkan dengan persamaan berikut:

$$\% \text{Penurunan konsentrasi effluent} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Pengaruh variabel jarak elektroda yang digunakan dalam percobaan Al-Cu terhadap %penurunan konsentrasi *effluent* dengan waktu operasi 15 dan 25 menit, hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Hubungan Jarak Antara Elektroda Terhadap %Penurunan Konsentrasi *Effluent* dengan Waktu Operasi 15 menit



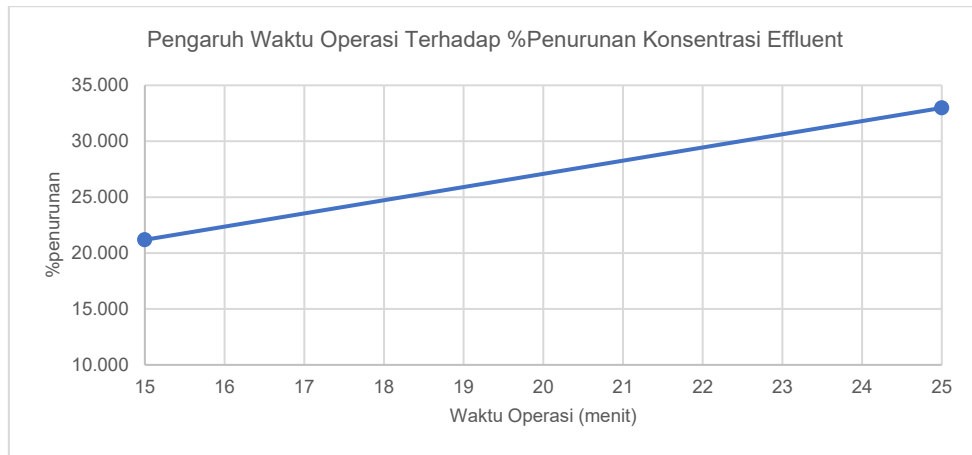
Gambar 3. Hubungan Jarak Antara Elektroda Terhadap %Penurunan Konsentrasi *Effluent* dengan Waktu Operasi 25 menit

Dari Gambar 2. diperoleh informasi %penurunan konsentrasi *effluent* terbesar yaitu 21,19% pada jarak 3 cm. Sedangkan, dari Gambar 3. diperoleh informasi %penurunan konsentrasi *effluent* terbesar yaitu 32,98% pada jarak 3 cm. Seiring dengan besarnya jarak yang digunakan, maka %penurunan konsentrasi *effluent* akan semakin kecil.

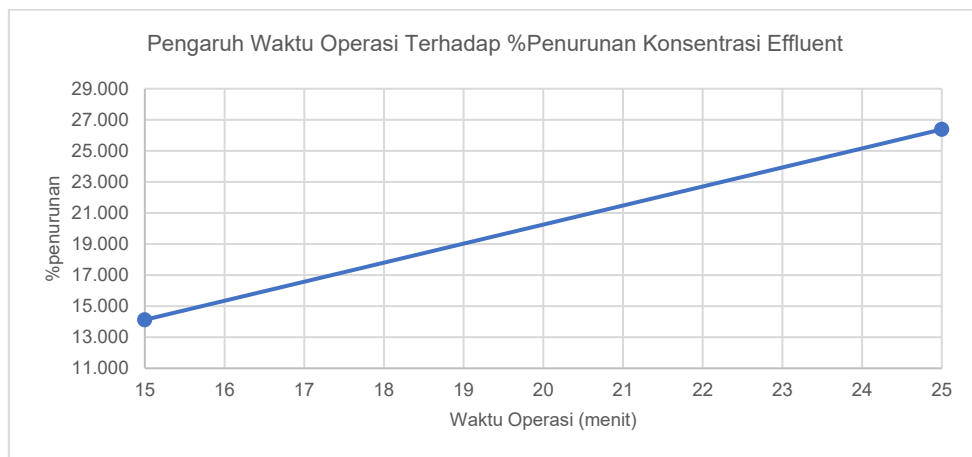
Jarak antara elektoda berdampak pada kecepatan transfer elektron antara anoda yang menerima elektron dengan katoda sebagai tempat terjadinya proses reduksi. Terjadinya penurunan efisiensi pengolahan terjadi saat jarak antara elektroda semakin diperbesar yang menyebabkan adanya hambatan arus yang besar sehingga konduktivitas menurun. Interaksi antara molekul - molekul menjadi lemah ketika jarak antara elektroda lebih dari 1 cm. Namun, jika jarak antara elektroda terlalu dekat akan menyebabkan jumlah koagulan meningkat sehingga sistem terganggu akibat hubungan singkat antar elektroda (Edy dan Farida, 2016).

3.3 Pengaruh Waktu Operasi Terhadap %Penurunan Konsentrasi Effluent

Pengaruh variabel waktu operasi yang digunakan dalam percobaan Al-Cu terhadap %penurunan konsentrasi *effluent* dengan jarak yang digunakan 3 cm dan 6 cm, hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Hubungan Waktu Operasi Terhadap %Penurunan Konsentrasi *Effluent* dengan Jarak Antar Elektroda 3 cm

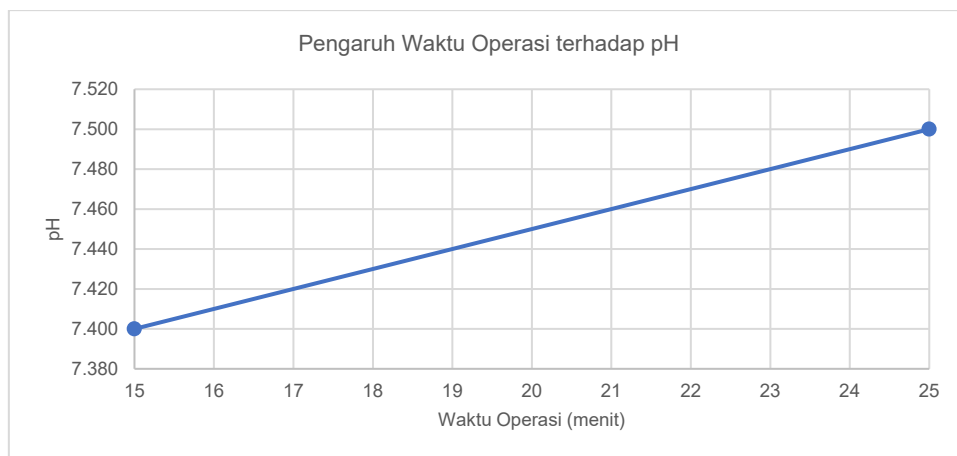


Gambar 5. Hubungan Waktu Operasi Terhadap %Penurunan Konsentrasi *Effluent* dengan Jarak Antar Elektroda 6 cm

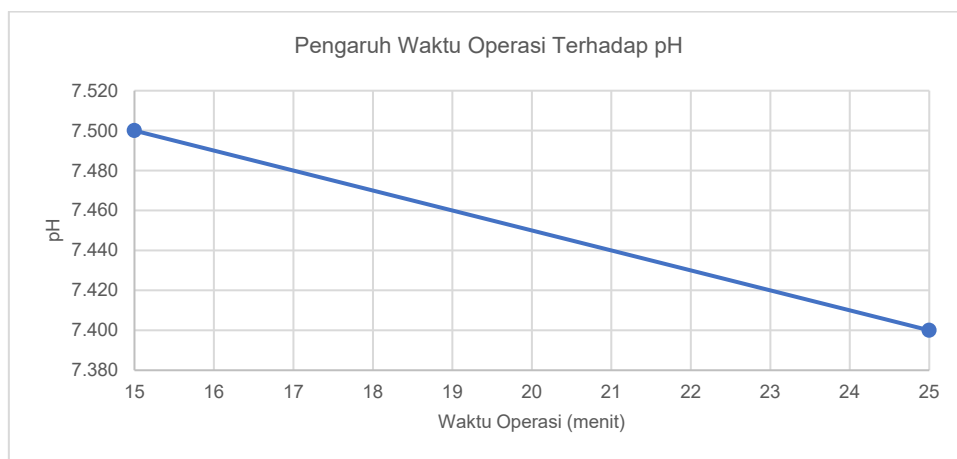
Dari Gambar 4. dan Gambar 5. dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi *effluent* yang terbesar pada waktu operasi yang lebih lama yaitu pada waktu operasi 25 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu operasi yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi, maka %penurunan konsentrasi *effluent* yang dihasilkan akan semakin besar. Menurut penelitian (Nabila *et al*, 2019), bahwa semakin lama waktu yang diberikan, partikel yang terbentuk akan bertambah besar dan akhirnya mengendap ke dasar bak elektrokoagulasi.

3.4 Pengaruh Waktu Operasi Terhadap pH

Pengaruh variabel waktu operasi yang digunakan dalam percobaan Al-Cu terhadap pH dengan jarak yang digunakan 3 cm dan 6 cm, hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Hubungan Waktu Operasi Terhadap pH dengan Jarak Antar Elektroda 3 cm



Gambar 7. Hubungan Waktu Operasi Terhadap pH dengan Jarak Antar Elektroda 6 cm

Dari Gambar 6. didapatkan informasi bahwa semakin lama waktu operasi yang digunakan, maka pH larutan akan semakin meningkat. Namun, dari Gambar 7. terjadi sebaliknya bahwa semakin lama waktu operasi yang digunakan, maka, pH larutan akan semakin menurun. Menurut penelitian (Searphin *et al*, 2024), terjadinya perubahan pH ini dikarenakan oleh akumulasi dari ion hidroksida (OH^-) yang meningkat dalam proses elektrokoagulasi. Kondisi ini memicu terbentuknya gelembung gas yang semakin banyak sebagai akibat dari semakin rendahnya kebutuhan energi untuk pembentukan gas hidrogen atau oksigen. Ketika nilai pH awal air limbah telah mencapai nilai netral dalam proses koagulasi, maka perubahan pH akan meningkat secara perlahan. Hal ini menunjukkan kelebihan elektrokoagulasi dibandingkan koagulasi secara kimiawi. Proses elektrokoagulasi dapat menjaga keseimbangan antara produksi dan konsumsi ion hidroksil untuk kebutuhan netralisasi sebelum perubahan akhir senyawa aluminum terlarut menjadi aluminium hidroksida.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Pada variasi jarak elektroda menunjukkan bahwa jarak yang lebih kecil akan menghasilkan %penurunan konsentrasi *effluent* yang semakin besar, hal ini disebabkan oleh faktor kecepatan transfer elektron.
- b. Pada variasi waktu operasi menunjukkan bahwa semakin lama waktu operasi yang digunakan akan menghasilkan %penurunan konsentrasi *effluent* yang semakin besar, juga akan meningkatkan pH larutan pada keadaan setelah proses elektrokoagulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- F. Radityani, S. Hariyadi, Suprihatin, D. Yanto, S. Anita. 2020. "Penerapan Teknik Elektrokoagulasi dalam Pengurangan Bahan Organik Air Limbah Kegiatan Perikanan". Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI), Vol. 25 (2): 283 – 290.
- N. Fauzi, K. Udyani, D. Zuchrillah, F. Hasanah. 2019. "Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Alumunium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik". Jawa Timur: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- A. Fadhila & H. Purnama. 2022. "Pengaruh Jarak Elektroda dan Tegangan Terhadap Efektivitas Pengolahan Air Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Zeolit". Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 11, No. 1: 21 – 27.
- Trisnaawati & H. Purnama. 2021. "Pengaruh Waktu dan Jarak Elektroda Pada Pengolahan Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Zeolit". Jurnal Teknik Kimia, Vol. 27, No. 2: 54 – 60.
- E. Saputra & F. Hanum. 2016. "Pengaruh Jarak Antara Elektroda Pada Reaktor Elektrokoagulasi Terhadap Pengolahan Effluent Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit". Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 5, No. 4.
- E. Ningsih *et al.* 2022. "Elektrokoagulasi Limbah Industri Sarung Tenun dengan Elektroda Al-Zn Disusun Seri". Dinamika Kerajinan dan Batik: Majalah Ilmiah, Vol. 39, No. 1: 66 – 76.
- E. Wiyanto *et al.* 2014. "Penerapan Elektrokoagulasi dalam Proses Penjernihan Limbah Cair". Jurnal Ilmiah Teknik Elektro (Jetri), Vol 12, No. 1: 19 – 36.
- S. Nugroho, I. Meicahayanti, A. Putri. 2024. "Pengaruh Waktu Kontak dan Jenis Pasangan Elektroda dalam Proses Elektrokoagulasi Terhadap pH dan TSS Air Asam Tambang". Jurnal Reka Lingkungan, Vol. 12, No. 1: 37 – 49.