

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Limbah elektronik merupakan salah satu sumber limbah cair yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Meningkatkannya pemanfaatan perangkat elektronik dalam berbagai bidang kehidupan berdampak pada bertambahnya jumlah limbah elektronik setiap tahunnya. Kondisi tersebut menjadi perhatian karena limbah elektronik tidak mengandung material yang masih bernilai ekonomi, tetapi juga berbagai logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat. Salah satu logam berat yang sering ditemukan pada limbah cair elektronik adalah tembaga (Cu). Logam Cu terholong sebagai esensial karena dibutuhkan organisme dalam jumlah yang kecil untuk menunjang proses fisiologis tubuh (Kahar., 2019). Kadar Cu apabila melebihi ambang batas yang diperbolehkan, akan menimbulkan berbagai gangguan kesehatan, seperti keracunan, sakit kepala, mual, kram perut, hingga kerusakan organ hati dan ginjal (Asrillah et al, 2017). Oleh karena itu, pengendalian kadar Cu dalam limbah cair elektronik menjadi sangat penting untuk mencegah pencemaran lingkungan dan risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengelola limbah cair yang mengandung logam berat. Salah satu metode yang banyak dikembangkan adalah elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi adalah metode pengolahan limbah

yang bekerja melalui reaksi elektrokimia dengan memanfaatkan arus listrik searah (direct current) dan elektroda logam, seperti aluminium maupun besi secara langsung di dalam larutan (Joning et al., 2022). Mekanisme elektrokoagulasi berlangsung melalui reaksi oksidasi pada anoda dan reduksi pada katoda yang menghasilkan spesies aktif untuk mengikat kontaminan di dalam limbah (Ananda et al et al., 2018). Dalam proses elektrokoagulasi, pada elektroda positif (anoda) mengalami oksidasi sehingga ion logam terlepas dan berfungsi sebagai koagulan, sedangkan pada elektroda negatif (katoda) terjadi reaksi reduksi yang menghasilkan gas hidrogen (Radityani et al., 2020). Aluminium merupakan material elektroda yang paling banyak digunakan karena mudah mengalami oksidasi membentuk ion Al^{3+} yang selanjutnya bereaksi dengan ion hidroksida membentuk $Al(OH)_3$ sebagai koagulan aktif (Wahyuni et al., 2023). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa elektrokoagulasi efektif dalam menurunkan kadar logam Cu. Veronika et al., (2018) menunjukkan penggunaan elektroda aluminium mampu menurunkan kadar Cu pada limbah elektroplating dengan efisiensi sebesar 93,36%-93,81%. Penelitian Rohmatulloh & Mawadah (2025) juga menunjukan bahwa elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium mampu menurunkan konsentrasi Cu dari 1000 ppm menjadi 2,45 ppm dengan efisiensi mencapai 99,79%. Terlepas dari hal tersebut, proses elektrokoagulasi masih menyisakan sebagai polutan terlarut sehingga diperlukan proses lanjutan agar kualitas efluen menjadi lebih optimal.

Metode adsorpsi dapat diterapkan sebagai proses pengolahan lanjutan untuk menyerap sisa logam yang belum terpisahkan pada proses elektrokoagulasi. Adsorpsi merupakan proses perpindahan molekul atau ion dari fase cair menuju permukaan adsorben akibat adanya interaksi fisik maupun kimia sehingga kontaminan dapat dipisahkan dari larutan (Batdjedelik., 2024). Metode ini banyak digunakan karena mampu menyisihkan berbagai jenis pencemar, baik logam berat dan senyawa organik. Salah satu adsorben alami yang

memiliki potensi tinggi adalah arang tempurung *kelapa* (*Cocos nucifera*). Pemilihan arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang tinggi, struktur pori yang berkembang, serta luas permukaan spesifik yang besar sehingga mampu mengadsorpsi berbagai zat pencemar secara efektif (Fadila et al., 2023). Selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, pemanfaatan arang tempurung kelapa juga memberikan nilai tambahan terhadap limbah biomassa yang selama ini umumnya hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Integrasi proses elektrokoagulasi dengan adsorpsi diperkirakan mampu meningkatkan kinerja pengolahan limbah karena kedua metode saling melengkapi. Elektrokoagulasi berfungsi menurunkan sebagian besar kontaminan melalui pembentukan flok, sedangkan adsorpsi menyisihkan sisa logam yang masih terlarut sehingga kualitas efluen menjadi baik. Hasil penelitian Wahyuni et al., (2023) menyatakan bahwa penerapan metode elektrokoagulasi-adsorpsi efektif pada pengolahan limbah air tahu dapat menurunkan kekeruhan sebesar 41,22%, TSS sebesar 95,77%, dan COD sebesar 93,75%. Kemudian penelitian (Fadhila & Purnama, (2022) menunjukan bahwa variasi optimal metode elektrokoagulasi-adsorpsi zeolit terhadap efisiensi penurunan air lindi dengan COD sebesar 98,84% dan TSS sebesar 99,82%. Selain itu, hasil penelitian Koharrudin et al., (2019) menunjukkan bahwa penerapan metode elektrokoagulasi-adsorpsi karbon dengan limbah logam buatan pada waktu 90 menit menghasilkan penurunan kadar ion logam Cr^{3+} , Cu^{2+} dan Pb^{2+} dengan besaran persentase 99,85%; 98,76%, dan 99,85%. Kombinasi kedua metode tersebut diharapkan mampu meningkatkan kualitas efektivitas secara optimal sehingga memenuhi baku mutu lingkungan.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh waktu proses Elektrokoagulasi dan tegangan terhadap efektivitas metode elektrokoagulasi elektroda alumunium dalam menurunkan konsentrasi tembaga (Cu) pada limbah pencucian elektronik?

2. Bagaimana pengaruh waktu proses elektrokoagulasi-adsorpsi dan tegangan terhadap efektivitas metode elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi tembaga (Cu) pada limbah pencucian elektronik?
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu dan tegangan proses adsorpsi menggunakan arang tempurung kelapa setelah elektrokoagulasi terhadap efektivitas penurunan konsentrasi Cu?
4. Berapa kondisi optimal variasi waktu proses dan tegangan metode elektrokoagulasi dan elektrokoagulasi-adsorpsi arang tempurung kelapa untuk memperoleh efisiensi penurunan yang maksimal?

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis efektivitas elektrokoagulasi menggunakan elektroda alumunium dan adsorben arang tempurung kelapa dalam menurunkan konsentrasi Cu pada limbah pencucian elektronik.
2. Pengaruh waktu proses elektrokoagulasi-adsorpsi dan tegangan terhadap efektivitas metode elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi tembaga (Cu) pada limbah pencucian elektronik
3. Menganalisis Pengaruh waktu proses elektrokoagulasi-adsorpsi dan tegangan terhadap efektivitas metode elektrokoagulasi-adsorpsi menggunakan arang tempurung kelapa dalam menurunkan konsentrasi tembaga (Cu) pada limbah pencucian elektronik
4. Menentukan kondisi optimum proses elektrokoagulasi dan elektrokoagulasi-adsorpsi dalam pengolahan air limbah.

D. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengetahuan lingkungan, khususnya terkait teknologi elektrokoagulasi-adsorpsi menggunakan elektroda alumunium dan adsorben arang tempurung kelapa.
2. Hasil penelitian dapat memberikan informasi mengenai efektivitas metode elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi tembaga (Cu) dan TSS, serta memberikan gambaran pengaruh variasi tegangan dan waktu proses terhadap kinerja sistem.
3. Penelitian ini dapat berkontribusi dalam upaya pengendalian pencemaran air dengan mengurangi kandungan logam berat dan bahan organik dalam lingkungan.
4. Memberikan kondisi operasi optimum mengenai (tegangan dan waktu proses) dalam metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda alumunium.

E. Batasan Penelitian

1. Penelitian ini menggunakan limbah pencucian elektronik sebagai sampel penelitian.
2. Limbah pencucian elektronik digunakan pada uji kandungan logam Cu sebelum dan sesudah perlakuan elektrokoagulasi dan elektrokoagulasi-adsorpsi.
3. Adsorben yang digunakan adalah tempurung kelapa yang diarsangkan secara aktivasi fisika tanpa melalui aktivasi kimia. Massa adsorben yang digunakan adalah 0,5 gram.
4. Pada metode elektrokoagulasi-adsorpsi, variasi waktu elektrokoagulasi adalah 30 menit dan 60 menit, proses dilanjutkan dengan adsorpsi dengan waktu tinggal selama 2 jam.
5. Tegangan yang digunakan pada proses elektrokoagulasi yaitu 3V, 6V, dan 9V, dan kuat arus 1A.
6. Elektroda yang digunakan berupa plat aluminium 1 mm.