BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pewarna banyak digunakan dalam sektor tekstil (Liu et.al, 2011). Sebagian besar pewarna ini terdiri dari senyawa organik yang ditandai dengan toksisitas, stabilitas, dan ketahanan terhadap degradasi lingkungan (Rai et.al, 2022). Meski telah melewati pengolahan awal, pelepasan bahan yang mengandung pewarna dari limbah industri seperti pabrik tekstil dan perusahaan percetakan dapat menimbulkan ancaman bagi ekosistem air. Konstituen yang umumnya digunakan dalam industri pewarnaan mencakup berbagai zat organik, terutama pewarna reaktif, pewarna disperse, pewarna sintesis, dan pewarna langsung (Liu et.al, 2005).

Congo Red (CR) memiliki fungsi sebagai pewarna karena kualitas pewarnaannya yang baik. Pewarna termasuk dalam tipe pewarna azo (terdiri dari senyawa mono-azo dan poli-azo). Mayoritas pewarna sintesis yang tersedia saat ini berbasis azo, terutama berasal dari senyawa anilin (Gurses et.al, 2016). Polutan berbahaya seperti senyawa anilin dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang parah dan risiko kesehatan. Karena pewarna langsung CR yang terkenal ini dapat menunjukkan sifat karsinogenik dan membahayakan kesehatan manusia dan hewan. Oleh karena itu, penghilangan CR dari limbah tetap menjadi perhatian penting (Radoor et.al, 2020) Teknik fisikokimia, biologis dan lain-lain telah digunakan untuk menghilangkan pewarna *Congo Red* (CR). Namun, teknik yang digunakan saat ini umumnya tidak lebih efisien serta menghasilkan produk sampingan berbahaya (Khamparia & Jaspal, 2018). Mengingat keterbatasan-keterbatasan ini, proses adsorpsi untuk menghilangkan pewarna CR tampaknya menjadi pilihan yang ideal karena biaya operasionalnya yang relatif rendah, efisiensi penghilangan yang sangat baik, kemudahan penggunaan, dan adsorben yang dapat digunakan kembali (Hidayat et.al, 2022).

Hydrogel beads adalah bahan polimer yang mudah disiapkan, terjangkau, dapat digunakan kembali, sangat terhubung silang, berpori, dan stabil secara mekanis tanpa perlu proses pemurnian lebih lanjut. *Hydrogel beads* adalah jaringan polimer tiga dimensi yang terhubung silang dan mampu menyerap serta

mempertahankan volume besar air atau larutan berair (Baigorria et.al, 2020). Sifat-sifat yang dapat disesuaikan, seperti porositas, perilaku pembengkakan, dan kimia permukaan, membuatnya sangat cocok untuk berbagai aplikasi, termasuk pemurnian air (Chen et.al, 2022). Dengan mengintegrasikan kelompok fungsional atau aditif tertentu, hydrogel beads dapat disesuaikan untuk secara selektif mengadsorpsi polutan target, seperti pewarna CR. Di antara bahan-bahan yang digunakan dalam sintesis *hydrogel beads*, *sodium alginate* (SA) yang berasal dari ganggang coklat, berpotensi sebagai pilihan yang biokompatibel, terbarukan, dan ekonomis (Hidayat et.al, 2024). Kation *Calcium* (Ca) sering digunakan dalam pengikatan silang SA, yang mengarah pada pertukaran ion dan pembentukan hidrogel *calcium alginate* (CA) (Thakur & Arotiba, 2018). Selain itu, struktur molekulnya mengandung banyak gugus hidroksil (-OH) dan karboksil (-COOH), menjadikannya pilihan ramah lingkungan untuk berbagai molekul pewarna (Merakchi et.al, 2019). Banyak penelitian telah mengeksplorasi adsorpsi pewarna CR oleh SA; namun stabilitas SA masih terbilang lemah. Berbagai teknik modifikasi kimia, seperti penyilangan dan pengenalan gugus fungsional baru, telah digunakan untuk meningkatkan stabilitas dan meningkatkan kapasitas adsorpsi SA (Mokeddem et.al, 2022). Modifikasi menggunakan CTAB adalah pilihan terbaik untuk studi ini karena stabilitasnya dalam kondisi alkali dan asam, aktivitas permukaan yang kuat, karakteristik antibakteri, dan sifat kationiknya (Cano et.al, 2020), yang memfasilitasi penangkapan efektif pewarna CR melalui atraksi elektrostatik. Beberapa laporan telah menggunakan CTAB sebagai modifikasi permukaan adsorben dan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi pewarna seperti biochar teraktivasi (Hua et.al, 2023, komposit kitosan-jelatin-CTAB (Lu et.al, 2023), dan organo-bentonit-CTAB (Zhu et.al, 2022). Namun, sepengetahuan penulis, penggabungan CTAB dengan SA untuk adsorpsi pewarna CR belum didokumentasikan dengan baik. Oleh karena itu, penting untuk menilai performa tersebut.

Dalam upaya mengembangkan teknologi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, tidak hanya efektivitas teknis yang perlu diperhatikan, tetapi juga efisiensi energi dalam setiap tahapan prosesnya. Proses seperti pengeringan

hidrogel, penggunaan alat analisis karakterisasi seperti FTIR, SEM, dan UV-Vis Spectrophotometer, dan pengujian adsorpsi juga memerlukan energi listrik yang signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini juga akan mengevaluasi konsumsi energi dalam setiap tahap untuk mengidentifikasi kemungkinan optimasi dan peningkatan efisiensi energi listrik. Dalam proses-proses produksi memerlukan konsumsi energi listrik yang banyak sehingga secara akumulatif dapat berdampak terhadap jejak karbon dan keberlanjutan teknologi yang dikembangkan. Oleh karena itu, analisis konsumsi energi menjadi aspek penting yang perlu dilakukan untuk mengidentifikasi titik-titik proses yang boros energi, mengevaluasi efisiensi sistem, dan membuka peluang optimasi. Dengan begitu, teknologi adsorpsi yang dihasilkan tidak hanya efektif dalam menghilangkan polutan, tetapi juga memenuhi prinsip keberlanjutan dari sisi lingkungan dan energi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah dari tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana kinerja komposit *hydrogel beads* yang Diperoleh dari *Sodium Alginate CetyltrimethylAmmonium Bromide* terhadap proses Adsorpsi Pewarna *Congo Red*?
2. Berapakah konsumsi energi listrik yang digunakan selama proses penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas tugas akhir ini mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Menganalisis performa dari *hydrogel beads* SA-CTAB sebagai adsorben terhadap pewarna *Congo Red* mulai dari kapasitas adsorpsi, pengaruh pH, konsentrasi awal CR, regenerasi adsorpsi, sifat, dan karakterisasinya.
2. Menganalisis kebutuhan konsumsi energi pada tiap tahapan proses penelitian.