

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah laboratorium merupakan salah satu sumber pencemar lingkungan yang berasal dari kegiatan pendidikan dan penelitian. Limbah cair ini dihasilkan dari pembuangan bahan kimia kedaluwarsa, sisa reagen yang telah digunakan, air bekas pencucian peralatan laboratorium, serta sisa sampel pengujian (Nurhayati, 2018). Limbah cair laboratorium mengandung berbagai senyawa organik dan anorganik dengan karakteristik yang kompleks, antara lain nilai pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS), dan *Total Dissolved Solids* (TDS) yang bervariasi, serta potensi kandungan logam berat (Saengchut & Wonglertarak, 2024). Karakteristik air limbah laboratorium bervariasi tergantung pada jenis dan intensitas kegiatan, sehingga meskipun volumenya relatif kecil, kandungan senyawa organik dan anorganiknya tetap memerlukan pengolahan yang memadai untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan (Herrani & Ervin, 2025).

Parameter *Total Dissolved Solids* (TDS) dan warna merupakan indikator penting pencemaran limbah laboratorium. TDS menunjukkan akumulasi ion dan zat terlarut yang dapat memengaruhi sifat fisika-kimia air serta membahayakan organisme akuatik (Adjovu *et al.*, 2023). Sementara itu warna, dapat menghambat penetrasi cahaya, mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, serta bersifat toksik dan sulit terdegradasi secara alami (Oladoye *et al.*, 2022). Berdasarkan identifikasi terkait bahan kimia dan prosedur praktikum di Laboratorium Remediasi dan Monitoring Kualitas Air, limbah cair yang dihasilkan bersifat kompleks akibat penggunaan bahan kimia seperti asam kuat, oksidator kuat, dan larutan standar logam yang menghasilkan berbagai ion terlarut sehingga meningkatkan TDS, sejalan dengan temuan Nurhayati (2018) bahwa limbah laboratorium umumnya memiliki TDS tinggi akibat akumulasi ion anorganik, sisa bahan kimia, dan pH rendah (Nurhayati & Pertiwi, 2018). Selain itu, penggunaan zat warna sintetis seperti berkontribusi terhadap tingginya intensitas warna limbah laboratorium.

Berbagai teknologi seperti *reverse osmosis*, nanofiltrasi, *ion exchange*, elektrokoagulasi, klorinasi, ozonisasi, koagulasi–flokulasi, presipitasi kimia, filtrasi membran, dan metode biologis telah dikembangkan untuk mengolah limbah cair yang mengandung senyawa terlarut dan warna, namun umumnya terkendala oleh kebutuhan energi tinggi serta biaya investasi dan operasional yang besar (Bożęcka *et al.*, 2021; Pushpalatha *et al.*, 2022). Oleh karena itu, adsorpsi menjadi metode yang banyak dipilih karena dinilai memiliki efisiensi penyisihan yang tinggi, proses operasional yang sederhana, biaya yang relatif ekonomis, serta potensi regenerasi dan penggunaan kembali adsorben sehingga lebih berkelanjutan dibandingkan metode pengolahan lainnya (Dutta *et al.*, 2021).

Saat ini, proses adsorpsi banyak memanfaatkan limbah hasil pertanian atau yang dikenal sebagai biosorben karena ketersediaannya yang melimpah (Hariharan *et al.*, 2023). Sejalan dengan konsep pengolahan limbah berkelanjutan, berbagai residu lignoselulosa seperti tongkol jagung, limbah kayu, ampas tebu, sekam padi, jerami, kulit buah, dan kayu kapas berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku biosorben atau biochar untuk pengolahan air limbah (Zahoor *et al.*, 2025). Limbah telah banyak diteliti sebagai biosorben, salah satunya adalah ampas tebu. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yaitu sekitar 40–50%, hemiselulosa berkisar 25–35%, lignin sebesar 18–25%, serta senyawa lainnya (Nurbaeti *et al.*, 2018). Kandungan selulosa tersebut menjadikan ampas tebu berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon aktif karena mampu mengadsorpsi ion-ion dalam air tercemar (Imani *et al.*, 2021).

Penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang dibuat dari ampas tebu setelah aktivasi kimia atau termokimia mampu menurunkan konsentrasi warna dengan efisiensi sangat tinggi. Karbon aktif ampas tebu yang diaktivasi dengan HCl menunjukkan penurunan warna hingga 95,6% dalam waktu kontak singkat (Tuan *et al.*, 2025). Penelitian yang memanfaatkan karbon aktif dari serat tebu, kulit kedelai dan kulit bawang yang diaktivasi dengan H_3PO_4 2,5% menunjukkan bahwa adsorben hasil aktivasi memiliki kemampuan penurunan TDS berturut-turut sebesar 93,23%, 91,24%, dan 90,04% pada ketebalan kolom 25 cm (Belaon & Hendrasarie, 2023). Temuan tersebut mengindikasikan bahwa ampas tebu berpotensi sebagai

biosorben efektif untuk berbagai polutan, meskipun kinerjanya sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional. Namun demikian, mayoritas penelitian masih dilakukan menggunakan metode *batch*, sedangkan kajian pada sistem kolom kontinu masih relatif terbatas (Elshabrawy *et al.*, 2023).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. bagaimana efektivitas ampas tebu teraktivasi H_3PO_4 dan Na_2CO_3 sebagai adsorben dalam penyesihan kadar warna dan TDS pada limbah cair laboratorium?
2. bagaimana pengaruh variasi ketebalan adsorben ampas tebu dan jenis aktivator terhadap kadar warna dan TDS pada limbah cair akhir?

1.3 Batasan Penelitian

1. Adsorben yang digunakan berupa karbon aktif berbahan dasar ampas tebu yang diaktivasi secara kimia menggunakan aktivator asam dan basa, yaitu, H_3PO_4 , dan Na_2CO_3 .
2. Proses adsorpsi menggunakan sistem kolom/kontinu (*fixed bed column*) pada skala laboratorium.
3. Variasi ketebalan adsorben dalam kolom dibatasi pada 0 cm, 5 cm, 7 cm, dan 9 cm.
4. Setiap perlakuan pengujian dilakukan dengan dua kali pengulangan (*duplo*).
5. Parameter yang dianalisis dan direduksi adalah kadar warna dan TDS.
6. Variabel operasional seperti debit aliran, waktu kontak, ukuran partikel adsorben, dan suhu operasi, dijaga tetap konstan serta tidak dikaji pengaruhnya terhadap proses adsorpsi.
7. Sampel limbah yang digunakan berasal dari Laboratorium Remediasi dan Monitoring Kualitas Air Universitas Jember.
8. Karakteristik adsorben dilakukan dengan uji kadar air, uji kadar abu, dan uji SEM.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis efektivitas penggunaan adsorben ampas tebu untuk menurunkan kadar warna dan TDS pada limbah cair laboratorium.
2. Menganalisis pengaruh ketebalan adsorben dan variasi aktivator pada kolom limbah cair laboratorium terhadap kadar warna dan TDS akhir.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai kinerja karbon aktif ampas tebu teraktivasi asam dan basa dalam menurunkan TDS dan warna.
2. Menurunkan warna dan TDS pada air limbah laboratorium.
3. Mengkaji potensi ampas tebu sebagai bahan adsorben berkelanjutan yang dapat dimanfaatkan dalam sistem pengolahan air limbah.
4. Menganalisis pengaruh perbedaan tinggi kolom adsorpsi dan jenis aktivator terhadap kinerja karbon aktif ampas tebu.
5. Menjadi bahan rujukan bagi pengelola laboratorium dan peneliti pengembangan metode pengolahan air limbah berbasis adsorpsi.