

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laundry merupakan usaha jasa yang berkembang pesat, khususnya di wilayah perkotaan. Peningkatan jumlah *laundry* berdampak pada meningkatnya volume limbah cair, terutama dari penggunaan detergen (Zahro et al., 2022). Detergen terdiri atas surfaktan (20-30%), fosfat (70-80%) dan aditif (2-8%) (Mustikarani et al., 2022). Surfaktan dapat menimbulkan buih berlebih serta bersifat toksik, sehingga berisiko mencemari air dan membahayakan biota perairan (Y. S. Kurniawan et al., 2021). Sedangkan fosfat dapat menimbulkan eutrofikasi, yaitu pertumbuhan alga berlebihan dan penurunan kandungan oksigen dalam air (Mustikarani et al., 2022). Beberapa studi menunjukkan bahwa kandungan surfaktan anionik dan fosfat dalam limbah *laundry* melebihi ambang batas baku mutu. Nulloh (2023) melaporkan kadar surfaktan anionik mencapai 37,25 mg/L, dan pada penelitian Pungut & Al Kholif (2021) kandungan fosfat mencapai 13,78 mg/L. Melebihi batas maksimum 10 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72, 2013). Bahwasannya, pengolahan limbah *laundry* menjadi penting agar air dapat digunakan kembali dan pencemaran lingkungan berkurang.

Metode adsorpsi menjadi solusi yang tepat untuk pengolahan limbah *laundry* karena efektif menyisihkan zat pencemar seperti surfaktan anionik dan fosfat (PO_4). Adsorpsi yakni proses di mana suatu zat terlarut (adsorbat) diserap ke permukaan zat padat (adsorben), menurut Suharto et al., 2020, pada suatu pengolahan air bersih dan air limbah, arang aktif (atau karbon aktif) adalah adsorben yang sering dipakai. Karbon aktif ini merupakan bahan berpori yang punya kemampuan serap sangat tinggi terhadap zat-zat pencemar (Nulloh et al., 2023). Ampas tebu merupakan residu biomassa lignoselulosa murah dan terbarukan yang diperoleh setelah penghancuran tebu. Ampas tebu mengandung 25–28% lignin, 61–63% karbohidrat, 5–6% zat ekstraktif, dan 6–7% abu (Dermawan et al., 2025) serta kandungan hemiselulosa 25% dan selulosa 50% menunjukkan tingginya potensi karbon, didukung oleh struktur pori luas dan

gugus fungsional $\text{O}-\text{C}=\text{OH}$ dan $\text{C}-\text{OH}$ yang memungkinkan kapasitas adsorpsi hingga 80% (Rudianto, 2021).

Di Indonesia, produksi tebu mencapai volume yang sangat besar, yaitu sekitar 33.000.000 ton/tahun, yang berdampak pada produksi limbah ampas tebu sekitar 11.220.000ton setiap tahunnya. Mengingat satu ton tebu dapat menghasilkan sekitar 115 kg gula, sekitar 300 kg ampas tebu menjadikan limbah ini sangat substansial (Dermawan et al., 2025). Pemanfaatan ampas tebu sebagai adsorben telah diteliti secara luas, baik dalam bentuk mentah maupun termodifikasi, termasuk sebagai karbon aktif. Ampas tebu telah terbukti efektif dalam menyisihkan logam berat, pewarna, senyawa fenolik, dan nutrien organik dari larutan berair (Salah Omer et al., 2022); (Widayatno et al., 2017).

Beberapa faktor dapat mempengaruhi jalannya proses adsorpsi, yaitu: dosis atau jumlah adsorben yang digunakan, konsentrasi awal polutan, ukuran partikel adsorben, waktu kontak antara adsorben dan polutan, dan pH larutan. Dari semua faktor ini, pH sangat menentukan efektivitas adsorpsi. Hal ini dikarenakan perubahan pH dapat memodifikasi muatan permukaan adsorben dan juga mengubah spesiasi (bentuk ionik) dari zat yang diserap (adsorbat). Dalam studi oleh (Kang et al., 2022), peningkatan pH dari 6 ke 10 menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi fosfat pada beberapa material, seperti aluminium sulfate (dari 571,7 menjadi 21,3 mg/g) dan *lanthanum-modified bentonite* (dari 10,0 menjadi 4,9 mg/g). Penurunan ini terjadi karena adanya kompetisi antara ion OH^- dan ion fosfat dalam mengisi situs aktif adsorben, sehingga kemampuan pengikatan menurun. Tidak hanya fosfat, muatan permukaan adsorben juga sangat mempengaruhi penyerapan surfaktan anionik yang bersifat negatif, penurunan pH akan memprotonasi permukaan adsorben, meningkatkan daya Tarik elektrostatik, dan karenanya memaksimalkan penyisihan surfaktan anionik. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan pH larutan sangat penting untuk memaksimalkan efisiensi adsorpsi, khususnya dalam pengolahan limbah mengandung fosfat dan surfaktan anionik (Kang et al., 2022).

Penelitian oleh Suharto (2020) memanfaatkan karbon aktif yang dibuat dari tempurung kelapa (GAC) pada sistem kolom adsorpsi dan memperoleh

efisiensi penyisihan fosfat sebesar 70,79-74,68% pada variasi waktu retensi 60-180 menit. Penelitian oleh Nurhayati (2018) diketahui bahwa ampas tebu dapat menyerap logam Cu (II) hingga 94,3% pada pH 6,5. Sementara itu Nulloh (2023) menggunakan karbon aktif dari kulit jagung untuk menyerap surfaktan anionik dari limbah *laundry* dengan penurunan konsentrasi surfaktan anionik sebesar 45,69%. Berdasarkan latar belakang tersebut, studi ini dilaksanakan dengan tujuan menguji efektivitas karbon aktif berbasis ampas tebu sebagai adsorben untuk meremoval kadar pencemar surfaktan anionik dan fosfat (PO_4) dalam air limbah *laundry* dengan variasi pH dalam sistem kontinu *fixed bed column*. Penelitian ini juga menganalisis kapasitas dan laju adsorpsi karbon aktif ampas tebu menggunakan model Thomas serta model kinetika Pseudo orde-1 dan Pseudo orde-2.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik morfologi ampas tebu sebagai karbon aktif?
2. Bagaimana efektivitas karbon aktif ampas tebu dalam menurunkan kadar surfaktan anionik dan fosfat (PO_4) pada limbah *laundry* melalui variasi pH dan debit?
3. Bagaimana kapasitas dan laju adsorpsi karbon aktif ampas tebu berdasarkan model Thomas, model Pseudo orde-1 dan Pseudo orde-2?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik morfologi ampas tebu sebagai karbon aktif.
2. Menganalisis efektivitas karbon aktif ampas tebu dalam menurunkan kadar surfaktan anionik dan fosfat (PO_4) pada limbah *laundry* melalui variasi pH dan debit.
3. Menganalisis kapasitas dan laju adsorpsi karbon aktif ampas tebu menggunakan model Thomas, model Pseudo orde-1 dan Pseudo orde-2.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat memperkaya literatur ilmiah di bidang pengolahan limbah, khususnya pemanfaatan bahan organik seperti ampas tebu sebagai karbon aktif.
2. Penerapan hasil penelitian ini dapat membantu mengurangi dampak negatif dari limbah *laundry* pada kualitas air bersih, sehingga meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup masyarakat di sekitarnya.
3. Analisis dengan model Thomas dan model kinetika Pseudo Orde 1 dan Pseudo Orde 2 diharapkan mampu memberikan wawasan tentang adsorpsi dalam sistem kontinu.

1.5 Ruang Lingkup

Fokus dan batasan penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian menggunakan limbah cair *laundry* yang terletak di daerah Rungkut, Surabaya.
2. Penelitian ini memanfaatkan limbah ampas tebu untuk dijadikan sebagai karbon aktif.
3. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah konsentrasi surfaktan anionik dalam detergen yang diukur dengan metode MBAS dan fosfat (PO_4).
4. Proses adsorpsi terjadi secara kontinu menggunakan *fixed bed column*.
5. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.