

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kemajuan industri memberikan dampak positif maupun negatif bagi kehidupan makhluk hidup. Salah satu dampak negatif yang menjadi perhatian utama adalah timbulnya air limbah industri, yang kerap mengandung logam berat dan polutan organik berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia [1]. Di antara polutan organik tersebut, pewarna sintesis merupakan salah satu kontaminan utama yang banyak digunakan dalam industri kertas, kulit, dan tekstil karena fungsinya sebagai zat pemberi warna [2]. Berdasarkan data, sumber pencemaran lingkungan berasal dari berbagai industri, antara lain industri tekstil (54%), industri pewarnaan (21%), industri kertas dan pulp (10%), penyamakan kulit serta cat (8%), dan pembuatan pewarna (7%) [3].

Pencemaran ini menimbulkan berbagai dampak negatif bagi manusia dan hewan, seperti iritasi kulit, mata, dan saluran pernapasan, bahkan dapat bersifat karsinogenik serta memengaruhi sistem reproduksi dan perkembangan [4, 5]. Salah satu contoh pewarna sintesis yang paling umum digunakan adalah Rhodamin B, yang diaplikasikan dalam industri tekstil, wol, sutra, sel pewarna di bidang bioteknologi, hingga bahan tambahan makanan. Diperkirakan lebih dari 10.000 ton Rhodamin B digunakan setiap tahunnya oleh industri tekstil, dengan batas ambang konsentrasi yang diperbolehkan di lingkungan perairan berkisar antara 5 hingga 10 mg/L [5].

Meskipun berbagai metode telah dikembangkan untuk menghilangkan pewarna dari air limbah, hingga kini masih terdapat berbagai kendala, terutama dalam hal efisiensi dan biaya pengolahan. Beberapa metode yang telah digunakan antara lain fotokatalisis [6, 7], degradasi katalitik dengan

gelombang mikro [8], koagulasi, filtrasi, serta teknologi adsorpsi [9, 10]. Di antara metode tersebut, adsorpsi merupakan salah satu teknik utama yang banyak digunakan karena keunggulannya dalam hal efisiensi biaya, kemudahan pengoperasian, efisiensi tinggi, serta kemampuan regenerasi adsorben. Meskipun filtrasi dikenal sangat efektif, metode ini memiliki biaya operasional yang relatif tinggi. Sementara itu, koagulasi cenderung kurang efektif dalam menghilangkan polutan terlarut.

Beragam material telah digunakan sebagai adsorben untuk mengatasi pencemaran pewarna, di antaranya karbon aktif [11, 12], limbah padat [13], bentonit [14, 15], serta resin penukar ion sintetis [16]. Di antara bahan-bahan tersebut, bentonit merupakan material yang menjanjikan karena bersifat mikropori, relatif murah, serta memiliki cadangan alami yang melimpah. Bentonit telah banyak dimanfaatkan dalam penghilangan logam berat maupun polutan organik dari air limbah [17, 18].

Namun demikian, bentonit alami memiliki hidrofilisitas tinggi yang kurang sesuai untuk adsorpsi polutan organik, serta kapasitas pertukaran kation dan daya adsorpsi yang relatif rendah. Oleh karena itu, modifikasi bentonit diperlukan, salah satunya dengan penambahan surfaktan kationik. Proses pertukaran kation ini menyebabkan peningkatan jarak antar lapisan, dan penggantian kation anorganik dengan kation organik menghasilkan bentonit yang lebih hidrofobik. Penelitian Özkan et al. (2017) menunjukkan bahwa penggunaan garam amonium kuarterner sebagai surfaktan dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi, terutama dengan meningkatnya panjang rantai alkil [19].

Berbagai pendekatan lain juga telah diteliti untuk menghilangkan pewarna dari air limbah, termasuk metode kimia, fisik, dan biologis, namun masih menghadapi keterbatasan dari segi efisiensi maupun biaya. Salah satu metode alternatif yang kini banyak dikaji adalah fotokatalisis, yakni proses

pemanfaatan sinar UV untuk menguraikan polutan organik secara efisien dan berbiaya rendah [20].

Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan bahan fotokatalitik semikonduktor seperti ZnO, TiO₂, CdS, dan Fe₂O₃ semakin menarik perhatian para peneliti [21, 22]. Titanium dioksida (TiO₂) menjadi salah satu material yang paling umum digunakan karena sifatnya yang tidak toksik, stabil secara kimia, murah, dan memiliki aktivitas katalitik yang baik. Namun, kelemahan TiO₂ antara lain adalah rekombinasi cepat antara elektron dan lubang, serta celah pita energi yang besar. Untuk mengatasi hal ini, bentonit sering digunakan sebagai media pendukung bagi fotokatalis karena luas permukaan spesifiknya yang tinggi, kapasitas adsorpsi yang besar terhadap kation dan molekul polar, serta stabilitas kimianya. Komposit TiO₂–bentonit dilaporkan mampu mengurangi laju rekombinasi elektron-lubang dan meningkatkan degradasi oksidatif polutan secara lebih efisien dibandingkan TiO₂ atau bentonit murni.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan adsorben berbasis bentonit yang telah diaktivasi menggunakan H₂SO₄ serta dimodifikasi dengan surfaktan kationik, yakni *Didecyl Dimethyl Ammonium Chloride* (DDAC) dan *N,N-Dimethyl-N-Octyloctan-1-amonium chloride* (DODMAC), dan dikombinasikan dengan material semikonduktor TiO₂/WO₃ (Be-SK-S). Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat menghasilkan adsorben yang ramah lingkungan dan efektif untuk mengurangi kandungan pewarna dalam air limbah industri, sekaligus menjawab tantangan dalam menjaga kualitas air.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Melakukan sintesis dan karakterisasi adsorben Be-SK dengan penambahan bahan semikonduktor TiO₂/WO₃ (Be-SK-S).

(Parameter yang dievaluasi meliputi karakterisasi struktur dan *basal spacing* komposit.)

2. Mempelajari unjuk kerja adsorpsi adsorben terhadap Rhodamin B dalam air, yaitu melalui:
 - a. Evaluasi pengaruh pH terhadap proses adsorpsi pada adsorben Be-SK dan Be-SK-S
 - b. Uji kinetika adsorpsi dengan variasi waktu 15, 30, 60, 90, 120, dan 180 pada adsorben Be-SK-S optimum
 - c. Uji isoterm adsorpsi dengan variasi konsentrasi 200, 300, 400, 500, 600, 700 ppm pada adsorben Be-SK-S optimum

I.3 Pembatasan Masalah

1. Bentonit yang dimodifikasi dengan surfaktan telah diaktivasi dengan H_2SO_4 .
2. Menggunakan bentonit dengan montmorillonite sebagai kandungan terbesar.
3. Proses adsorpsi dan fotokatalisis dilakukan pada suhu ruang.