

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri tentunya tidak berhenti hingga saat ini, melainkan selalu ada perkembangan untuk menjadi lebih baik. Berbicara tentang industri, tentunya tidak lepas dengan limbah yang dihasilkan. Salah satu industri yang selalu berkembang dan memegang peranan penting perekonomian kehidupan manusia yaitu Industri tekstil [1]. Limbah Industri tekstil tentunya menjadi permasalahan yang penting, karena mempengaruhi ekosistem perairan, seperti mempengaruhi masuknya intensitas cahaya matahari ke dalam perairan yang menyebabkan rendahnya tingkat fotosintesis, sehingga dapat menimbulkan kerusakan habitat perairan. Selain merusak ekosistem perairan, limbah industri tekstil berpengaruh pada kesehatan manusia, apabila masuk ke dalam sistem pencernaan. Salah satunya adalah *Rhodamine B* (RhB). Hal ini mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) batas maksimal bahan makan tercemar limbah RhB sekitar 70-300 mg/L [2]. Sehingga, dibutuhkanlah metode yang tepat dalam penghilangan limbah RhB dalam perairan. Tentunya metode yang digunakan harus efisien dari segi biaya hingga kemudahan penggunaan. Salah satunya ialah Fotokatalitik. Fotokatalitik menjadi salah satu teknologi yang sangat menjanjikan dalam mendegradasi senyawa polutan organik yang prosesnya membutuhkan katalis yang diaktivasi oleh cahaya *Ultra Violet* (UV), hingga cahaya tampak.

Proses fotokatalitik memiliki keunggulan apabila dibandingkan dengan proses degradasi lainnya, seperti proses biologi dan kimia lainnya. Pertama, reaksi fotokatalitik tidak spesifik sehingga dapat digunakan untuk mendegradasi senyawa organik dalam lingkup luas, seperti alkana, alkena,

alkohol, phenol, asam karboksilat, alkena terhalogenasi, senyawa-senyawa aromatik, zat warna, surfaktan hingga *polychlorinated-Benzenes* (PCB's) dan pestisida. Kedua, daya oksidasi proses ini sangat kuat sehingga seringkali mampu mendegradasi senyawa organik hingga tingkat mineralisasi. Ketiga, proses ini mampu mendegradasi senyawa toksik yang tidak dapat didegradasi oleh proses biologi. Keempat, proses ini dapat digunakan untuk fase cair, seperti pengolahan air limbah, pemurnian air, hingga dapat digunakan dalam fase gas, seperti emisi *volatile organic compound* (VOC). Kelima, proses ini memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber sinar UV dan cahaya tampak, sehingga dapat meminimalkan biaya operasional [3].

Di Indonesia pengolahan limbah tekstil dilakukan dengan proses koagulasi, flokulasi, adsorpsi dengan karbon aktif, akan tetapi proses tersebut sifatnya hanya memindahkan zat warna dari fase cair ke fase padat, bukan menguraikan senyawa-senyawa kompleks penyusun polutan sehingga menghasilkan limbah baru. Proses fotokatalitik memiliki prinsip menguraikan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan memanfaatkan energi foton dari matahari yang lebih aman bagi lingkungan. Tentunya, tantangan dari proses ini ialah menemukan katalis yang sesuai untuk mendukung terjadinya proses fotokatalitik.

Metal Organic Framework (MOF) merupakan material baru berupa kristal berpori yang tersusun dalam kisi-kisi tak terhingga antara kluster logam dan linkernya atau ligan (penghubung). MOF memiliki keunggulan, seperti fleksibel, luas permukaan yang tinggi, volume ruang kosong yang besar, dan diameter pori-pori yang besar. Dalam penelitian baru-baru ini, MOF dapat diaplikasikan dalam proses fotokatalitik karena memiliki kemampuan dalam eksitasi elektron dari orbital tingkat tinggi ke orbital tingkat rendah yang disebabkan oleh *ligand-to-metal charge transfer* (LMCT), *metal-to-ligand charge transfer* (MLCT), dan transisi elektron π - π^* pada cincin aromatis

ketika terkena radiasi cahaya dengan panjang gelombang tertentu [4]. Selain itu, ikatan antara kluster logam dengan ligan organik tentunya membuat MOF dapat dijadikan sebagai fotokatalis yang dapat dimodifikasi untuk meningkatkan absorpsi foton dan aktivitas katalis [5].

Dalam penelitian kali ini akan memanfaatkan MOF berbasis logam besi (Fe), karena memiliki kemampuan proses fotokatalitik yang tinggi, apabila dibandingkan dengan MOF berbasis logam lain, karena absorbansi optikal yang unik, stabilitas dan responsivitas optik yang baik, serta proses sintesa yang mudah [6]. MIL-88B (Fe) merupakan MOF yang telah digunakan dalam proses degradasi zat warna *Methylene Blue* (MB) dan RhB dengan hasil yang cukup memuaskan [7]. Zat warna MB dan RhB berhasil didegradasi dibawah sinar tampak dalam kurun waktu 50 menit untuk MB dan 60 menit untuk RhB. Selain itu, tingkat kestabilan dari MIL-88B (Fe) sangat baik, hampir tidak terlihat perubahan, setelah 3 kali penggunaan dalam degradasi warna MB dan RhB dengan jumlah konsentrasi yang sama [7].

Akan tetapi, beberapa peneliti sebelumnya mengatakan bahwa MOF berbasis Fe murni kurang baik dalam efisiensi produksi elektron yang rendah, serta pemisahan muatan MOF juga rendah sehingga kurang efektif dalam proses fotokatalitik [8] [9]. Oleh karena itu, dalam mengantisipasi kekurangan dari MOF berbasis Fe dan meningkatkan kinerja peneliti sebelumnya, terkait degradasi zat warna, maka ditambahkan semikonduktor yang dapat membantu proses fotokatalitik berupa Tungsten Oksida (WO_3). WO_3 merupakan semikonduktor tipe-n [10] yang sering digunakan dalam proses fotokatalitik. Selain itu, WO_3 memiliki celah pita yang kecil (2,7-2,8 eV) [11], sehingga peka terhadap cahaya tampak dan memiliki foto absorpsi cahaya tampak yang lebih baik [12]. Adapun alasan lain untuk melakukan penelitian ini, karena masih belum adanya percobaan terkait penggabungan MOF berbasis Fe MIL-88B (Fe) dengan semikonduktor WO_3 .

I.2 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari karakterisasi material komposit MIL-88B (Fe)@WO₃.
2. Mempelajari kinerja komposit MIL-88B(Fe)@WO₃ dalam aplikasi adsorpsi dan degradasi warna rhodamin B dengan memperhatikan pengaruh massa adsorben dan rasio MIL-88B:WO₃, kondisi pH, dan suhu tertentu.
3. Mempelajari kemampuan *reusability* komposit.

I.3 Pembatasan Masalah

1. Performa dan mekanisme dari adsorpsi ditunjukkan melalui persamaan isotherm adsorpsi berikut: Freundlich, Langmuir, Redlich-Peterson, Sips, Toth, dan Temkin; dan kinetika adsorpsi ditunjukkan melalui persamaan pseudo-orde satu, pseudo-orde dua, Elovich, dan Difusi Intra-Partikel (IPD).
2. Kemampuan adsorben dalam melakukan degradasi fotokatalitik ditunjukkan menggunakan persamaan degradasi fotokatalitik: orde satu, orde dua, dan Behnajadi, Modirshahla, and Gnanbary (BMG).