

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah domestik atau limbah yang berasal dari aktivitas rumah tangga secara umum diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu *grey water* dan *black water*. Masing-masing dari kategori tersebut memiliki karakteristik serta tantangan tersendiri dalam pengelolaannya. *Grey water* merupakan air limbah domestik yang dihasilkan dari berbagai aktivitas rumah tangga selain toilet seperti mencuci piring, mencuci pakaian, dan mandi. Di sisi lain, *black water* merupakan limbah yang dihasilkan dari toilet yang mengandung tinja, urine, serta berbagai patogen berbahaya. *Black water* membawa potensi pencemaran yang jauh lebih besar dibandingkan *grey water*, sehingga memerlukan proses pengolahan yang lebih kompleks (Wulandari, 2019). Seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat, terutama di kota-kota besar seperti Surabaya, mengakibatkan peningkatan yang signifikan dalam produksi *black water*. Hal ini menuntut perhatian lebih dalam sistem pengolahannya. Oleh karena itu dibutuhkan inovasi dalam teknologi pengolahan limbah *black water* seperti IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja) untuk menjamin keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) merupakan instalasi pengolahan yang diperuntukkan bagi pengolahan lumpur tinja hasil penyedotan dari sistem sanitasi, yang selanjutnya diangkut dengan truk tinja untuk diproses sebelum dibuang atau dimanfaatkan kembali. Proses pengolahan di IPLT termasuk dalam tahap lanjutan mengingat lumpur tinja yang telah melalui pengolahan awal di *septic tank* masih belum memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan (Handoko, 2021). Limbah ini sering kali mengandung parameter berbahaya seperti *Total coliform* yang menjadi indikator keberadaan bakteri patogen dalam limbah, COD yang mengukur jumlah senyawa organik yang dapat dioksidasi secara kimia, dan TSS yang mengukur jumlah padatan tersuspensi pada air limbah. Di dalam limbah IPLT khususnya outlet *oxidatin ditch*, parameter tersebut masih belum memenuhi

standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukan proses lanjutan untuk mengelola hasil setelah *oxidation ditch* yang belum maksimal dan meminimalkan dampak negatif yang ditimbulkan.

Pengolahan limbah IPLT dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan *Advanced Oxidation Process* (AOPs). Proses oksidasi lanjutan ini memiliki solusi yang efektif dalam pengolahan limbah industri IPLT untuk mengurangi kontaminan organik dan mikroba dengan teknologi ramah lingkungan.

Secara umum, *Advanced Oxidation Process* (AOPs) atau proses oksidasi lanjutan merupakan serangkaian proses kimia yang dirancang untuk menghilangkan bahan organik berbahaya dari air limbah dengan cara oksidasi melalui reaksi dengan radikal hidroksil ($\text{OH}\cdot$) (Rais & Setiawan, 2024). Radikal hidroksil merupakan oksidator yang sangat kuat dan non-selektif dan mampu mendegradasi berbagai jenis polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Idealnya, hasil dari proses ini adalah air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2). Teknologi ini memiliki beberapa kelebihan, antara lain penggunaan lahan yang relatif kecil serta kemampuan untuk mengoksidasi berbagai macam senyawa organik. Selain itu, metode ini mampu menurunkan toksisitas limbah dengan cara mengubahnya menjadi bentuk yang lebih aman. (Nabila & Yuniarto, 2024).

Salah satu metode *Advanced Oxidation Process* (AOPs) yang dapat mendegradasi zat berbahaya dalam limbah IPLT adalah Fotofenton. Mekanisme yang berlangsung dalam sistem ini melibatkan reaksi antara ion Fe^{2+} dan hidrogen peroksida (H_2O_2) sehingga terbentuk ion Fe^{3+} dan radikal hidroksil. Selanjutnya, ion Fe^{3+} yang dihasilkan akan mengalami reduksi akibat paparan sinar UV, sehingga menghasilkan kembali ion Fe^{2+} dan radikal hidroksil (Umar et al., 2010).

Reaksi Fotofenton yang efektif dalam menghilangkan kontaminan seperti *total coliform*, COD, dan TSS dimulai dengan penambahan ion Fe^{2+} yang mengganggu pertahanan bakteri. H_2O_2 dan sinar UV memiliki peran penting

dalam menginaktivasi bakteri dengan menghasilkan radikal hidroksil dan merusak DNA bakteri (O'Dowd & Pillai, 2020). Untuk removal COD, dapat dilakukan dengan cara mengubahnya menjadi produk teroksidasi yang lebih sederhana (Metcalf & Eddy, 2014). Adapun untuk TSS, proses oksidasi molekul organik berlangsung ketika radikal hidroksil dihasilkan melalui interaksi antara H_2O_2 dan Fe^{2+} yang dioptimalkan dengan bantuan sinar UV, yang juga menyebabkan pembentukan ion $\text{Fe}(\text{OH})_3$ untuk mengikat padatan tersuspensi dan menghasilkan flok yang terendapkan (Lesa et al., 2020).

Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Ekamala Wakang et al., (2023) tentang efektivitas proses Fotofenton dalam menurunkan *Total coliform* di Sungai Maruni, Manokwari menghasilkan penurunan sebesar 100%. Selain itu, pada penelitian Kusumawardani et al., (2025) mengatakan bahwa penurunan COD dan TSS pada limbah laboratorium sebesar 92,8% dan 62,30%. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk meneliti efektivitas proses Fotofenton pada limbah IPLT khususnya outlet *oxidation ditch* dalam menurunkan kadar *Total coliform*, COD, dan TSS. Diharapkan solusi inovatif ini dapat meningkatkan kualitas air yang dihasilkan serta menjaga keberlanjutan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh rasio molar $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$, daya iradiasi lampu UV, dan waktu sampling dalam menurunkan kandungan *Total coliform* pada limbah outlet *oxidation ditch* IPLT?
2. Bagaimana pengaruh rasio molar $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$, daya iradiasi lampu UV, dan waktu sampling dalam menurunkan kandungan COD pada limbah outlet *oxidation ditch* IPLT?
3. Bagaimana pengaruh rasio molar $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$, daya iradiasi lampu UV, dan waktu sampling dalam menurunkan kandungan TSS pada limbah outlet *oxidation ditch* IPLT?
4. Bagaimana efektivitas Fotofenton berdasarkan ekonomi lingkungan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh rasio molar $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$, daya iradiasi lampu UV, dan waktu sampling dalam menurunkan kandungan *Total coliform* pada limbah outlet *Oxidation Ditch* IPLT
2. Menganalisis pengaruh rasio molar $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$, daya iradiasi lampu UV, dan waktu sampling dalam menurunkan kandungan COD pada limbah outlet *oxidation ditch* IPLT
3. Menganalisis pengaruh rasio molar $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$, daya iradiasi lampu UV, dan waktu sampling dalam menurunkan kandungan TSS pada limbah outlet *oxidation ditch* IPLT
4. Menganalisis efektivitas Fotofenton berdasarkan ekonomi lingkungan

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan solusi bagi industri IPLT dalam mengelola limbahnya dengan cara ramah lingkungan dengan menerapkan teknologi Fotofenton
2. Memberikan pemahaman mengenai mekanisme kerja teknologi Fotofenton dalam menurunkan kontaminan mikrobiologis dan senyawa organik
3. Mendorong pengembangan teknologi baru atau peningkatan metode yang ada untuk pengolahan limbah dalam menghasilkan Solusi yang lebih efisien

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1. Air sampel yang akan diolah diambil dari outlet *oxidation ditch* IPLT Keputih, Surabaya
2. Variabel kualitas air yang dianalisis pada penelitian ini adalah *Total coliform*, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS)
3. Pengolahan dilakukan melalui proses *Advanced Oxidation Process* (AOPs) berbasis teknologi Fotofenton secara *batch*

4. Penelitian dilakukan dengan variabel bebas rasio molar $\text{FeSO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2$, daya iradiasi lampu UV, dan waktu sampling sinar UV
5. Proses penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur