

ABSTRAK

Industri farmasi menghasilkan air limbah dengan kandungan mikropolutan kompleks yang sulit diuraikan secara biologis, sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Instalasi pengolahan konvensional terbukti kurang efektif, khususnya terhadap senyawa resisten dengan rasio BOD/COD rendah. Penelitian ini bertujuan mengoptimasi variasi dosis H_2O_2 , dosis FeSO_4 , serta waktu reaksi pada metode oksidasi Fenton untuk meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah farmasi. Optimasi dilakukan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) metode *Central Composite Design* (CCD), serta analisis statistik dan lingkungan untuk mengevaluasi pengaruh faktor dan interaksi antar variabel. Parameter yang diuji meliputi BOD, COD, TSS, total-N, fenol, dan pH, dengan acuan baku mutu sesuai regulasi nasional. Hasil penelitian menunjukkan dosis optimal H_2O_2 sebesar 303,231 mmol/L, rasio $\text{H}_2\text{O}_2/\text{FeSO}_4$ sebesar 3:1, dan waktu reaksi optimal 40,123 menit. Optimasi oksidasi Fenton terbukti meningkatkan biodegradabilitas dan menurunkan parameter polutan lainnya. Selain itu, lumpur besi ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) hasil samping dapat diaktivasi dan dimanfaatkan sebagai substitusi reagen FeSO_4 , mendukung konsep pemanfaatan sirkular (*circular use*) dan ekonomi sirkular (*circular economy*). Analisis hidrodinamika, kinetika reaksi, serta pembahasan kimia mendalam memperkuat pemahaman mekanisme proses. Dari sisi ekonomi lingkungan, nilai OPEX dan BCR menunjukkan bahwa skema oksidasi Fenton layak diterapkan. Keseluruhan temuan menegaskan bahwa optimasi oksidasi Fenton berbasis statistik dengan pendekatan analisis lingkungan merupakan solusi efektif dan efisien untuk pengolahan air limbah farmasi, sekaligus berkontribusi pada pengembangan teknologi ramah lingkungan di sektor industri.

Kata Kunci: *Advanced Oxidation Process* (AOP), Oksidasi Fenton, *Response Surface Methodology* (RSM), Optimasi Analisis Lingkungan, Ekonomi Sirkular