

## INTISARI

Limbah laundry merupakan salah satu sumber pencemar air yang mengandung surfaktan dan senyawa organik dengan konsentrasi tinggi, sehingga berpotensi mencemari perairan apabila dibuang tanpa pengolahan yang memadai. Proses pengolahan biologis konvensional sering kali belum mampu menurunkan kadar surfaktan secara optimal akibat sifatnya yang relatif resisten dan inhibitif terhadap mikroorganisme. Oleh karena itu, diperlukan kombinasi proses pengolahan yang lebih efektif untuk meningkatkan degradasi surfaktan dan beban organik limbah laundry.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja proses ozonasi, serta kombinasi proses ozonasi–biologis dan biologis–ozonasi dalam menurunkan konsentrasi surfaktan (MBAS) dan senyawa organik (COD) pada limbah laundry sintetik, serta menentukan kondisi operasi yang paling optimal dan efisien. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium menggunakan limbah laundry sintetik. Proses ozonasi diuji dengan variasi volume reaktor 1, 2, dan 5 L, variasi waktu *on–off* ozon 30/30 dan 60/30 menit, serta kapasitas ozon 3 g/h dan 10 g/h. Parameter yang diamati meliputi konsentrasi ozon terlarut, pH, MBAS, COD, BOD, ORP, dan DO. Selanjutnya dilakukan pengujian kombinasi urutan proses ozonasi–biologis dan biologis–ozonasi dengan variasi detergen 1,6 mL/L, 2 mL/L dan 2,4 mL/L.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi ozon terlarut hasil pengukuran berada pada kisaran 1–3 mg/L, lebih rendah dibandingkan nilai teoritis sebesar 7,14 mg/L. Volume reaktor berpengaruh terhadap kestabilan ozon terlarut, di mana volume 5 L menunjukkan kestabilan ozon tertinggi dibandingkan volume 1 L dan 2 L. Variasi waktu *on–off* 30/30 menit mampu menjaga pH pada kisaran basa sekitar 7,8, sedangkan variasi *on–off* 60/60 menit menyebabkan penurunan pH hingga sekitar 6. Analisis statistik menunjukkan bahwa variasi waktu *on–off* dan kapasitas ozon tidak memberikan perbedaan signifikan terhadap degradasi MBAS, COD, dan BOD ( $p > 0,05$ ). Oleh karena itu, kombinasi *on–off* 30/30 dengan kapasitas ozon 3 g/h dan volume 5L ditetapkan sebagai kondisi paling optimal karena menghasilkan kinerja degradasi yang setara dengan konsumsi energi yang lebih efisien.

Pada kombinasi ozonasi–biologis, tahap ozonasi menunjukkan laju degradasi surfaktan yang lebih cepat dibandingkan COD, dengan  $k'$  sebesar 0,0209  $\text{menit}^{-1}$  untuk MBAS dan 0,0011  $\text{menit}^{-1}$  untuk COD. Tahap biologis selanjutnya ditandai oleh laju pertumbuhan mikroorganisme yang tinggi dengan nilai  $\mu_{\text{max}}$  sekitar 0,92  $\text{jam}^{-1}$  dan nilai konstanta inhibisi  $K_i$  lebih dari 2600 mg/L. Kombinasi ini menghasilkan kinerja terbaik dengan konsentrasi MBAS akhir di bawah 150 mg/L dan COD di bawah 40 mg/L. Pada kombinasi biologis–ozonasi, penurunan COD didominasi oleh proses biologis dengan  $\mu_{\text{max}}$  sekitar 0,99  $\text{jam}^{-1}$  dan nilai  $K_s$  sebesar 291 mg/L, sedangkan ozonasi lanjutan menunjukkan laju oksidasi COD yang relatif tinggi dengan  $k'$  sebesar 0,1673  $\text{menit}^{-1}$ . Secara keseluruhan, kombinasi proses ozonasi dan biologis efektif meningkatkan efisiensi pengolahan limbah laundry sintetik dengan urutan ozonasi–biologis sebagai konfigurasi paling optimal.

**Kata kunci:** Limbah Laundry, Ozonasi, Proses Biologis, MBAS, COD

## ABSTRACT

*Laundry wastewater is one of the sources of water pollution containing high concentrations of surfactants and organic compounds, which can cause water pollution if discharged without adequate treatment. Conventional biological treatment is often unable to sufficiently reduce surfactant levels due to their relatively resistant nature and inhibitory effects on microorganisms. Therefore, a more effective combination of treatment processes is required to enhance the degradation of surfactants and organic loads in laundry wastewater.*

*This study aimed to evaluate the performance of ozonation, as well as combined ozonation–biological and biological–ozonation processes, in reducing surfactant (MBAS) and organic matter (COD) concentrations in synthetic laundry wastewater and to determine the most optimal and efficient operating conditions. The research was conducted at laboratory scale using synthetic laundry wastewater. The ozonation process was tested using reactor volumes of 1, 2, and 5 L, ozone on–off time variations of 30/30 and 60/30 minutes, and ozone generation capacities of 3 g/h and 10 g/h. Observed parameters included dissolved ozone concentration, pH, MBAS, COD, BOD, ORP, and DO. Subsequently, combined ozonation–biological and biological–ozonation processes were evaluated using detergent concentrations of 1.6, 2.0, and 2.4 mL/L.*

*The results showed that the measured dissolved ozone concentration ranged from 1 to 3 mg/L, which was lower than the theoretical value of 7.14 mg/L. Reactor volume affected ozone stability, with the 5 L reactor exhibiting the highest dissolved ozone stability compared to the 1 L and 2 L reactors. The 30/30 minute on–off variation maintained the pH in a slightly alkaline range of approximately 7.8, while the 60/60 minute variation caused the pH to decrease to around 6. Statistical analysis indicated that variations in on–off time and ozone capacity did not significantly affect MBAS, COD, and BOD degradation ( $p > 0.05$ ). Therefore, the combination of a 30/30 minute on–off time, 3 g/h ozone capacity, and a 5 L reactor volume was selected as the optimal condition, providing comparable degradation performance with more efficient energy consumption.*

*In the ozonation–biological combination, the ozonation stage showed a faster surfactant degradation rate than COD, with apparent first-order rate constants of  $0.0209 \text{ min}^{-1}$  for MBAS and  $0.0011 \text{ min}^{-1}$  for COD. The subsequent biological stage was characterized by a high microbial growth rate, with a  $\mu_{\text{max}}$  of approximately  $0.92 \text{ h}^{-1}$  and an inhibition constant  $K_i$  greater than 2600 mg/L. This combination achieved the best performance, resulting in final MBAS concentrations below 150 mg/L and COD below 40 mg/L. In the biological–ozonation combination, COD removal was dominated by the biological process, with a  $\mu_{\text{max}}$  of approximately  $0.99 \text{ h}^{-1}$  and a  $K_s$  of 291 mg/L, while the subsequent ozonation stage exhibited a relatively high COD oxidation rate constant of  $0.1673 \text{ min}^{-1}$ . Overall, the combination of ozonation and biological processes effectively improves the treatment efficiency of synthetic laundry wastewater, with the ozonation–biological sequence identified as the most optimal configuration.*

**Keywords:** *laundry wastewater; ozonation; biological treatment; MBAS; COD*