



Ekasakti Engineering Journal (E-EJ), Volume 1, Issue 1, April 2021/ EISSN: 2776-396X

## FOTODEGRADASI SENYAWA SURFAKTAN DENGAN MENAMBAHKAN KATALIS (ZNO) PADA LIMBAH CAIR LAUNDRY

**Hendra Anwar, Pegi Asep Fitra**

Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Barat

Correspondent: [hendraanwarh@gmail.com](mailto:hendraanwarh@gmail.com)

### ABSTRAK

Meningkatnya jumlah usaha laundry menyebabkan peningkatan pencemaran lingkungan akibat limbah cair yang mengandung senyawa surfaktan dari deterjen. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas metode fotodegradasi dengan menggunakan seng oksida (ZnO) sebagai fotokatalis dalam menurunkan parameter kualitas air, seperti Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), serta perubahan pH dan kadar fosfat (PO<sub>4</sub>) dalam limbah cair laundry. Variabel yang diuji adalah variasi massa ZnO (0,50 g, 0,75 g, dan 1 g) serta waktu kontak (2, 3, dan 4 jam). Hasil penelitian menunjukkan bahwa fotodegradasi dengan ZnO efektif dalam mendegradasi senyawa organik, dengan nilai pH akhir mencapai 7,10, efisiensi penurunan COD sebesar 83,33%, dan TSS sebesar 59,31%. Analisis statistik menunjukkan bahwa variasi massa ZnO dan waktu kontak secara signifikan mempengaruhi efektivitas fotodegradasi dengan p-value < 0,05.

**Kata Kunci:** Fotodegradasi, Limbah Cair Laundry, Fotokatalis, ZnO

### PENDAHULUAN

Industri laundry semakin berkembang pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan jasa pencucian pakaian. Limbah cair yang dihasilkan dari industri ini mengandung surfaktan dari deterjen yang berpotensi mencemari lingkungan. Surfaktan dalam limbah laundry dapat menghambat penetrasi oksigen ke dalam air, mengganggu keseimbangan ekosistem perairan, serta berkontribusi pada eutrofikasi (Wardhana, 2009:12).

Dalam beberapa dekade terakhir, penggunaan teknologi fotokatalis menjadi salah satu metode yang menarik perhatian dalam pengolahan limbah. Teknologi ini menawarkan pendekatan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan metode konvensional seperti koagulasi dan adsorpsi (Ginting, 2007:45).

Metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis berbasis seng oksida (ZnO) telah banyak dikaji karena kemampuannya dalam menurunkan senyawa organik dalam air limbah (Nurhayati, 2013:78). ZnO memiliki karakteristik unik seperti luas permukaan yang besar dan stabilitas kimia yang baik sehingga sangat efektif dalam proses fotokatalitik (Fadarina et al., 2021:90).

Pada penelitian sebelumnya, metode fotokatalis telah diterapkan dalam pengolahan limbah dari berbagai industri, termasuk tekstil, mie, dan batik. Namun, penelitian terkait pengolahan limbah laundry menggunakan fotokatalis ZnO masih terbatas (Aditya et al., 2012:34).

ZnO sebagai fotokatalis bekerja dengan memanfaatkan energi cahaya UV untuk menghasilkan radikal hidroksil ( $\text{OH}\cdot$ ) yang dapat mengoksidasi senyawa organik menjadi molekul yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan (Dwiarsi & Setyaningtyas, 2014:55). Dengan demikian, metode ini dapat menjadi alternatif yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas fotodegradasi adalah konsentrasi fotokatalis, intensitas cahaya UV, dan waktu kontak antara limbah dengan fotokatalis (Mohar et al., 2021:102). Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji pengaruh variasi massa ZnO dan waktu kontak terhadap efektivitas fotodegradasi limbah laundry. Selain itu, pengukuran parameter kualitas air sebelum dan sesudah perlakuan fotokatalis dilakukan untuk mengetahui sejauh mana efektivitas metode ini dalam mengurangi tingkat pencemaran (Ayuningtyas, 2013:67).

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi untuk industri laundry dalam mengelola limbahnya secara lebih bertanggung jawab serta sebagai referensi bagi penelitian lanjutan di bidang pengolahan air limbah (Fauzi & Tuhi, 2018:89). Dengan adanya teknologi ini, diharapkan permasalahan pencemaran lingkungan akibat limbah laundry dapat diminimalisir dan ekosistem perairan tetap terjaga (Sibarani et al., 2016:110).

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas fotodegradasi dalam menurunkan kadar polutan pada limbah cair laundry dengan variasi massa katalis ZnO dan waktu kontak.

### **1. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik lingkungan dalam kurun waktu tiga bulan. Pengambilan sampel dilakukan dari beberapa usaha laundry yang memiliki karakteristik limbah cair yang serupa.

### **2. Variabel Penelitian**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah massa ZnO (0,50 g, 0,75 g, dan 1 g) serta waktu kontak (2, 3, dan 4 jam). Variabel terikatnya adalah parameter kualitas air, yaitu pH, COD, TSS, dan kadar fosfat.

### **3. Peralatan dan Bahan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beaker glass, magnetic stirrer, spektrofotometer UV-Vis, dan lampu UV. Bahan yang digunakan adalah limbah cair laundry dan seng oksida (ZnO) sebagai katalis.

### **4. Prosedur Penelitian**

1. Limbah cair laundry sebanyak 1000 mL dimasukkan ke dalam beaker glass.
2. Fotokatalis ZnO ditambahkan sesuai variasi massa.
3. Sampel diaduk menggunakan magnetic stirrer dan disinari dengan lampu UV selama 2, 3, dan 4 jam.
4. Setelah proses fotodegradasi, dilakukan pengendapan dan pengukuran parameter kualitas air menggunakan spektrofotometer UV-Vis.
5. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji statistik regresi linear berganda untuk melihat pengaruh variabel terhadap efektivitas fotodegradasi.

### **5. Analisis Data**

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis dengan metode statistik deskriptif dan inferensial menggunakan perangkat lunak SPSS. Uji normalitas dan regresi linear digunakan untuk menentukan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fotodegradasi dengan ZnO dapat menurunkan kadar COD, TSS, dan fosfat secara signifikan. Pada massa ZnO 1 g dan waktu kontak 4 jam, COD menurun hingga 83,33%, TSS turun 59,31%, dan kadar fosfat menurun hingga 95,56%.

Proses fotodegradasi menghasilkan pH yang relatif stabil mendekati nilai netral, yaitu 7,10. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan ZnO sebagai katalis tidak menyebabkan perubahan pH yang ekstrem dalam limbah cair.

### 1. Pengaruh Massa ZnO terhadap Efektivitas Fotodegradasi

Hasil percobaan menunjukkan bahwa peningkatan massa ZnO meningkatkan efektivitas degradasi surfaktan dalam limbah laundry. Pada variasi massa 1 g ZnO, terjadi degradasi paling optimal dibandingkan dengan variasi massa 0,50 g dan 0,75 g.

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran parameter kualitas air setelah dilakukan fotodegradasi:

Parameter	Sebelum Fotodegradasi	Setelah Fotodegradasi (1 g ZnO, 4 jam)
pH	7,14	7,10
COD (mg/L)	288	48
TSS (mg/L)	145	59
Fosfat (mg/L)	9,69	0,43

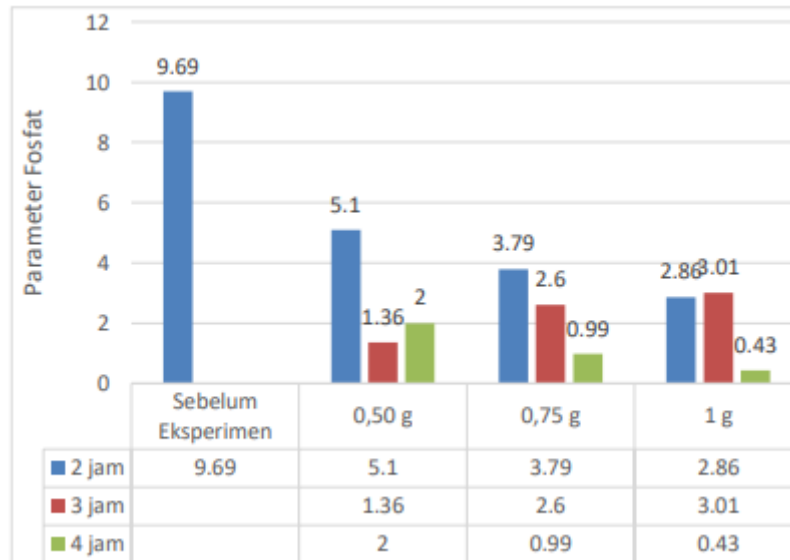
Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa fotodegradasi dengan ZnO efektif dalam mengurangi kadar COD, TSS, dan fosfat dalam limbah cair laundry.

### 2. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Efektivitas Fotodegradasi

Massa pada proses fotodegradasi parameter fosfat yang terkandung didalam limbah cair laundry sangat berpengaruh, dan dapat dibuktikan dengan hasil analisis linear berganda yang memperoleh output nilai signifikan yaitu  $0,352 > 0,005$ . Grafik yang terdapat pada Gambar 4.7 terlihat bahwa massa yang digunakan sebanyak 1 gram memiliki nilai penurunan kandungan fosfat yang lebih bagus. Efektivitas

degradasi tertinggi kandungan fosfat yaitu mencapai 95,31 % dengan penggunaan massa 1 gram dan lamanya waktu penyinaran selama 4 jam.

Gambar 1. Grafik hasil uji pengaruh massa katalis terhadap nilai fosfat pada limbah cair laundry



Nilai penurunan kandungan fosfat pada limbah cair laundry sebelum eksperimen 9,69 mg/L dan setelah eksperimen mencapai nilai 0,43 mg/L. Hasil eksperimen fotodegradasi ini memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 Tentang Baku Mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan Industri Sabun, Deterjen dan Produk-Produk Minyak Nabati. bahwa kandungan fosfat yang diperbolehkan yaitu sebanyak 2 mg/L.

### 3. Mekanisme Fotodegradasi Menggunakan ZnO

Mekanisme fotodegradasi diawali dengan penyerapan foton oleh ZnO yang menghasilkan pasangan elektron-hole. Elektron yang tereksitasi akan berinteraksi dengan molekul oksigen membentuk radikal superoksida ( $O_2^{\bullet-}$ ), sedangkan hole akan berinteraksi dengan molekul air menghasilkan radikal hidroksil ( $OH^{\bullet}$ ). Kedua radikal ini memiliki peran penting dalam mengoksidasi senyawa surfaktan dalam limbah cair menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya.

#### 4. Efektivitas Fotodegradasi dalam Mengurangi Polutan

Berdasarkan hasil penelitian, metode fotodegradasi ini mampu menurunkan COD hingga 83,33%, TSS hingga 59,31%, dan fosfat hingga 95,56%. Hasil ini menunjukkan bahwa teknologi fotokatalis berbasis ZnO dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah laundry.

Penambahan ZnO juga mempengaruhi laju degradasi limbah. Pada konsentrasi ZnO yang lebih tinggi, radikal bebas yang dihasilkan semakin banyak sehingga mempercepat reaksi degradasi.

Selain itu, variasi parameter fisikokimia seperti suhu dan intensitas cahaya UV juga berperan dalam efektivitas degradasi. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan intensitas UV dapat mempercepat fotodegradasi dengan meningkatkan eksitasi elektron pada ZnO.

#### 5. Analisis Statistik

Analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara variasi massa ZnO, waktu kontak, dan efektivitas degradasi COD serta TSS, dengan nilai  $p < 0,05$ .

Tabel 2 menunjukkan hasil analisis statistik:

Variabel	p-Value
Massa ZnO	0,002
Waktu Kontak	0,001
pH	0,260
COD	0,010
TSS	0,037
Fosfat	0,008

Dari hasil analisis ini, dapat disimpulkan bahwa peningkatan massa ZnO dan waktu kontak berpengaruh secara signifikan terhadap efektivitas fotodegradasi.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa metode fotodegradasi menggunakan ZnO efektif dalam

menurunkan kadar polutan dalam limbah cair laundry. Efektivitas tertinggi diperoleh pada massa ZnO 1 g dengan waktu kontak 4 jam.

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode fotodegradasi dapat menjadi solusi dalam pengolahan limbah cair laundry secara efisien dan ramah lingkungan.

## **SARAN**

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menguji lebih banyak parameter kualitas air serta meningkatkan skala penelitian ke tingkat pilot plant agar dapat diterapkan secara luas dalam industri laundry.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Aditya, H., et al. (2012). Sintesis ZnO-TiO<sub>2</sub>/zah dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis.
- Ayuningtyas, R. (2013). Pengaruh pH pada Efektivitas Fotokatalis ZnO.
- Dwiasi, D. W., & Setyaningtyas, T. (2014). Fotodegradasi Zat Warna Tartrazin.
- Fadarina, M., et al. (2021). Pengolahan Limbah Cair Industri Menggunakan ZnO.
- Fauzi, A. R., & Tuhu, A. R. (2018). Kombinasi Fenton dan Fotokatalis dalam Pengolahan Limbah.
- Ginting, H. (2007). Polusi Air dan Upaya Penanggulangannya.
- Mohar, R. S., et al. (2021). Tinjauan Penggunaan Material Fotokatalis.
- Nurhayati, R. (2013). Pengolahan Limbah Laundry: Tantangan dan Solusi.
- Prayitno, R., and R. Zuwanda. *Perlindungan Konsumen Terhadap Pengguna Helm yang Tidak Sesuai Standar Nasional Indonesia. UNES Law Review*, 6 (1), 2456-2463. 2023.
- Sibarani, J., et al. (2016). Peran ZnO dalam Proses Fotodegradasi.
- Wardhana, W. (2009). Dampak Pencemaran Lingkungan oleh Surfaktan.