

Kinerja Proses Fotokatalis dengan Variasi Intensitas Lampu UV-C dan Luas Permukaan TiO₂ terhadap Penyisihan COD dan *Linear Alkylbenzene Sulfonate* pada Limbah Laundry

Vella Sephia Arianto, Tuhu Agung Rachmanto

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: vellasephia6@gmail.com² tuhu.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 22 Juli 2026

Disetujui: 31 Juli 2026

Abstract

Air limbah laundry mengandung senyawa organik dan surfaktan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) yang berpotensi mencemari lingkungan apabila dibuang tanpa pengolahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh intensitas lampu UV-C dan luas permukaan TiO₂ terhadap penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan LAS menggunakan proses fotokatalisis. Sebelum proses fotokatalisis dilakukan pretreatment koagulasi-flokulasi menggunakan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk menurunkan padatan tersuspensi sehingga meningkatkan penetrasi sinar UV-C. Variasi penelitian meliputi intensitas UV-C 3 × 9 Watt dan 3 × 11 Watt serta luas permukaan TiO₂ sebesar 0,0168; 0,03515; 0,0483; dan 0,063 m². Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan intensitas UV-C dan luas permukaan TiO₂ meningkatkan efisiensi penyisihan COD dan LAS. Kondisi optimum diperoleh pada intensitas 3 × 11 Watt dengan luas permukaan TiO₂ 0,063 m², menghasilkan konsentrasi COD 12,50 mg/L dengan efisiensi penyisihan 96,35%, serta konsentrasi LAS 4,10 mg/L dengan efisiensi penyisihan 99,55%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses fotokatalisis efektif digunakan untuk menurunkan kandungan bahan organik dan surfaktan pada air limbah laundry.

Keywords: AOPS, Photocatalysis, UV-C, TiO₂, COD, LAS

Abstrak

Air limbah laundry mengandung senyawa organik dan surfaktan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) yang berpotensi mencemari lingkungan apabila dibuang tanpa pengolahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh intensitas lampu UV-C dan luas permukaan TiO₂ terhadap penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan LAS menggunakan proses fotokatalisis. Sebelum proses fotokatalisis dilakukan pretreatment koagulasi-flokulasi menggunakan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk menurunkan padatan tersuspensi sehingga meningkatkan penetrasi sinar UV-C. Variasi penelitian meliputi intensitas UV-C 3 × 9 Watt dan 3 × 11 Watt serta luas permukaan TiO₂ sebesar 0,0168; 0,03515; 0,0483; dan 0,063 m². Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan intensitas UV-C dan luas permukaan TiO₂ meningkatkan efisiensi penyisihan COD dan LAS. Kondisi optimum diperoleh pada intensitas 3 × 11 Watt dengan luas permukaan TiO₂ 0,063 m², menghasilkan konsentrasi COD 12,50 mg/L dengan efisiensi penyisihan 96,35%, serta konsentrasi LAS 4,10 mg/L dengan efisiensi penyisihan 99,55%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses fotokatalisis efektif digunakan untuk menurunkan kandungan bahan organik dan surfaktan pada air limbah laundry.

Kata Kunci: AOPS, Fotokatalisis, UV-C, TiO₂, COD, LAS

1. Pendahuluan

Air limbah laundry merupakan salah satu limbah domestik yang jumlahnya terus meningkat seiring berkembangnya usaha jasa pencucian pakaian. Air limbah ini mengandung berbagai bahan pencemar seperti surfaktan, fosfat, pemutih, pewangi, serta senyawa organik yang berasal dari deterjen dan kotoran pakaian. Kandungan tersebut menyebabkan tingginya nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan konsentrasi *Linear Alkylbenzene Sulfonate* (LAS), sehingga apabila dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan yang memadai dapat menurunkan kualitas perairan, menghambat difusi oksigen, membentuk busa, serta mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik.

COD merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menggambarkan jumlah senyawa organik yang masih dapat dioksidasi secara kimia, sedangkan LAS merupakan surfaktan anionik yang paling banyak digunakan sebagai bahan aktif deterjen. Keberadaan LAS dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan toksisitas terhadap organisme akuatik, meningkatkan pembentukan busa, serta menghambat proses alami di badan air. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan yang mampu menurunkan

konsentrasi COD dan LAS secara efektif sebelum air limbah dibuang ke lingkungan [1].

Berbagai metode telah diterapkan dalam pengolahan air limbah laundry, antara lain proses biologis, koagulasi–flokulasi, adsorpsi, membran, maupun *Advanced Oxidation Processes* (AOPs). Meskipun demikian, metode konvensional masih memiliki keterbatasan dalam mendegradasi senyawa organik yang bersifat persisten dan surfaktan secara sempurna. Proses biologis memerlukan waktu tinggal yang relatif lama serta dipengaruhi oleh karakteristik limbah, sedangkan proses fisik hanya memindahkan polutan ke media lain tanpa mengubah struktur kimianya. Oleh sebab itu, AOPs berkembang sebagai teknologi alternatif karena mampu menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) yang memiliki potensial oksidasi tinggi sehingga dapat mengoksidasi senyawa organik menjadi CO_2 , H_2O , dan senyawa anorganik lainnya [2]

Salah satu teknologi AOP yang banyak dikembangkan adalah proses fotokatalisis menggunakan titanium dioksida (TiO_2). Material TiO_2 memiliki stabilitas kimia yang tinggi, tidak beracun, biaya relatif rendah, serta aktivitas fotokatalitik yang baik ketika diaktivasi oleh cahaya ultraviolet. Penyinaran UV dengan energi yang melebihi *band gap* TiO_2 menghasilkan pasangan elektron (e^-) dan *hole* (h^+) yang selanjutnya membentuk radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) dan spesies oksigen reaktif (*Reactive Oxygen Species*/ROS). Spesies reaktif tersebut berperan dalam mengoksidasi senyawa organik dan surfaktan hingga menghasilkan senyawa yang lebih sederhana sehingga mampu menurunkan konsentrasi COD maupun LAS [3].

Kinerja proses fotokatalisis dipengaruhi oleh beberapa parameter operasi, di antaranya intensitas penyinaran ultraviolet dan luas permukaan katalis. Intensitas cahaya menentukan jumlah pasangan elektron–*hole* yang terbentuk pada permukaan TiO_2 , sedangkan luas permukaan katalis menentukan jumlah situs aktif yang tersedia sebagai tempat berlangsungnya reaksi fotokatalitik. Semakin tinggi intensitas penyinaran dan semakin luas permukaan katalis, semakin besar peluang terbentuknya radikal hidroksil sehingga efisiensi degradasi polutan dapat meningkat [4].

Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa proses fotokatalisis berbasis TiO_2 efektif dalam menurunkan kandungan bahan organik pada air limbah. Penelitian [4] menunjukkan bahwa TiO_2 dan penyinaran UV mampu meningkatkan penyisihan parameter pencemar pada air limbah laundry. Selain itu, [5] melaporkan bahwa penggunaan katalis TiO_2 pada proses fotodegradasi mampu menurunkan COD limbah laundry secara signifikan. Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak memfokuskan pada modifikasi katalis, penambahan oksidator, maupun variasi waktu penyinaran, sedangkan kajian mengenai pengaruh simultan variasi intensitas lampu UV-C dan luas permukaan TiO_2 terhadap penyisihan COD dan LAS menggunakan katalis TiO_2 terimobilisasi masih relatif terbatas.

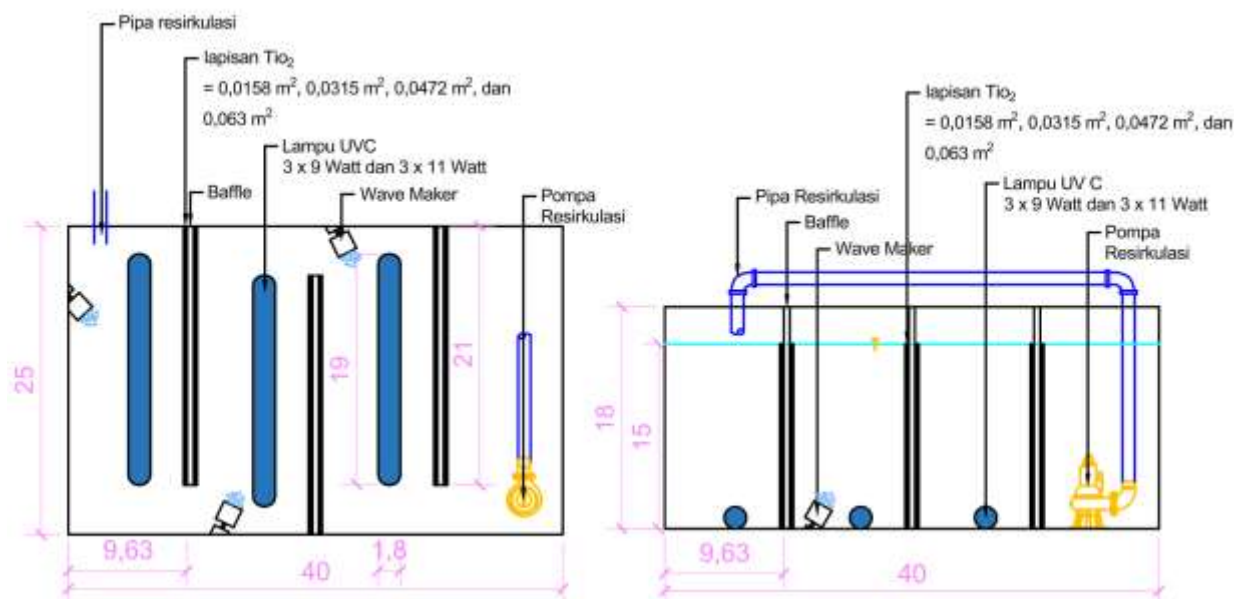
Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja proses fotokatalisis dengan variasi intensitas lampu UV-C dan luas permukaan TiO_2 terhadap penyisihan COD dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) pada air limbah laundry.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan kurang lebih selama 1 bulan pada bulan Juni 2026, berada di laboratorium Teknik Lingkungan di UPN “Veteran” Jawa Timur. Air Limbah yang digunakan merupakan air limbah Laundry dari proses pencucian pakaian yang berasal dari industri laundry Excelso yang berada di Jl. Rungkut Asri Timur XVIII No 08, Surabaya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini Adalah Titanium dioksida (TiO_2), Aquadest, dan Poly Aluminium Chloride (PAC) sebagai koagulan pada proses pre-treatment. Penelitian ini berfokus pada pengujian COD, LAS dan pH. Untuk Efisiensi Penurunan Parameter tersebut dilakukan Proses Fotokatalis dengan variasi yang ditentukan. Pada Tahap awal menguji Nilai karakteristik limbah laundry. Selanjutnya dilakukan Uji *jar test* sebelum penelitian utama digunakan dengan tujuan untuk mengetahui dosis optimum yang digunakan dalam penelitian utama. Variasi pengujian dosis pada setiap jenis koagulan dipertimbangkan berdasarkan penelitian sebelumnya. Membuat larutan stok di 2 gram PAC dengan 200 ml Aquades, lalu dengan variasi dosis PAC: 50 ml, 60 ml, dan 70 ml. Berdasarkan hasil uji jar test, didapatkan hasil dosis pada koagulan PAC adalah sebagai berikut: PAC (60 ml). Dosis tersebutlah yang akan digunakan pada penelitian utama.

Selanjutnya dilakukan proses *pretreatment* menggunakan koagulasi–flokulasi dengan penambahan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk menurunkan kekeruhan sehingga meningkatkan penetrasi sinar UV-C selama proses fotokatalisis. Setelah proses *pretreatment* [6], limbah dimasukkan ke dalam reaktor fotokatalisis baffle dengan sistem *batch* yang dilengkapi sistem resirkulasi dan *wave maker*. Fotokatalis TiO_2 yang telah diimobilisasi pada media kasa Aluminium yang dipasang di dalam baffle fotokatalis, kemudian dilakukan penyinaran menggunakan tiga lampu UV-C dengan variasi intensitas 3×9 Watt dan 3×11 Watt. Selain itu, digunakan empat variasi luas permukaan katalis TiO_2 , yaitu $0,0168 \text{ m}^2$, $0,0315 \text{ m}^2$, $0,0483 \text{ m}^2$, dan $0,0630 \text{ m}^2$. Proses fotokatalisis dijalankan selama 60 menit sebagai waktu kontak

optimum yang diperoleh dari penelitian pendahuluan. Sampel hasil pengolahan kemudian dianalisis terhadap parameter COD, LAS, dan pH. Efisiensi penyisihan COD dan LAS dihitung berdasarkan perbedaan konsentrasi sebelum dan sesudah proses pengolahan.



Gambar 1. Reaktor Penelitian Proses Fotokatalis

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Limbah Awal

Pada penelitian ini dilakukan analisis awal sebagai kualitas air limbah yang digunakan sebagai effluent pada system reaktor fotokatalis analisis awal yang diuji ada Chemical Oxygen Demand (COD), Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) dan pH. Hasil Pengujian Karakteristik awal ini bertujuan untuk membandingkan dengan baku mutu yang berlaku sebagai acuan untuk menilai Tingkat pencemaran dan untuk kebutuhan pengolahan, Berikut hasil uji karakteristik awal COD, LAS dan pH pada **Tabel 1** berikut.:

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Laundry

Parameter	Hasil Uji mg/L	Baku Mutu mg/L
COD	342,2	250
LAS	904,4	10
pH	6,02	6 – 9
TSS	350	100

Berdasarkan **Tabel 1** Hasil Karakteristik awal melebihi baku mutu yang ditetapkan Peraturan Gubernur Jawa Timur (Pergub Jatim) No. 72 Tahun 2013. Dari hasil diatas Limbah laundry memiliki COD Sebesar 342,2 mg/L. Nilai COD Relatif tinggi menunjukkan adanya kandungan bahan organik yang cukup besar dalam limbah. Tingginya Nilai COD mengoksidasikan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik yang terkandung dalam limbah laundry. Selain itu Konsentrasi LAS sebesar 904,4 mg/L, menunjukkan tingginya kandungan surfaktan anionik yang berasal dari deterjen. Surfaktan merupakan komponen utama deterjen yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat mengangkat kotoran dari pakaian. Namun, Keberadaan surfaktan dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan pembentukan busa yang berlebihan dan mengganggu kualitas badan air. Untuk pH kondisi awal limbah laundry berada di netral yaitu sebesar 6,02. Pretreatment untuk menurunkan kekeruhan dan padatan tersuspensi (TSS) sebesar 350 mg/L. Disini Limbah Laundry memiliki sifat keruh yang mempengaruhi Proses Fotokatalis karena menghambat penyinaran UV-C untuk membantu pembentukan Radikal Hidroksil (OH⁻). Oleh karena itu, dilakukan tahap pretreatment untuk meningkatkan kejernihan limbah sehingga penetrasi sinar UV pada proses fotokatalis dapat berlangsung lebih optimal.



Gambar 2. Pretreatment koagulasi flokulasi

Pretreatment dilakukan sebelum proses fotokatalis dan foto-Fenton untuk memperbaiki karakteristik awal limbah laundry, terutama dengan menurunkan kekeruhan dan padatan tersuspensi (TSS), sehingga penetrasi sinar UV-C ke dalam reaktor dapat berlangsung lebih optimal. Limbah laundry umumnya mengandung surfaktan, bahan organik, serta partikel tersuspensi yang dapat menghambat transmisi cahaya UV menuju permukaan katalis TiO_2 (*light shielding effect*). Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) sebagai tahap pendahuluan sebelum proses oksidasi lanjut.

Tabel 2. Hasil Pretreatment pada proses koagulasi flokulasi

Parameter	Sebelum Pretreatment	Setelah Pretreatment	% Efisiensi Penyisihan
COD	342,2	250	80,57%

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium, 2026

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa proses pretreatment mampu memperbaiki kualitas fisik limbah laundry yang ditandai dengan perubahan warna limbah menjadi lebih jernih. Secara kuantitatif, kadar Total Suspended Solids (TSS) mengalami penurunan dari 350 mg/L menjadi 68 mg/L, atau dengan efisiensi penyisihan sebesar 80,57%. Penurunan TSS menunjukkan bahwa proses koagulasi-flokulasi berhasil mengagregasi partikel-partikel tersuspensi menjadi flok yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan melalui proses pengendapan [6].

Hasil penelitian ini sejalan dengan bahwasanya penggunaan koagulan PAC efektif menurunkan kadar TSS limbah laundry melalui mekanisme destabilisasi partikel koloid dan pembentukan flok. Berkurangnya TSS diharapkan dapat meningkatkan transmisi sinar UV-C menuju permukaan katalis TiO_2 sehingga proses fotokatalis pada tahap selanjutnya dapat berlangsung lebih efektif. Dengan demikian, pretreatment pada penelitian ini berfungsi sebagai tahap persiapan untuk memperbaiki karakteristik limbah sebelum proses pengolahan utama, yaitu fotokatalis.

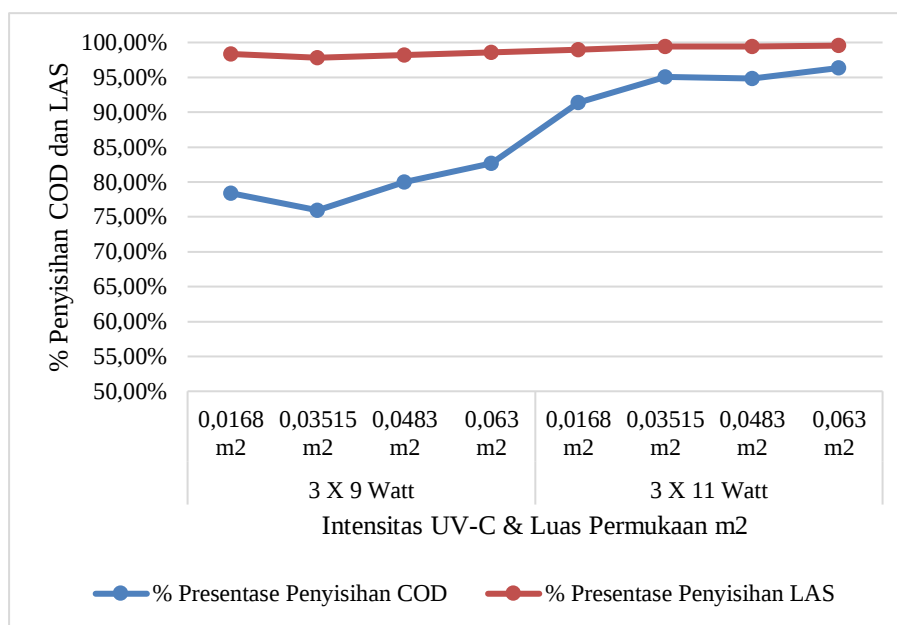
Hasil Penelitian

Penelitian utama dilakukan 60 menit setiap perlakuan variasi dilakukan penyinaran menggunakan tiga lampu UV-C dengan variasi intensitas 3 lampu $\times$ 9 Watt dan 3 lampu $\times$ 11 Watt. Selain itu, digunakan empat variasi luas permukaan katalis TiO_2 , yaitu 0,0168 m², 0,0315 m², 0,0483 m², dan 0,0630 m². Berikut hasil penelitian fotokatalis :

Tabel 3. Hasil Penelitian Fotokatalis

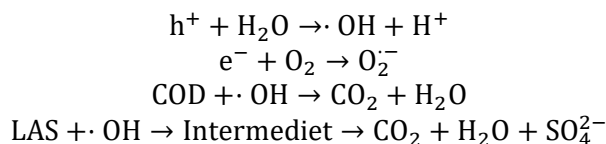
Intensitas UV-C	Luas Permukaan m ²	COD mg/L	LAS mg/L	pH
3 $\times$ 9 Watt	0,0168 m ²	73,92	15,20	6,2
	0,03515 m ²	82,30	19,80	6,9
	0,0483 m ²	6,8,50	16,40	7,75
	0,063 m ²	59,20	12,50	7,48
3 $\times$ 11 Watt	0,0168 m ²	29,40	9,10	6,22
	0,03515 m ²	16,80	5,40	6,88
	0,0483 m ²	17,60	5,1	7,74
	0,063 m ²	12,50	4,10	7,9

Berdasarkan **Tabel 3** diperoleh bahwa hasil penyisihan untuk penyisihan COD dipengaruhi oleh variasi intensitas sinar UV-C dan luas permukaan katalis TiO₂ yang diimobilisasi pada media baffle. Pada intensitas 3 × 9 Watt, persentase penyisihan COD 82,70%, sedangkan pada intensitas 3 × 11 Watt meningkat menjadi 96,35%. Hal ini ditunjukkan pada **Gambar 3** yaitu gambar grafik yang menggambarkan pengaruh hubungan antara intensitas UV-C dan Luas Permukaan TiO₂ terhadap penyisihan COD pada proses fotokatalis. Untuk penyisihan LAS tertinggi terjadi pada intensitas 3 × 11 Watt dengan luas permukaan TiO₂ sebesar 0,063 m², yaitu sebesar 99,55%. Sementara itu, penyisihan LAS terendah diperoleh pada intensitas 3 × 9 Watt dengan luas permukaan 0,063 m², yaitu sebesar 98,62%. Secara umum seluruh perlakuan menunjukkan efisiensi penyisihan LAS yang sangat tinggi, yaitu berada pada kisaran 97–99%. Hubungan antara intensitas UV-C dan luas permukaan TiO₂ terhadap penyisihan COD dan LAS dapat dilihat pada **Gambar 3** sebagai berikut:



Gambar 3. Hubungan antara penyisihan kadar COD dan LAS (%) dengan Intensitas UV-C dan Luas Permukaan TiO₂

Berdasarkan **Tabel 3** dan **Gambar 3**, peningkatan intensitas lampu UV-C dan luas permukaan katalis TiO₂ berpengaruh terhadap peningkatan efisiensi penyisihan COD dan LAS pada air limbah laundry. Pada intensitas 3 × 9 Watt, efisiensi penyisihan COD meningkat dari sekitar 78,40% pada luas permukaan 0,0168 m² menjadi 82,70% pada luas permukaan 0,063 m². Sementara itu, pada intensitas 3 × 11 Watt, efisiensi penyisihan COD meningkat lebih signifikan, yaitu dari 91,41% menjadi 96,35%. Hasil ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang lebih tinggi mampu meningkatkan aktivitas fotokatalis sehingga proses oksidasi senyawa organik berlangsung lebih efektif.



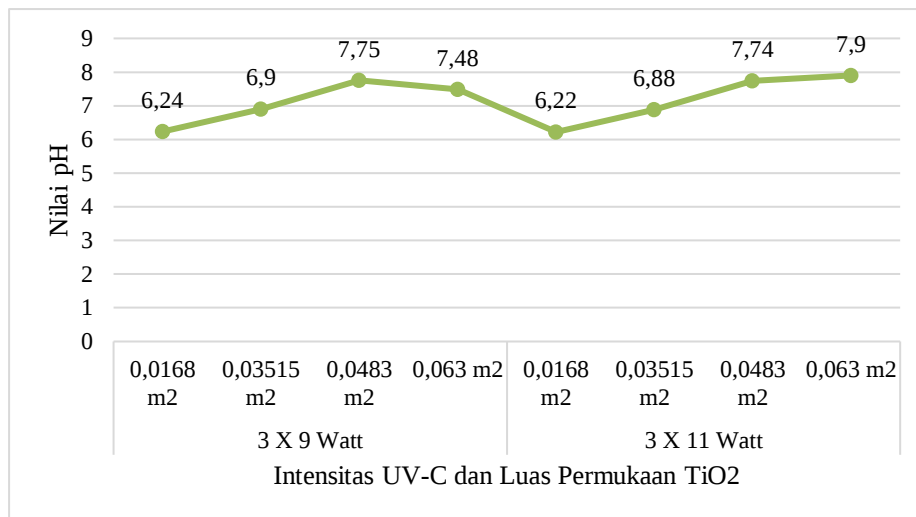
Peningkatan penyisihan COD terjadi karena energi foton dari lampu UV-C yang diserap oleh katalis TiO₂ menghasilkan pasangan elektron (e^-) dan hole (h^+). Hole bereaksi dengan molekul air atau ion hidroksida membentuk radikal hidroksil ($\cdot OH$), sedangkan elektron bereaksi dengan oksigen terlarut menghasilkan radikal superoksida ($O_2^{\cdot -}$). Radikal-radikal tersebut merupakan oksidator kuat yang mampu menguraikan senyawa organik kompleks penyusun COD menjadi senyawa organik yang lebih sederhana hingga termineralisasi menjadi karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O). Semakin tinggi intensitas UV-C, semakin banyak pasangan elektron-hole yang terbentuk sehingga jumlah radikal hidroksil meningkat dan efisiensi degradasi COD menjadi lebih tinggi [7].

Selain intensitas cahaya, peningkatan luas permukaan TiO₂ juga meningkatkan efisiensi penyisihan COD. Luas permukaan yang lebih besar menyediakan lebih banyak sisi aktif (*active sites*) untuk berlangsungnya reaksi fotokatalitik dan meningkatkan luas kontak antara katalis dengan polutan. Kondisi

tersebut menyebabkan adsorpsi senyawa organik pada permukaan TiO_2 menjadi lebih optimal sehingga pembentukan radikal hidroksil dan proses oksidasi berlangsung lebih efektif. Oleh karena itu, luas permukaan $0,063 \text{ m}^2$ menghasilkan penyisihan COD tertinggi pada kedua variasi intensitas UV-C.

Berbeda dengan COD, penyisihan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) menunjukkan efisiensi yang sangat tinggi pada seluruh perlakuan, yaitu berkisar antara 97,81–99,55%. Efisiensi tertinggi diperoleh pada kombinasi intensitas $3 \times 11 \text{ Watt}$ dan luas permukaan $0,063 \text{ m}^2$, yaitu sebesar 99,55%. Tingginya penyisihan LAS menunjukkan bahwa surfaktan anionik lebih mudah teroksidasi oleh radikal hidroksil dibandingkan campuran senyawa organik penyusun COD. Radikal hidroksil menyerang rantai alkil dan cincin aromatik LAS sehingga terjadi pemutusan ikatan kimia, pembentukan senyawa antara, kemudian mineralisasi menjadi CO_2 , H_2O , dan ion sulfat (SO_4^{2-}). Mekanisme tersebut menyebabkan konsentrasi LAS menurun lebih cepat dibandingkan COD yang terdiri atas berbagai jenis senyawa organik dengan tingkat biodegradabilitas yang berbeda [8].

Secara keseluruhan, kombinasi intensitas $3 \times 11 \text{ Watt}$ dan luas permukaan TiO_2 $0,063 \text{ m}^2$ merupakan kondisi optimum dalam penelitian ini dengan konsentrasi COD akhir sebesar $12,50 \text{ mg/L}$ dan LAS sebesar $4,10 \text{ mg/L}$, yang masing-masing memberikan efisiensi penyisihan sebesar 96,35% dan 99,55%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan intensitas UV-C dan luas permukaan katalis mampu meningkatkan pembentukan spesies oksidatif sehingga kinerja proses fotokatalisis menjadi lebih efektif dalam menurunkan kandungan bahan organik dan surfaktan pada air limbah laundry. Berikut Untuk grafik penelitian pH :



Gambar 4. Hubungan antara intensitas UV-C dan luas permukaan TiO_2 terhadap perubahan pH

Berdasarkan **Gambar 4** menunjukkan bahwa nilai pH cenderung meningkat seiring bertambahnya luas permukaan TiO_2 . Pada intensitas $3 \times 9 \text{ Watt}$, pH meningkat dari 6,30 menjadi 7,88, kemudian sedikit menurun menjadi 7,60 pada luas permukaan $0,063 \text{ m}^2$. Sementara itu, pada intensitas $3 \times 11 \text{ Watt}$, pH meningkat dari 6,30 menjadi 6,99, kemudian mencapai 7,88 pada luas permukaan $0,0483 \text{ m}^2$ dan tetap stabil hingga luas permukaan $0,063 \text{ m}^2$.

Peningkatan nilai pH tersebut menunjukkan bahwa proses fotokatalisis berhasil mendegradasi senyawa organik yang terdapat pada limbah laundry. Ketika TiO_2 disinari sinar UV-C, terbentuk pasangan elektron (e^-) dan hole (h^+). Hole bereaksi dengan molekul air menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$), sedangkan elektron mereduksi oksigen terlarut membentuk radikal superoksida ($\text{O}_2^{\bullet-}$). Selama proses oksidasi berlangsung, senyawa organik terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga konsentrasi senyawa organik maupun produk antara yang bersifat asam semakin berkurang. Kondisi tersebut menyebabkan nilai pH limbah bergerak menuju kondisi netral [9].

Selain itu, semakin besar luas permukaan TiO_2 , semakin banyak situs aktif yang tersedia untuk menyerap energi cahaya UV-C. Hal ini meningkatkan pembentukan radikal hidroksil sehingga proses degradasi senyawa organik berlangsung lebih efektif. Oleh karena itu, nilai pH mengalami peningkatan hingga mendekati netral pada luas permukaan $0,0483 \text{ m}^2$ dan $0,063 \text{ m}^2$.

Pada intensitas $3 \times 9 \text{ Watt}$, terjadi sedikit penurunan pH dari 7,88 menjadi 7,60 pada luas permukaan $0,063 \text{ m}^2$. Penurunan pH akibat terbentuknya produk antara bersifat asam merupakan fenomena yang lazim dalam proses fotokatalisis. Hal ini sejalan [10] dengan yang menyatakan bahwa senyawa antara akan terbentuk selama proses degradasi dan berpotensi mereduksi senyawa radikal aktif serta sedikit

menurunkan pH larutan sebelum termineralisasi sempurna menjadi CO_2 dan H_2O .

Secara keseluruhan, perubahan pH pada penelitian ini menunjukkan bahwa proses fotokatalisis mampu mempertahankan kondisi pH pada kisaran 6–8, sehingga sesuai dengan kondisi optimum kerja TiO_2 . Menurut [11] TiO_2 memiliki aktivitas fotokatalitik yang baik pada pH mendekati netral karena pembentukan radikal hidroksil berlangsung secara efektif dan stabil. Selain itu, [12] menyatakan bahwa degradasi senyawa organik selama proses fotokatalisis umumnya diikuti oleh perubahan pH menuju kondisi yang lebih netral akibat berkurangnya senyawa organik penyebab keasaman. [13]

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh intensitas lampu UV-C dan luas permukaan TiO_2 terhadap penyisihan COD dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) pada air limbah laundry menggunakan proses fotokatalisis [14], dapat disimpulkan bahwa variasi intensitas lampu UV-C dan luas permukaan katalis TiO_2 berpengaruh terhadap kinerja proses fotokatalisis. Peningkatan intensitas UV-C dari 3×9 Watt menjadi 3×11 Watt menghasilkan efisiensi penyisihan COD dan LAS yang lebih tinggi pada setiap variasi luas permukaan TiO_2 . Selain itu, semakin besar luas permukaan TiO_2 , semakin banyak sisi aktif yang tersedia untuk berlangsungnya reaksi fotokatalitik sehingga pembentukan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) menjadi lebih optimal dan proses degradasi polutan berlangsung lebih efektif [15]. Kondisi optimum diperoleh pada kombinasi intensitas 3×11 Watt dengan luas permukaan TiO_2 $0,063 \text{ m}^2$, yang menghasilkan konsentrasi COD sebesar 12,50 mg/L dengan efisiensi penyisihan 96,35%, serta konsentrasi LAS sebesar 4,10 mg/L dengan efisiensi penyisihan 99,55%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan intensitas UV-C dan luas permukaan TiO_2 mampu meningkatkan efektivitas proses fotokatalisis dalam menurunkan kandungan bahan organik dan surfaktan pada air limbah laundry.

5. Referensi

- [1] Rizki, Mochamad Nur, and Tuhu Agung. "Kombinasi AOPs (Advanced Oxidation Processes) fotokatalis–fotoFenton dalam mendegradasi surfaktan LAS (*Linear Alkylbenzene Sulfonate*) pada limbah laundry." *Prosiding Esec 2* (2020): 114-120.
- [2] M. L. Nabila and A. Yuniarto, "Kajian Penerapan Metode Advanced Oxidation Process (AOPs) pada Pengolahan Limbah Cair di Indonesia," *Jurnal Purifikasi*, vol. 23, no. 2, pp. 53–66, Jan. 2025, doi: 10.12962/purifikasi.v23i2.458.
- [3] Y. Jari, N. Najid, M. C. Necibi, *et al.*, "A comprehensive review on TiO_2 -based heterogeneous photocatalytic technologies for emerging pollutants removal from water and wastewater: From engineering aspects to modeling approaches," *Journal of Environmental Management*, vol. 373, p. 123703, 2025.
- [4] Ashari, Teuku Muhammad, Yeggi Darnas, and Khairun Nisah. "Combination Of Photocatalist TiO_2 (Titanium Dioxide) AND H_2O_2 (Hydrogen Peroxide) In Laundry Wastewater Treatment." *Indonesian Journal of Environmental Sustainability* 1.2 (2023): 122-132.
- [5] M. H. Amzan, N. P. Diantariani, and I. N. Simpen, "Penurunan COD dan BOD Limbah Laundry dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Katalis TiO_2 -Kitosan," *Jurnal Kimia*, vol. 19, no. 1, pp. 119–127, 2025.
- [6] Z. Rahimah, "Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Metode Koagulasi-Flokulasi dengan Poly Aluminium Chloride (PAC)," *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2016.
- [7] M. N. Chong, B. Jin, C. W. K. Chow, and C. Saint, "Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A review," *Water Research*, vol. 44, no. 10, pp. 2997–3027, 2010.
- [8] H. P. Sudarminto, A. S. Suryandari, Mufid, C. Sindhuwati, and I. Maula, "Degradasi Linear Alkylbenzene Sulfonate Air Limbah Laundry Menggunakan Proses Katalis," *Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia*, vol. 5, no. 1, 2021.
- [9] Iqbal, M. A., Akram, S., Khalid, S., *et al.* (2024). *Advanced photocatalysis as a viable and sustainable wastewater treatment process: A comprehensive review*. Environmental Research, 253, 118947.
- [10] Tanos, Fida, *et al.* "A comprehensive review on modification of titanium dioxide-based catalysts in advanced oxidation processes for water treatment." *ChemSusChem* 17.6 (2024): e202301139.
- [11] A. Fujishima, X. Zhang, and D. A. Tryk, " TiO_2 photocatalysis and related surface phenomena," *Surface Science Reports*, vol. 63, no. 12, pp. 515–582, 2008.
- [12] Heterogeneous TiO_2 photocatalysis coupled with membrane technology for persistent contaminant degradation: A critical review," *Applied Water Science*, 2025

-
- [13] A. Al-Janabi, *et al.*, "Artificial neural network guided optimization of limiting factors for enhancing photocatalytic treatment of textile wastewater using UV/TiO₂ and kinetic studies," *Desalination and Water Treatment*, vol. 320, 2024.
- [14] Wahyuni, Endang Tri, et al. "Doping TiO₂ with Cr and Cu Elements from Electroplating Wastewater as a Single Source for Improvement of the Photocatalyst Activity under Visible Light in the Degradation of Anionic Surfactant." *Indonesian Journal of Chemistry* 24.4 (2024): 1228-1235.
- [15] Adnan dkk. (2023) Degradasi Pewarna Sintesis Menggunakan Fotokatalis Berbasis TiO₂, *Jurnal Chemurgy*, Vol. 7 No. 2