

**KINERJA PROSES FOTOKATALIS TiO_2 DAN
FOTO - FENTON DENGAN SISTEM *WAVE MAKER FLOW*
PADA PENGOLAHAN LIMBAH LAUNDRY**

SKRIPSI



Oleh :

VELLA SEPHIA ARIANTO
NPM 22034010149

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2026**

**KINERJA PROSES FOTOKATALIS TiO_2 DAN
FOTO – FENTON DENGAN SISTEM *WAVE MAKER FLOW*
PADA PENGOLAHAN LIMBAH LAUNDRY**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan.

Diajukan Oleh :

VELLA SEPHIA ARIANTO

NPM 22034010149

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAWA
TIMUR FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2026

LEMBAR PERSETUJUAN
KINERJA PROSES FOTOKATALIS TiO_2 DAN
FOTO – FENTON DENGAN SISTEM *WAVE MAKER FLOW*
PADA PENGOLAHAN LIMBAH LAUNDRY

Disusun Oleh:

Vella Sephia Arianto
NPM. 22034010149

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing

Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT.
NIP./NPT. 19620501 198803 1 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN
KINERJA PROSES FOTOKATALIS TiO_2 DAN
FOTO – FENTON DENGAN SISTEM *WAVE MAKER FLOW*
PADA PENGOLAHAN LIMBAH LAUNDRY

Disusun Oleh:

Vella Sephia Arianto
NPM. 22034010149

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Serambi Engineering (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

Pembimbing

TIM PENGUJI
1. Ketua

Ir. Tuhu Agung Rachamnto, MT
NIP./NPT. 19620501 198803 1 001

Aussie Amalia, S.T., M.Sc.
NIP./NPT. 172 1992 1124 059

2. Anggota

Syadzadhiya-Q. Z. Nisa', ST., MT.
NIP./NPT. 21219940930296

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

**KINERJA PROSES FOTOKATALIS TiO_2 DAN
FOTO – FENTON DENGAN SISTEM *WAVE MAKER FLOW*
PADA PENGOLAHAN LIMBAH LAUNDRY**

Disusun Oleh:

Vella Sephia Arianto
NPM. 22034010149

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 28 Agustus 2026

TIM PENILAI

KETUA

Aussie Amalia, S.T., M.Sc.
NIP./NPT. 172-1992-1124 059

ANGGOTA

Syadzadhiya O. Z. Nisa, ST., MT.
NIP./NPT. 21219940930296

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Vella Sephia Arianto
NPM : 22034010149
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dokumen skripsi ini sepenuhnya bebas dari materi karya ilmiah yang pernah diajukan untuk meraih gelar akademik di institusi mana pun. Tidak ada karya atau pendapat pihak lain yang diklaim sebagai milik saya, semua rujukan telah disitasi dengan benar sesuai kaidah penulisan ilmiah dan tercantum pada daftar pustaka.

Dengan demikian, saya menjamin orisinalitas karya ini dan sepenuhnya bebas dari tindakan plagiat. Jika di kemudian hari ditemukan bukti yang bertentangan dengan pernyataan ini, saya siap menerima sanksi akademik maupun hukum yang berlaku.

Surat pernyataan ini disusun secara jujur dan tanpa paksaan dari siapa pun, untuk digunakan sesuai dengan keperluannya.

Surabaya, 31 Agustus 2026

Yang Membuat Pernyataan



Vella Sephia Arianto

22034010149

KATA PENGANTAR

Kata Pengantar Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Kinerja Proses Fotokatalis TiO₂ dan Foto-Fenton dengan Sistem *Wave Maker Flow* Pada Pengolahan Limbah Laundry**” ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa pembuatan Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya kerja sama, bantuan, dukungan, bimbingan, arahan, petunjuk, serta saran dari berbagai pihak. Oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah. MP., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosiawari, ST, MT. selaku koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur,
3. Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dan memberikan waktu sebagai bentuk bantuan serta bimbingan juga kritik maupun saran dalam penyusunan laporan tugas akhir,
4. Keluarga saya Bapak, Ibu dan Adek yang menjadikan alasan besar saya selalu semangat dalam menjalani kuliah serta selalu ikhlas mendoakan anaknya dalam setiap doa yang dipanjatkan.
5. Keluarga Besar TL-29 terutama teman-teman dekat saya anindya, rara, dan risma yang senantiasa membantu dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan laporan ini.
6. Teman saya bernama septi yang selalu men support dan menemani saya selama pengerjaan laporan ini dan selalu saling menguatkan.
7. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, semoga segala kebaikan dan jasanya dibalas oleh Tuhan Yang Maha Esa.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, tentunya masih terdapat kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Namun, penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk

menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran dari para pembaca agar dapat belajar lebih baik di masa depan. Laporan ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis, masyarakat luas, dan juga institusi, khususnya program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Surabaya, 18 Maret 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Utama.....	5
2.1.1 Air limbah laundry	5
2.1.2 Karakteristik air limbah.....	5
2.1.3 Baku Mutu Air Limbah Laundry	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 <i>Advanced Oxidation Process (AOPS)</i>	7
2.2.2 Fotokatalis	8
2.2.3 Proses Foto-Fenton	10
2.2.4 Katalis Titanium Dioksida (TiO ₂)	12
2.2.5 Intensitas Sinar UV-C	13

2.2.6	Reaktor Baffle	13
2.2.7	<i>Wave Maker Flow</i>	14
2.2.8	Sinar UV terhadap Fotokatalis	15
2.2.9	Sinar UV terhadap Foto-Fenton	17
2.2.10	Analisa Regresi Linear Berganda.....	18
2.3	Hasil Penelitian Sebelumnya.....	19
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		21
3.1	Kerangka Penelitian	21
3.2	Bahan dan Alat.....	23
3.2.1	Bahan.....	23
3.2.2	Alat.....	23
3.3	Cara Kerja	23
3.3.1	Penelitian Pendahuluan	23
3.3.1.1	Pengambilan Sampel Limbah	23
3.3.1.2	Uji Karakteristik Awal Limbah.....	24
3.3.1.3	Proses Pretreatment Koagulasi – Flokulasi.....	24
3.3.1.4	Persiapan Reaktor.....	25
3.3.2	Penelitian Utama	28
3.3.2.1	Pembuatan Reagent Fenton.....	28
3.3.2.2	Penyesuaian pH Limbah	29
3.3.2.3	Proses Foto-Fenton	29
3.3.2.4	Pembersihan dan Persiapan Reaktor	30
3.3.2.5	Proses Fotokatalis	30
3.3.3	Pengambilan Sampel dan Analisis	31
3.4	Variabel	32

3.4.1	Variabel Bebas	32
3.4.2	Variabel Parameter yang diamati	33
3.4.3	Variabel Tetap	33
3.5	Analisis.....	33
3.6	Jadwal Kegiatan	34
3.7	Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Penelitian	34
3.8	Matriks Penelitian	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Karakteristik Limbah Laundry	37
4.2	Proses Pretreatment Sebelum Tahap Pengolahan	38
4.3	Hasil Penelitian	41
4.2	Pembahasan.....	45
4.2.1	Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan COD, LAS, dan pH pada Proses Fotokatalis dan Foto-Fenton	45
4.2.1.1	Penentuan Pengaruh Waktu Kontak terhadap Penurunan Kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) pada Proses Fotokatalis.....	45
4.2.1.2	Penentuan Pengaruh Waktu Kontak terhadap Penurunan Kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) dan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) pada Proses Foto-Fenton.....	48
4.2.1.3	Perubahan Nilai pH Selama Proses Fotokatalis dan Foto-Fenton	51
4.2.2	Pengaruh Intensitas UV-C dan Rasio Baffle : Katalis TiO ₂ terhadap Penyisihan COD dan LAS pada Proses Fotokatalis.....	53
4.2.2.1	Pengaruh Intensitas UV-C dan Rasio Baffle : Katalis TiO ₂ Terhadap perubahan pH	60

4.2.3	Pengaruh Intensitas UV-C dan Rasio $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ terhadap Penyisihan COD dan LAS pada Proses Foto-Fenton.....	63
4.2.3.1	Pengaruh Intensitas UV-C dan Rasio $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ Terhadap Perubahan pH.....	71
4.2.4	Perbandingan Kinerja Proses Fotokatalis dan Foto-Fenton.....	76
4.2.5	Perbandingan Kondisi Optimum dengan dan Tanpa Wave Maker.....	80
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		91
5.1	Kesimpulan	91
5.2	Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA		xiv
LAMPIRAN A HASIL ANALISIS		93
LAMPIRAN B PROSEDUR KERJA DAN PERHITUNGAN.....		98
LAMPIRAN C DOKUMENTASI DAN LANGKAH-LANGKAH		108
LAMPIRAN D DATA PENDUKUNG		117

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Laundry	6
Tabel 2. 2 Hasil Penelitian Sebelumnya.....	19
Tabel 3. 1 Metode Uji Parameter	33
Tabel 3. 2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	34
Tabel 3. 3 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	34
Tabel 3. 4 Matriks Variabel Penelitian Foto - Fenton	35
Tabel 3. 5 Matriks Variabel Penelitian Fotokatalis	36
Tabel 3. 6 Matriks Reaktor Kontrol Tanpa Wave Maker.....	36
Tabel 4. 1 Karakteristik Limbah Laundry	37
Tabel 4. 2 Hasil Penentuan Dosis Optimum PAC berdasarkan Parameter TDS .	39
Tabel 4. 3 Hasil Analisa Pretreatment pada Proses Koagulasi.....	40
Tabel 4. 4 Hasil Analisa Penyisihan COD dan LAS pada proses Fotokatalis	42
Tabel 4. 5 Hasil Analisa Penyisihan COD dan LAS pada proses Foto-fenton	43
Tabel 4. 6 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap % Penyisihan COD dan LAS pada	46
Tabel 4. 7 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap % Presentase Penyisihan COD dan LAS Proses Foto-Fenton.....	49
Tabel 4. 8 Fluktuasi Nilai pH pada Proses Fotokatalis dan Foto-Fenton.....	52
Tabel 4. 9 Hasil Analisa Proses Fotokatalis terhadap penyisihan COD dan LAS	54
Tabel 4. 10 Pengaruh Intensitas UV-C dan Luas Permukaan TiO ₂ terhadap perubahan pH pada proses fotokatalis.....	60
Tabel 4. 11 Hasil Analisa Penyisihan COD dan LAS pada proses Foto-Fenton .	65
Tabel 4. 12 Pengaruh Intensitas UV-C dan Rasio FeSO ₄ :H ₂ O ₂ Terhadap Perubahan pH.....	72
Tabel 4. 13 Kondisi Optimum Kedua Proses Fotokatalis dan Foto-Fenton.....	76
Tabel 4. 14 Hasil Uji Perbandingan Kondisi Optimum dengan dan Tanpa Wave Maker	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Classifications of advanced oxidation processes (AOPs).....	8
Gambar 2. 2 Mekanisme Proses Fotokatalis	10
Gambar 2. 3 Mekanisme Proses Foto-Fenton	11
Gambar 2. 4 Wave Maker Flow	15
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	22
Gambar 3. 2 Reaktor Fotokatalis Baffle Tampak atas dan Tampak samping	27
Gambar 3. 3 Reaktor Foto-Fenton Baffle Tampak atas dan Tampak samping ...	27
Gambar 3. 4 Reaktor Kontrol Tanpa Wave Maker	28
Gambar 4. 1 Hasil Visual Pretreatment pada Proses Koagulasi.....	41
Gambar 4. 2 Hubungan antara penyisihan kadar COD dan LAS (%) dengan waktu Kontak (menit) proses Fotokatalis	46
Gambar 4. 3 Hubungan antara penyisihan kadar COD dan LAS (%) dengan waktu Kontak (menit) proses Foto-Fenton	50
Gambar 4. 4 Hubungan antara Nilai pH dengan waktu Kontak (menit) proses Fotokatalis dan Proses Foto-Fenton.....	52
Gambar 4. 5 Reaktor Fotokatalis Baffle dengan sistem resirkulasi menggunakan wave maker flow	53
Gambar 4. 6 Hubungan antara penyisihan kadar COD (%) dan LAS (%) dengan Intensitas UV-C dan Rasio Baffle : Katalis TiO_2	55
Gambar 4. 7 Analisa Regresi Linear Berganda terhadap Intensitas UV-C dan Rasio Baffle : Katalis TiO_2 pada Nilai COD dan LAS.....	58
Gambar 4. 8 Hubungan antara intensitas UV-C dan Rasio Baffle : Katalis TiO_2 terhadap perubahan pH	61
Gambar 4. 9 Analisa Regresi Linear Berganda terhadap Intensitas UV-C dan Luas Permukaan TiO_2 pada Nilai pH.....	62
Gambar 4. 10 Reaktor Foto-fenton Baffle dengan sistem resirkulasi menggunakan Wave Maker Flow	64
Gambar 4. 11 Hubungan antara intensitas UV-C dan Rasio $\text{FeSO}_4\text{:H}_2\text{O}_2$ Terhadap Penyisihan COD dan LAS	66

Gambar 4. 12 Hasil Analisa Regresi Linear Berganda terhadap Intensitas UV-C dan Rasio $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ Pada Nilai COD dan LAS.....	69
Gambar 4. 13 Hubungan antara intensitas UV-C dan Rasio $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ Terhadap Perubahan pH.....	73
Gambar 4. 14 Hasil Analisa Regresi Linear Berganda terhadap Intensitas UV-C dan Rasio $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ Pada pH.....	74
Gambar 4. 15 Perbandingan Efisiensi Penyisihan COD dan LAS pada Kondisi Optimum Proses Fotokatalis dan Foto-Fenton.....	77
Gambar 4. 16 Perkiraan mekanisme reaksi radikal hidroksil ($\text{OH}\bullet$) dalam memecah struktur rantai LAS (Naldoni et al., 2011).....	78
Gambar 4. 17 Reaktor Kontrol Tanpa Wave Maker Proses Fotokatalis	80
Gambar 4. 18 Reaktor Kontrol Tanpa Wave Maker proses Foto-Fenton	81
Gambar 4. 19 Pengaruh penggunaan wave maker terhadap Proses Fotokatalis dan Foto-Fenton.....	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Hasil Analisis

Lampiran B Prosedur kerja dan Perhitungan

Lampiran C Dokumentasi dan Langkah – Langkah

Lampiran D Data Pendukung

ABSTRAK

Limbah laundry mengandung surfaktan anionik Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) dan senyawa organik dengan nilai Chemical Oxygen Demand (COD) tinggi yang sulit terdegradasi secara biologis konvensional sehingga berpotensi mencemari lingkungan perairan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh intensitas sinar UV-C dan Rasio Baffle : Katalis TiO_2 pada proses fotokatalis, pengaruh intensitas UV-C dan rasio $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ pada proses foto-Fenton, serta membandingkan kinerja keduanya dalam mendegradasi COD dan LAS limbah laundry menggunakan reaktor baffle batch resirkulasi bersistem wave maker flow. Sampel dengan karakteristik awal COD 342,2 mg/L, LAS 904,4 mg/L, dan TDS 520 mg/L untuk menentukan dosis optimum PAC, TSS 350 mg/L terlebih dahulu menjalani pretreatment koagulasi-flokulasi menggunakan PAC untuk menyisihkan TSS sebesar 80,57% guna meningkatkan penetrasi UV-C. Variasi penelitian meliputi intensitas UV-C (9 Watt dan 11 Watt), Rasio Baffle : Katalis TiO_2 (4 : 1, 2 : 1, 1,33 : 1, dan 1 : 1) dan rasio $\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ (1:10, 1 : 20, 1 : 30, dan 1:40) dengan waktu kontak optimum 60 menit, dianalisis menggunakan Regresi Linear Berganda (Minitab). Hasil menunjukkan kondisi optimum fotokatalis pada intensitas 11 Watt dan luas permukaan 0,063 m² dengan penyisihan COD 93,89%, LAS 99,55%, dan pH akhir 7,9. Kondisi optimum foto-Fenton pada intensitas 11 Watt dan rasio 1:20 dengan penyisihan COD 94,54%, LAS 99,90%, dan pH akhir 2,7. Foto-Fenton menghasilkan efisiensi lebih tinggi, sedangkan fotokatalis menghasilkan pH akhir lebih netral. Penggunaan wave maker meningkatkan efisiensi COD sebesar 3,07% pada fotokatalis dan 6,34% pada foto-Fenton melalui peningkatan homogenitas aliran dan kontak polutan dengan cahaya UV-C.

Kata Kunci: Limbah laundry, fotokatalis TiO_2 , foto-Fenton, COD, LAS, reaktor baffle, *wave maker flow*, *Advanced Oxidation Processes*

ABSTRACT

Laundry wastewater contains anionic surfactant Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) and organic compounds with high Chemical Oxygen Demand (COD) values that are persistent and difficult to degrade biologically, posing a risk of aquatic environmental pollution. This study aims to analyze the effect of UV-C intensity and TiO₂ surface area on photocatalysis, the effect of UV-C intensity and FeSO₄:H₂O₂ ratio on the photo-Fenton process, and to compare both processes in degrading COD and LAS in laundry wastewater using a baffle batch recirculation reactor with a wave maker flow system. Samples with initial COD of 342.2 mg/L, LAS of 904.4 mg/L, and TSS of 350 mg/L were pretreated by coagulation-flocculation using PAC, achieving 80.57% TSS removal to improve UV-C penetration. Variables included UV-C intensity (3×9 and 3×11 Watts), Baffle : Katalis TiO₂ Ratio (4 : 1, 2 : 1, 1,33 : 1, dan 1 : 1), and FeSO₄:H₂O₂ ratio (1:10, 1 : 20, 1 : 0, dan 1:40) with an optimum contact time of 60 minutes, analyzed using Multiple Linear Regression (Minitab). Results showed that the optimum photocatalysis condition was at 11 Watts and 0.063 m² surface area, achieving COD removal of 93.89%, LAS of 99.55%, and final pH of 7.9. The optimum photo-Fenton condition was at 11 Watts and ratio 1:20, achieving COD removal of 94.54%, LAS of 99.90%, and final pH of 2.7. Photo-Fenton yielded higher removal efficiency, while photocatalysis produced a more neutral effluent pH. The wave maker improved COD removal by 3.07% in photocatalysis and 6.34% in photo-Fenton through enhanced flow homogeneity and pollutant contact with UV-C light.

Keywords: *Laundry wastewater, TiO₂ photocatalysis, photo-Fenton, COD, LAS, baffle reactor, wave maker flow, Advanced Oxidation Processes*