

**PENGARUH PH DAN KONSENTRASI H₂O₂
TERHADAP EFEKTIVITAS PENGOLAHAN
LIMBAH WARNA TEKSTIL DDR DENGAN
TEKNOLOGI UV/H₂O₂**

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia



Oleh:

Yohanes Christian (2013620065)

Mitzi Kharista F S (2013620093)

Pembimbing:

Tedi Hudaya, S.T., M. Eng.Sc., Ph.D



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2017**

No. Kode	: TK CHR p/17
Tanggal	: 24 Januari 2018
No. Ind.	: 4200-FTI/SKP 35045
Divisi	:
Hadiah / Sali	:
Dari	: FTI



LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PENGARUH PH DAN KONSENTRASI H₂O₂ TERHADAP EFEKTIVITAS
PENGOLAHAN LIMBAH WARNA TEKSTIL DDR DENGAN TEKNOLOGI
UV/H₂O₂**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Bandung, 8 Agustus 2017

Pembimbing Tunggal

Tedi Hudaya, S.T., M. Eng.Sc.,Ph.D



SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yohanes Christian

NRP : 2013620065

Nama : Mitzi Kharista F S

NRP : 2013620093

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

**PENGARUH PH DAN KONSENTRASI H₂O₂ TERHADAP EFEKTIVITAS
PENGOLAHAN LIMBAH WARNA TEKSTIL DDR DENGAN TEKNOLOGI
UV/H₂O₂**

adalah hasil pekerjaan kami, dan seluruh ide, pendapat, materi dari sumber lain, telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka kami bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 8 Agustus 2017

Yohanes Christian
(2013620065)

Mitzi Kharista F S
(2013620093)



LEMBAR REVISI

**JUDUL : PENGARUH PH DAN KONSENTRASI H_2O_2 TERHADAP EFEKTIVITAS
PENGOLAHAN LIMBAH WARNA TEKSTIL DDR DENGAN TEKNOLOGI
UV/ H_2O_2**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Bandung, 8 Agustus 2017

Penguji,

Hans Kristianto, S.T., M.T.

Penguji,

Kevin Cleary Wanta, S.T, M.Eng.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkah-Nya sehingga proposal ini dapat terselesaikan dengan baik. Proposal ini disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana Strata-1 di bidang Ilmu Teknik Kimia pada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam menyusun laporan ini, penulis dibantu oleh berbagai pihak, baik secara moril maupun materiil. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tedi Huda, S.T., M. Eng.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing tunggal yang telah memberikan ilmu berupa bimbingan, pengarahan, dan saran selama penyusunan proposal ini.
2. Orang tua, keluarga, dan teman-teman yang selalu memberikan dorongan secara moril dan materiil.
3. Pihak lain yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam penyusunan proposal ini.

Akhir kata, penulis menyadari masih adanya kekurangan dalam penyusunan proposal ini. Oleh karena itu, dengan terbuka penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca sehingga dapat menjadi masukan dan ilmu untuk pembuatan laporan selanjutnya. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca dan membutuhkannya.

Bandung, 8 Agustus 2017

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tema Sentral Masalah	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	2
1.4 Premis	2
1.5 Tujuan penelitian	2
1.6 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah	4
2.2 Jenis-Jenis Limbah.....	4
2.2.1 Limbah Padat dan Karakteristiknya	6
2.2.2 Limbah Cair dan Karakteristiknya	7
2.3 Karakteristik Limbah B3	10
2.4 Karakteristik Limbah Pewarna Tekstil	13

2.5 Pengolahan Limbah Cair	14
2.5.1 Macam-Macam Metode Pengolahan Limbah Cair	17
2.6 Advance Oxidation Process (AOP)	21
2.6.1 Pembentukan Radikal Hidroksil.....	21
2.6.2 Fotolisis H ₂ O ₂	22
2.6.3 Degradasi OH Radikal terhadap limbah cair.....	24
2.6. Macam-Macam Metode AOPs.....	25
2.7 Penelitian Terdahulu	34
BAB III BAHAN DAN METODE	37
3.1 Penentuan Range Penelitian.....	37
3.2 Bahan Penelitian	38
3.3 Peralatan.....	38
3.4 Prosedur Percobaan.....	39
3.4.1 Percobaan Pendahuluan.....	39
3.4.2 Percobaan Utama.....	41
3.5 Lokasi dan Pelaksanaan Kerja	44
BAB IV PEMBAHASAN	46
4.1 Percobaan Pendahuluan	46
4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang (λ) Maksimum	46
4.1.2 Penentuan Kurva Standar	47
4.1.3 Penentuan Densitas Limbah Sintesis.....	48
4.2 Percobaan Utama	48
4.2.1 Penentuan Pseudo Orde – n Semu Konstanta Laju Degradasi	49
4.2.2 Hasil Percobaan Utama.....	52
4.3 Run Optimum	55

4.3.1 Penentuan Run Optimum	55
4.3.2 Hasil Percobaan Run Maksimum	57
BAB VESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN A LEMBAR DATA KESELAMATAN BAHAN	63
LAMPIRAN B DATA PENELITIAN	66
LAMPIRAN C CONTOH PERHITUNGAN.....	83
LAMPIRAN D GRAFIK	88
LAMPIRAN E DAFTAR GAMBAR.....	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem reaksi dari proses H_2O_2/UV	23
Gambar 2.2 Reaksi adisi elektrofilik	24
Gambar 2.3 Rangkaian alat sederhana	32
Gambar 2.4 Struktur molekul C.I. Reactive Red.....	32
Gambar 2.5 Degradasi Senyawa Azo dengan Radikal Hidroksil.....	33
Gambar 2.6 Degradasi senyawa benzene dengan radikal hidroksil	34
Gambar 2.7 Central Composite Design untuk $k=2$ dan $k=3$	35
Gambar 3.1 Prosedur penentuan λ maksimum dengan spektrofotometer.....	39
Gambar 3.2 Prosedur Penentuan Kurva Standar	40
Gambar 3.3 Prosedur Penentuan Densitas Air Limbah.....	41
Gambar 4.1 Penentuan Nilai λ Maksimum	47
Gambar 4.2 Kurva Standar Drimaren Dark Red (DDR)	47
Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi DDR terhadap Waktu pada Run 1	50
Gambar 4.4 Hasil Visual Perubahan Warna Sampel.....	50
Gambar 4.5 Perhitungan Orde 1 Semu Run 1	51
Gambar 4.6 Perhitungan Orde 2 Semu Run 1	52
Gambar 4.7 Kurva Optimasi dengan Design Expert	57
Gambar 4.8 Grafik Hasil Run Maksimum.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Limbah yang Dihasilkan Industri Tekstil.....	4
Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Cair.....	9
Tabel 2.3 Jenis Pewarna yang Digunakan pada Industri Tekstil.....	13
Tabel 2.4 Karakteristik Limbah Cair Keluaran Industri Tekstil dari Proses Pewarnaan pada Bahan Kapas dan Sintetik.....	14
Tabel 2.5 Baku Mutu Air Limbah bagi Kawasan Industri Tekstil.....	15
Tabel 2.6 Potensial Oksidator.....	22
Tabel 2.7 Perbedaan antara LP dan MP.....	24
Tabel 2.8 Perbandingan metode AOPs.....	25
Tabel 3.1 Kode Variabel dan Nilainya.....	38
Tabel 3.2 Rancangan Matriks Percobaan.....	38
Tabel 3.3 Pelaksanaan kerja penelitian.....	46
Tabel 4.1 Penentuan Panjang Gelombang (λ) Maksimum.....	46
Tabel 4.2 Variasi H ₂ O ₂ dan pH yang Dipakai pada Percobaan.....	49
Tabel 4.3 Hasil Percobaan Utama.....	53
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tambahan Run 1.....	54
Tabel 4.5 Model Sumary Statistics.....	55
Tabel 4.6 Anova untuk Response Surface Quadratic Model.....	56
Tabel 4.7 Hasil Response Surface Quadratic Model.....	56
Tabel 4.8 Hasil Run Maksimum.....	57



INTISARI

Limbah tekstil, terutama dari proses pewarnaan, mengandung senyawa *nonbiodegradable* seperti pewarna tekstil yang tidak bisa diuraikan dengan metode biologis. Salah satu pewarna tekstil yang digunakan adalah Drimaren Dark Red (DDR). Metode *advanced oxidation process* (AOP) dapat menjadi solusi untuk menguraikan zat warna pada limbah cair industri tekstil yang termasuk dalam senyawa *nonbiodegradable* dengan melibatkan proses pembentukan $\text{HO}\cdot$ (radikal hidroksil) sebagai oksidator utama yang dapat mendegradasi zat warna.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi pengolahan limbah pewarna tekstil Drimaren Dark Red (DDR) dengan menggunakan metode UV/ H_2O_2 . Proses optimasi meliputi pengaruh kondisi operasi, yaitu konsentrasi H_2O_2 awal dan pH limbah cair terhadap laju reaksi, warna, dan pH dari hasil pengolahan dengan metode UV/ H_2O_2 . Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengkaji kemungkinan penerapan metode UV/ H_2O_2 untuk proses pengolahan limbah cair industri tekstil. Limbah pewarna tekstil didekolorisasi dengan metode UV/ H_2O_2 hingga batas *biodegradable*, lalu selanjutnya limbah dapat diolah dengan pengolahan limbah secara biologis.

Percobaan ini dilakukan dengan *bubble column photoreactor* berkapasitas 50 L. Percobaan dilakukan dengan cara *batch*. Desain perancangan proses yang digunakan adalah *Central Composite Design* dengan bantuan Design Expert 7.0. Variasi percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah konsentrasi H_2O_2 awal dan pH limbah cair. Konsentrasi H_2O_2 divariasikan antara 0,2172% w/w hingga 0,7828% w/w, sedangkan pH divariasikan pada rentang pH 2,59-5,41. Hasil penelitian memberikan kondisi maksimum pada konsentrasi H_2O_2 sebesar 0,3% w/w dan pH sebesar 3,02 dengan % removal sebesar 76,02% pada 14 menit.

Kata kunci: limbah tekstil, drimaren dark red, *nonbiodegradable*, UV/ H_2O_2



ABSTRACT

Textile wastewater, especially from colouring process, contain nonbiodegradable compounds, such as textile dyes which cannot be decomposed by biological method. Drimaren Dark Red (DDR) is one example of textile dyes. Advanced oxidation process method (AOP) can be one of the solutions for turning nonbiodegradable compounds on colouring substance in textile wastewater decomposed by the formation of HO• (hydroxyl radical) as the main oxidator which can degrade those colouring substances.

This experiment intended to search optimal condition of processing textile wastewater contains Drimaren Dark Red (DDR) compound using UV/H₂O₂ method. Optimization of the process including the effect of experiment condition, such as H₂O₂ concentration and pH of the wastewater against rate of reaction, colour of wastewater, and pH from the wastewater which already processed with UV/H₂O₂ method. Other than that, this experiment conducted to reviewing UV/H₂O₂ method to be applied in processing industrial textile wastewater. The decolorization of textile wastewater will be held until it become biodegradable, furthermore it can be processed by biological method.

This experiment was conducted with 50 L capacity of bubble column photoreactor in batch condition. Central Composite Design used as experimental design using Design Expert 7.0 software. The variation of this experiment was H₂O₂ concentration and pH of the wastewater. H₂O₂ concentration varied between 0,2172% w/w until 0,7828% w/w, while pH of the wastewater varied between 2,59-5,41. The result gave maximum condition of 0,3% w/w for H₂O₂ concentration and 3,02 for pH of the wastewater with 76,0196% removal of colouring substances in 14 minutes.

Keyword: textile wastewater, drimaren dark red, nonbiodegradable, UV/ H₂O₂



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Industri tekstil merupakan salah satu industri terbesar yang ada di kawasan Bandung Raya. Pada industri tekstil, berlangsung berbagai macam proses seperti persiapan serat, pemintalan, perekatan (*slashing/sizing*), penenunan (*weaving*), penjahitan, *tufting*, *desizing*, *scouring*, *bleaching*, *singeing*, merserisasi (*mercerizing*), *heat setting*, pewarnaan (*dyeing*), pencetakan (*printing*), dan penyelesaian (*finishing*) (Ghaly, Ananthashankar, Alhattab, & Ramakrishnan, 2014). Setiap proses tersebut menghasilkan limbah gas, padat, maupun cair yang cukup banyak sehingga industri tekstil merupakan salah satu ancaman untuk lingkungan. Limbah dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan makhluk hidup karena memiliki bahan pencemar seperti senyawa organik, anorganik, mikroba patogen, dan sebagainya.

Di kawasan Bandung Raya, terdapat beberapa lokasi industri tekstil. (Kementerian Perindustrian, 2016) Salah satu masalah yang terdapat disekitar kawasan industri tekstil adalah pencemaran lingkungan dari limbah cair industri tekstil. Limbah cair industri tekstil, terutama dari proses pewarnaan (*dyeing*), mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) yang sulit diuraikan dengan cara biologis karena mengandung senyawa *nonbiodegradable* seperti pewarna tekstil. Metode *advanced oxidation process* (AOP) dapat menjadi salah satu metode destruktif untuk menguraikan zat warna pada limbah cair industri tekstil yang termasuk dalam senyawa *nonbiodegradable*, sehingga memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan pemerintah melalui Kepmen Lingkungan Hidup Nomor Kep-51/MENLH/10/1995.

Metode *advanced oxidation process* (AOP) melibatkan proses pembentukan OH radikal (radikal hidroksil) sebagai oksidator utama yang dapat mendegradasi zat warna. Radikal ini dipilih karena memiliki kekuatan mengoksidasi kedua terkuat setelah Flourin (F_2). Radikal ini terbentuk dari kombinasi antara radiasi UV dan beberapa komponen seperti ozon (O_3), hidrogen peroksida (H_2O_2), titanium dioksida (TiO_2) serta kombinasi antara hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan ion fero (Fe^{2+}) yang lebih dikenal dengan nama reagen Fenton (Legrini, 1993).

Salah satu metode *advanced oxidation process* (AOP) yang dapat digunakan untuk menguraikan zat warna pada limbah cair keluaran industri tekstil adalah UV/ H_2O_2 . Proses

ini pun biayanya lebih murah dibandingkan dengan beberapa metode AOP lainnya yang menggunakan O_3 seperti UV/ O_3 dan UV/ H_2O_2/O_3 . Metode AOP dengan UV/ H_2O_2 juga lebih efektif karena H_2O_2 memiliki fasa cair (homogen dengan limbah cair) sehingga tidak memiliki *mass transfer limitation*.

1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral masalah penelitian ini adalah untuk mencari kondisi optimal dari proses dekolorisasi zat warna tekstil Drimaren Dark Red (DDR) dengan metode AOP (UV/ H_2O_2) dan mempelajari pengaruh kondisi operasi (konsentrasi H_2O_2 awal dan pH limbah cair pada saat proses dekolorisasi) terhadap kualitas air limbah pewarna tekstil setelah diolah dalam *photoreactor* yang dioperasikan secara batch.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Pengaruh konsentrasi H_2O_2 awal terhadap laju degradasi Drimaren Dark Red (DDR).
2. Pengaruh pH limbah cair pada saat proses dekolorisasi terhadap laju degradasi Drimaren Dark Red (DDR).

1.4 Premis

1. Kondisi optimal pengolahan limbah tekstil dengan pewarna DYA dengan metode UV/ H_2O_2 adalah dengan konsentrasi H_2O_2 sebesar 0,53% w/w dan pH= 3,35. (Adriany, Hariyanto, 2011)

1.5 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mencari kondisi operasi optimum, seperti konsentrasi H_2O_2 awal dan pH limbah cair terhadap proses dekolorisasi dalam reaktor.
2. Mencari orde reaksi yang sesuai dengan laju degradasi polutan.
3. Mengkaji kemungkinan penerapan proses pengolahan limbah pewarna tekstil *non-biodegradable* pada industri tekstil dengan proses UV/ H_2O_2 di dalam *bubble column photoreactor*.

1.6 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Bagi pemerintah: meningkatkan kualitas air buangan limbah cair industri tekstil, khususnya limbah cair dari proses pewarnaan.
2. Bagi mahasiswa dan ilmuwan: memberikan pengetahuan tentang pengolahan limbah cair tekstil *nonbiodegradable*.
3. Bagi industri: memberikan alternatif baru dalam pengolahan limbah cair tekstil, khususnya limbah cair dari proses pewarnaan.