

SKRIPSI

**DEGRADASI LIGNIN DARI AIR LIMBAH
INDUSTRI *PULP AND PAPER*
MENGUNAKAN FOTOKATALIS DENGAN
KATALIS BERBASIS NANOFIBER TiO₂**



Oleh :

ROBI'ATUL ADAWIYAH

NPM 18034010009

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA
TAHUN 2023**

**DEGRADASI LIGNIN DARI AIR LIMBAH INDUSTRI PULP
AND PAPER MENGGUNAKAN FOTOKATALIS DENGAN
KATALIS BERBASIS NANOFIBER TiO₂**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh:

ROBI'ATUL ADAWIYAH

NPM. 18034010009

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK**

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM

SURABAYA

TAHUN 2023

**DEGRADASI LIGNIN DARI AIR LIMBAH INDUSTRI PULP
AND PAPER MENGGUNAKAN FOTOKATALIS DENGAN
KATALIS BERBASIS NANOFIBER TiO₂**

Disusun Oleh:

ROBI'ATUL ADAWIYAH

NPM. 18034010009

Telah Dipertahankan Dihadapan dan Diterima Oleh Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Pada Tanggal: 22 Mei 2023

Menyetujui,
Dosen Pembimbing,


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

Mengetahui,

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JATIM


Dr. Dwi Hanayah, M.P.

NIP. 19630403 199103 2 001

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Robi'atul Adawiyah
NIM : 18034010009
Fakultas/ Program Studi : Teknik/ Teknik Lingkungan
Judul Skripsi/ Tugas Akhir
/ Tesis/ Desertasi : Degradasi Lignin dari Air Limbah Industri *Pulp and Paper* Menggunakan Fotokatalis dengan Katalis Berbasis Nanofiber TiO₂

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun diinstitusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun, sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 22 Mei 2023

Yang Menyatakan



(Robi'atul Adawiyah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Degradasi Lignin dari Air Limbah Industri *Pulp and Paper* Menggunakan Fotokatalis dengan Katalis Berbasis Nanofiber TiO_2 ”** ini dengan baik. Dalam penyusunan skripsi ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, ST., MT., selaku koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT., selaku dosen pembimbing, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, dan ilmu yang diberikan dalam setiap proses bimbingan.
4. Bapak Ir. Yayok Suryo Purnomo, MS., dan Ibu Aulia Ulfah Farahdiba, ST., MSc., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran guna penyempurnaan penulisan skripsi ini.
5. Ibu Prof. Euis Nurul Hidayah, ST., MT., Ph.D., selaku dosen metodologi penelitian yang telah membimbing dan mengarahkan penyusunan maupun meluruskan langkah penelitian skripsi.
6. Ibu Lydia Rohmawati, S.Si., M.Si., selaku kepala laboratorium Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Surabaya dan yang telah memberikan izin peminjaman alat dan dan Bapak Irfan Subiantoro, S.Pd., M.Si., yang telah membimbing proses penelitian.
7. Seluruh dosen beserta staff pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu serta diskusi sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
8. Orang tua dan keluarga yang selalu ikhlas mendoakan dalam setiap doa yang dipanjatkan dan materi yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

9. Robi'atul yang telah berusaha menyelesaikan skripsi ini dengan segala suka dan dukanya.
10. Ayu, Ibrahim, Indra, Isa, Nahen, Mega, Sabrina, Umi, Uswatul dan teman terdekat lainnya yang telah memberikan do'a, dukungan, semangat, saran dan membantu dalam hal apapun guna penyelesaian skripsi ini.
11. Teman-teman satu dosen pembimbing dan teman-teman angkatan 2018 yang telah melawati suka dan duka bersama.
12. Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung dan Jeon Jungkook yang telah menghibur dan memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Maret 2023

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
ABSTRAK	viii
BAB 1 LATAR BELAKANG	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.1.1 Proses Pembuatan <i>Pulp and Paper</i>	4
2.1.2 Karakteristik Limbah Cair Industri <i>Pulp and Paper</i>	4
2.1.3 <i>Advanced Oxidation Processes (AOPs)</i>	7
2.1.4 Metode <i>Advanced Oxidation Processes (AOPs)</i>	8
2.1.5 Sinar UV.....	12
2.1.6 Titanium Dioksida (TiO ₂)	13
2.1.7 Fotokatalis Lignin Menggunakan Titanium Dioksida (TiO ₂).....	14
2.1.8 Nanofiber.....	19
2.1.9 <i>Polyvinyl Alcohol (PVA)</i>	21
2.2 Landasan Teori.....	23
2.2.1 Radiasi Sinar UV.....	23
2.2.2 Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO ₂)	23
2.3 Hasil Penelitian Sebelumnya	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Kerangka Penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan.....	28

3.2.1	Alat.....	28
3.2.2	Bahan.....	28
3.2.3	Desain Reaktor Alat.....	29
3.3	Cara Kerja.....	30
3.3.1	Diagram Alir.....	30
3.3.2	Tahap Persiapan Penelitian.....	30
3.3.3	Tahap Penelitian Pendahuluan.....	30
3.3.4	Tahap Penelitian Utama.....	31
3.4	Penentuan Peubah.....	32
3.5	Analisis Data.....	32
3.6	Matriks Penelitian.....	33
3.7	Jadwal Kegiatan.....	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1	Karakteristik Air Limbah.....	35
4.2	Bentuk Permukaan Nanofiber TiO ₂	36
4.3	Pengaruh pH, Waktu dan Dosis TiO ₂ dalam Menurunkan Parameter Lignin.....	37
4.4	Pengaruh pH, Waktu dan Dosis TiO ₂ dalam Menurunkan Parameter TDS.....	43
4.5	Perbandingan Hasil Penurunan Lignin dan TDS Paling Optimal Berdasarkan Pengaruh pH, Waktu dan Dosis TiO ₂	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		52
5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....		54
LAMPIRAN A.....		61
LAMPIRAN B.....		63
LAMPIRAN C.....		67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Sifat dari Berbagai Bentuk Kristal TiO ₂	14
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3. 1 Metode Pengujian	32
Tabel 3. 2 Matriks Variabel Penelitian	33
Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan Pelaksanaan Penelitian	34
Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Limbah.....	35
Tabel 4. 2 Pengaruh pH, Waktu dan Dosis Katalis TiO ₂ dalam Penyisihan Lignin dengan Metode Fotokatalis	38
Tabel 4. 3 Persentase Penyisihan Lignin Berdasarkan pH, Waktu dan Dosis Katalis TiO ₂ dengan Metode Fotokatalis.....	41
Tabel 4. 4 Pengaruh pH, Waktu dan Dosis Katalis TiO ₂ dalam Penyisihan TDS dengan Metode Fotokatalis	44
Tabel 4. 5 Persentase Penyisihan TDS Berdasarkan pH, Waktu dan Dosis Katalis TiO ₂ dengan Metode Fotokatalis.....	47
Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil Persentase Penurunan Lignin dan TDS Paling Optimal Berdasarkan Pengaruh pH, Waktu dan Dosis TiO ₂	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Pembuatan <i>Pulp and Paper</i> serta Sumber Pencemar.....	4
Gambar 2. 2 Unit Penyusun Lignin.....	6
Gambar 2. 3 Struktur Fragmen Lignin Kayu Lunak Menunjukkan Jenis Keterikatan yang Menonjol.....	6
Gambar 2. 4 <i>Band Gap</i> Energi dari Beberapa Fotokatalis yang Umum Digunakan	11
Gambar 2. 5 Daerah Energi pada Semikonduktor	12
Gambar 2. 6 Spektrum Sinar RGB.....	12
Gambar 2. 7 Struktur Kristal Anatase TiO ₂	13
Gambar 2. 8 Struktur Kristal Rutile TiO ₂	14
Gambar 2. 9 Prinsip Fotokatalis.....	15
Gambar 2. 10 Pembentukan Radikal Fenolik oleh Abstraksi Antar Molekul Hidrogen Fenolik oleh Gugus Karbonil	17
Gambar 2. 11 Skema Degradasi Lignin dengan Autoksoksidasi yang Diinduksi oleh TiO ₂ /poli (Etilen Oksida)	17
Gambar 2. 12 Skema Reaksi Radikal yang Diusulkan Dimulai oleh Enzim Lignolytic Heme Peroxidase untuk Konversi Adlerol yang Memiliki C β - Ikatan O-4 Menjadi Unit yang Lebih Kecil	18
Gambar 2. 13 Hasil Fiber Proses <i>Electrospinning</i> dengan Variasi Waktu 1, 3, 5 dan 7 jam	19
Gambar 2. 14 Proses <i>Electrospinning</i>	21
Gambar 2. 15 Struktur (a) Vinil Asetat (b) PVA	22
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	27
Gambar 3. 2 Desain Reaktor Fotokatalis	29
Gambar 3. 3 Alur Penelitian.....	30
Gambar 4. 1 Hasil Analisis SEM pada Permukaan Nanofiber (a) Perbesaran 20000x (b) Perbesaran 10000x.....	36
Gambar 4. 2 Hubungan Penyisihan Kadar Lignin dengan Waktu Sampling (Menit) dan Dosis Katalis TiO ₂ pada pH 7.....	40

Gambar 4. 3 Hubungan Penyisihan Kadar Lignin dengan Waktu Sampling (Menit) dan Dosis Katalis TiO ₂ pada pH 9.....	40
Gambar 4. 4 Hubungan Persentase Penyisihan Kadar Lignin dengan Waktu Sampling (Menit) dan Dosis Katalis TiO ₂ pada pH 7	42
Gambar 4. 5 Hubungan Persentase Penyisihan Kadar Lignin dengan Waktu Sampling (Menit) dan Dosis Katalis TiO ₂ pada pH 9	42
Gambar 4. 6 Hubungan Penyisihan Kadar TDS dengan Waktu Sampling (Menit) dan Dosis Katalis TiO ₂ pada pH 7.....	45
Gambar 4. 7 Hubungan Penyisihan Kadar TDS dengan Waktu Sampling (Menit) dan Dosis Katalis TiO ₂ pada pH 9.....	46
Gambar 4. 8 Hubungan Persentase Penyisihan Kadar TDS dengan Waktu Sampling (Menit) dan Dosis Katalis TiO ₂ pada pH 7	48
Gambar 4. 9 Hubungan Persentase Penyisihan Kadar TDS dengan Waktu Sampling (Menit) dan Dosis Katalis TiO ₂ pada pH 9	48
Gambar 4. 10 Perbandingan Hasil Persentase Penurunan Lignin dan TDS Berdasarkan Waktu Sampling (Menit).....	50

ABSTRAK

Limbah cair industri pulp dan kertas mengandung degradabilitas yang rendah dan kurang efisien dengan pengolahan biologis, sehingga membutuhkan pengolahan lanjutan seperti fotokatalis. Katalis yang digunakan menggunakan yaitu TiO_2 yang disintesis dengan PVA menjadi nanofiber. Pada penelitian ini, nanofiber TiO_2 digunakan dalam proses fotokatalis untuk mendegradasi lignin sebagai parameter utama dan TDS pada air limbah industri pulp dan kertas. Perlakuan proses fotokatalis menggunakan variasi pH 7 dan 9 serta waktu penyinaran sinar UV-C selama 120 menit dimana pada waktu 0, 30, 60, 90, 120 menit dilakukan sampling untuk analisis parameter. Analisis awal yang dilakukan didapatkan kadar lignin awal sebesar 71 mg/L dan kadar TDS awal sebesar 1354 ppm. Setelah proses fotokatalis didapatkan hasil optimum degradasi lignin pada pH 7 sebesar 24,82 mg/L dan TDS 1161 ppm dengan waktu sampling 120 menit dan dosis TiO_2 2 gr. Pada pH 9 didapatkan degradasi lignin optimum sebesar 12,73 mg/L dan TDS 1109 ppm dengan waktu sampling 120 menit dan dosis TiO_2 2 gr. Dari percobaan tersebut didapatkan hasil paling optimum pada pH 9 dengan efisiensi penyisihan lignin 82,07% dan TDS 67,87%.

Kata kunci: Polivinil Alkohol, Elektrosinning, Sinar UV-C

ABSTRACT

Pulp and paper industry wastewater contains low degradability and is less efficient with biological treatment, so it requires further processing comparable as photocatalysts. The catalyst used is TiO₂ which is synthesized with PVA into nanofiber. In this study, TiO₂ nanofibers were used in the photocatalyst process to degrade lignin as the main parameter and TDS in pulp and paper industry wastewater. Treatment of the photocatalyst process using pH variations of 7 and 9 and UV-C irradiation time of 120 minutes where at 0, 30, 60, 90, and, 120 minutes sampling was carried out for parameter analysis. The initial analysis was required to obtain initial lignin levels of 71 mg/L and initial TDS levels of 1354 ppm. After the photocatalyst process, the optimum results for lignin degradation were obtained at pH 7 of 24.82 mg/L and TDS of 1161 ppm with a sampling time of 120 minutes and a dose of 2 gr TiO₂. At pH 9, the optimum lignin degradation was 12.73 mg/L and TDS 1109 ppm with a sampling time of 120 minutes and a dose of 2 gr TiO₂. From particular analyst, the optimum results were obtained at pH 9 with 82.07% lignin removal efficiency and 67.87% TDS.

Keywords: *Polyvinyl Alcohol, Electrospinning, UV-C Light*