

**PENGARUH RESIN IMMOBILIZED-TIO₂ DAN
RESIN IMMOBILIZED-ZNO TERHADAP
PENYISIHAN KONSENTRASI Cr⁶⁺ INDUSTRI
PELAPISAN LOGAM MENGGUNAKAN
FIXED BED PHOTOCATALYTIC**

SKRIPSI



Oleh :

NUR LAILI ALFIATIN MUKHAROMAH
NPM 21034010075

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**PENGARUH RESIN *IMMOBILIZED-TIO₂* DAN RESIN
IMMOBILIZED-ZNO TERHADAP PENYISIHAN
KONSENTRASI Cr^{6+} INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGUNAKAN *FIXED BED PHOTOCATALYTIC***

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

NUR LAILI ALFIATIN MUKHAROMAH
NPM: 21034010075

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH RESIN IMMOBILIZED-TIO₂ DAN RESIN
IMMOBILIZED-ZNO TERHADAP PENYISIHAN
KONSENTRASI Cr⁶⁺ INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGUNAKAN *FIXED BED PHOTOCATALYTIC***

Disusun Oleh:



Nur Laili Alfiatun Mukharomah
NPM. 21034010075

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

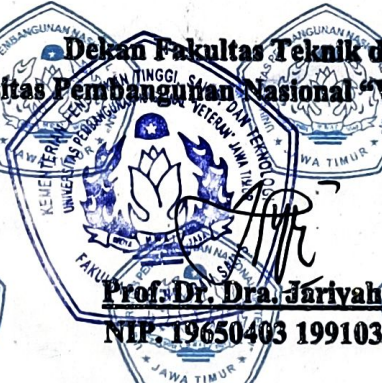
Pembimbing



Prof. Euis Nurul Hidayah, MT., PhD.
NIP./NPT. 19771023 202121 2 004

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
PENGARUH RESIN IMMOBILIZED-TIO₂ DAN RESIN
IMMOBILIZED-ZNO TERHADAP PENYISIHAN
KONSENTRASI Cr⁶⁺ INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGGUNAKAN FIXED BED PHOTOCATALYTIC

Disusun Oleh:



Nur Laifi Alfiatis Mukharomah
NPM. 21034010075

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Kesehatan Lingkungan (Terakreditasi Sinta 3)

Menyetujui,

Pembimbing



Prof. Euis Nurul Hidayah, MT., PhD.
NIP./NPT. 19731023 202121 2 004

TIM PENGUJI

1. Ketua



Elira Rosariawati, S.T., M.T.
NIP./NPT. 19750409 202121 2 004

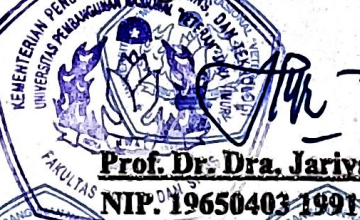
2. Anggota



Anade Amalia, ST., MSc.
NIP./NPT. 172 1992 1124 059

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
PENGARUH RESIN IMMOBILIZED-TIO₂ DAN RESIN
IMMOBILIZED-ZNO TERHADAP PENYISIHAN
KONSENTRASI Cr⁶⁺ INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGUNAKAN FIXED BED PHOTOCATALYTIC

Disusun Oleh:


Nur Laili Alifia Mubanditas
NPM. 21034010078

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 17 Juli 2025

TIM PENILAI

KETUA


Firra Rosariawati, S.T., M.T.
NIP./NPT. 19750409 202121 2 004

ANGGOTA


Aussie Amalia, ST., MSc.
NIP./NPT. 172 1992 1124 059

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Laili Alfiatin Mukharomah
NPM : 21034010075
Program : Sarjana (S1) Magister (S2) / Doktor (S3)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya

Surabaya, 21 Juli 2025
Yang membuat pernyataan



Nur Laili Alfiatin Mukharomah
NPM.21034010075

*pilih salah satu (lingkari)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga selama proses pengerjaan penelitian ini penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Pengaruh *Resin Immobilized-TiO₂* dan *Resin Immobilized-ZnO* Terhadap Penyisihan Konsentrasi Cr⁶⁺ Industri Pelapisan Logam Menggunakan *Fixed Bed Photocatalytic Reactor***. Penulis berharap penyusunan tugas akhir dapat diterima sebagai syarat kelulusan untuk memperoleh gelar S-1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, ST., MT., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Prof. Euis Nurul Hidayah, MT., PhD., selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran dan ketulusan senantiasa meluangkan waktu, pikiran, serta tenaga untuk memberikan arahan, motivasi, dan masukan berharga hingga terselesaikannya penelitian tugas akhir ini.
4. Ibu Restu Hikmah Ayu Murti, SST., MSc., selaku dosen wali akademik yang telah meluangkan waktunya untuk mengarahkan dan membantu proses akademik selama perkuliahan.
5. Ibu Syadzadhiya Q. Z. Nisa, S.T.,M.T. yang senantiasa memberikan dukungan, bimbingan, dan semangat selama masa perkuliahan, serta menjadi sumber inspirasi dan motivasi dalam menyelesaikan tugas dan tanggung jawab akademik ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan dan Staf Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan segenap ilmunya selama perkuliahan.

7. Kepada Uti, Ayah, Almh. Ibu, Kakak, Adik tercinta, serta seluruh keluarga besar atas doa-doa yang tidak pernah putus, kasih sayang yang tulus, motivasi yang selalu menguatkan, dan dukungan yang menjadi pondasi kokoh bagi setiap langkah. Setiap doa dan cinta kalian adalah energi yang mengiringi penulis untuk terus melangkah hingga titik ini.
8. Kepada Alvin Adrian Wibisono, terima kasih atas doa-doa tulus, perhatian yang tidak pernah surut, motivasi yang selalu menguatkan, dan dukungan tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan ini. Kehadiranmu telah menjadi tempat pulang yang penuh ketenangan, penguat di saat lelah, dan alasan untuk terus bertahan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan penuh rasa syukur.
9. Kepada sahabat-sahabat terbaik saya, yaitu Mutiara, Alifa, Athira, Vera, Monicka, Sefti, Alifah, David, Afif, Mirza, Ima, Aura, Dela, Hasna, Hanna, Tita, Arya, Ningrum, Agnes, dan Alda, yang selalu membawa tawa, semangat, doa, dan keceriaan dalam setiap proses perjalanan ini. Kalian membuat hari-hari penuh perjuangan ini terasa lebih ringan dan berwarna.
10. Teman-teman Teknik Lingkungan 2021 yang telah menjadi sumber semangat, dukungan, dan kebersamaan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
11. *Last but not least*, terima kasih kepada diri sendiri yang telah berjuang sejauh ini. Terima kasih sudah bertahan meski lelah, tetap melangkah meski ragu, dan sudah percaya bahwa setiap usaha akan menemukan jalannya. Untuk semua air mata, doa, dan semangat yang tidak pernah padam, hari ini adalah bukti bahwa kamu telah berhasil melewati semuanya. Kamu layak untuk bangga.

Tugas akhir ini telah diupayakan semaksimal mungkin, namun penulis menyadari masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan tugas akhir ini agar dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi masukan untuk penelitian selanjutnya.

Surabaya, 15 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	1
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pencemaran Air.....	6
2.2 Limbah Cair Industri Pelapisan Logam	6
2.3 Kromium Heksavalen.....	8
2.4 Fotokatalisis	9
2.4.1 Faktor Fotokatalisis.....	11
2.5 Katalis	13
2.5.1 Katalis TiO ₂	14
2.5.2 Katalis ZnO	15
2.5.3 Katalis BiVO ₄	17
2.5.4 Katalis WO ₃	18
2.6 Resin.....	19
2.7 <i>Resin Immobilized Photocatalyst Technology (RIPT)</i>	21
2.8 Lampu Ultraviolet (UV).....	22
2.9 Reaktor <i>Fixed Bed</i>	26

2.10 Penelitian Terdahulu	29
BAB III.....	33
METODE PENELITIAN	33
3.1 Kerangka Penelitian	33
3.2 Alat dan Bahan.....	35
3.2.1 Alat Penelitian.....	35
3.2.2 Bahan Penelitian.....	35
3.3 Variabel Penelitian	35
3.3.1 Variabel Tetap.....	35
3.3.2 Variabel Bebas	35
3.3.3 Variabel Terikat	36
3.4 Mekanisme Kerja	36
3.4.1 Skema Penelitian.....	36
3.4.2 Desain dan Pembuatan Reaktor	37
3.4.3 Tahap Imobilisasi TiO ₂ dan ZnO pada Resin	39
3.4.2 Penelitian Utama	40
3.4.3 Analisis Data	40
3.4.4 Analisis Hasil	43
3.5 Jadwal Kegiatan	44
3.6 RAB Penelitian	45
BAB IV	47
PEMBAHASAN	47
4.1 Karakteristik Awal Limbah Cair Industri Pelapisan Logam.....	47
4.2 Hasil Analisis	48
4.2.1 Pengaruh pH.....	49
4.2.2 Pengaruh Suhu	55
4.2.3 Pengaruh Kekeruhan	56
4.2.4 Pengaruh Waktu <i>Sampling</i> terhadap Cr ⁶⁺	58
4.3 Karakteristik secara Fisika dari Resin, RIPT-TiO ₂ dan RIPT-ZnO.....	61
4.4 Uji Statistik Penelitian Menggunakan ANOVA <i>One Way</i>	62

4.4.1 Perbedaan Kinerja Antara Berbagai Jenis Resin terhadap Rata-Rata Penyisihan Cr^{6+}	62
4.4.2 Perbedaan Kinerja Antara Berbagai Jenis Resin terhadap Rata-Rata Penyisihan Kekeruhan.....	64
4.5 Uji Statistik Penelitian Menggunakan ANOVA <i>Two Way</i>	65
4.5.1 Pengaruh Massa Resin dan Waktu <i>Sampling</i> terhadap Cr^{6+}	65
4.5.2 Pengaruh Massa RIPT-TiO ₂ dan Waktu <i>Sampling</i> terhadap Cr^{6+}	68
4.5.3 Pengaruh Massa RIPT-ZnO dan Waktu <i>Sampling</i> terhadap Cr^{6+}	72
4.5.4 Pengaruh Massa Resin dan Waktu <i>Sampling</i> terhadap Kekeruhan	75
4.5.5 Pengaruh Massa RIPT-TiO ₂ dan Waktu <i>Sampling</i> terhadap Kekeruhan.....	78
4.5.6 Pengaruh Massa RIPT-ZnO dan Waktu <i>Sampling</i> terhadap Kekeruhan	81
4.6 Uji Statistik Penelitian Menggunakan Korelasi	84
BAB V.....	86
KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN A.....	92
LAMPIRAN B	102
LAMPIRAN C	107
LAMPIRAN D.....	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Pelapisan Logam (a) <i>Home</i> Industri (b) PT X.....	7
Gambar 2. 2 Jenis Zat Padat Berdasarkan Pita Energi.....	14
Gambar 2. 3 Struktur Kristal Anatase, Rutile, Brookite	15
Gambar 2. 4 Struktur Kristal ZnO	16
Gambar 2. 5 Struktur Kristal BiVO ₄	18
Gambar 2. 6 Struktur Kristal WO ₃	19
Gambar 2. 7 <i>Fixed Bed Reactor</i>	28
Gambar 3. 1 Skema Penelitian.....	36
Gambar 3. 2 Desain Reaktor (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping	37
Gambar 3. 3 Spesifikasi Pipa	39
Gambar 3. 4 Proses Imobilisasi RIPT-TiO ₂ dan RIPT-ZnO.....	40
Gambar 4. 1 Grafik pH (a) Massa 30 gr (b) Massa 40 gr (c) Massa 50 gr	54
Gambar 4. 2 Grafik Suhu (a) Massa 30 gr (b) Massa 40 gr (c) Massa 50 gr.....	55
Gambar 4. 3 Grafik Kekeruhan (a) Massa 30 gr (b) Massa 40 gr (c) Massa 50 gr	57
Gambar 4. 4 Grafik Cr ⁶⁺ (a) Massa 30 gr (b) Massa 40 gr (c) Massa 50 gr	60
Gambar 4. 5 ANOVA <i>One Way</i> %Penyisihan Cr ⁶⁺	63
Gambar 4. 6 ANOVA <i>One Way</i> %Penyisihan Kekeruhan	64
Gambar 4. 7 <i>Analysis of Variance</i> Resin terhadap Cr ⁶⁺	65
Gambar 4. 8 Uji Lanjutan Parameter Cr ⁶⁺ Variasi Massa Resin	66
Gambar 4. 9 Uji Lanjutan Parameter Cr ⁶⁺ Variasi Waktu <i>Sampling</i> pada Resin	67
Gambar 4. 10 <i>Analysis of Variance</i> RIPT-TiO ₂ terhadap Cr ⁶⁺	68
Gambar 4. 11 Uji Lanjutan Parameter Cr ⁶⁺ Variasi Massa RIPT-TiO ₂	70
Gambar 4. 12 Uji Lanjutan Parameter Cr ⁶⁺ Variasi Waktu <i>Sampling</i> RIPT-TiO ₂	71
Gambar 4. 13 <i>Analysis of Variance</i> RIPT-ZnO terhadap Cr ⁶⁺	72
Gambar 4. 14 Uji Lanjutan Parameter Cr ⁶⁺ Variasi Massa RIPT-ZnO	73
Gambar 4. 15 Uji Lanjutan Parameter Cr ⁶⁺ Variasi Waktu <i>Sampling</i> pada RIPT-ZnO ..	74
Gambar 4. 16 <i>Analysis of Variance</i> Resin terhadap Kekeruhan.....	75
Gambar 4. 17 Uji Lanjutan Parameter Kekeruhan Variasi Massa Resin.....	76
Gambar 4. 18 Uji Lanjutan Parameter Kekeruhan Variasi Waktu <i>Sampling</i> Resin	77

Gambar 4. 19 <i>Analysis of Variance</i> RIPT-TiO ₂ terhadap Kekeruhan	78
Gambar 4. 20 Uji Lanjutan Parameter Kekeruhan Variasi Massa RIPT-TiO ₂	79
Gambar 4. 21 Uji Lanjutan Parameter Kekeruhan Variasi Waktu <i>Sampling</i> RIPT-TiO ₂	80
Gambar 4. 22 <i>Analysis of Variance</i> RIPT-ZnO terhadap Kekeruhan.....	81
Gambar 4. 23 Uji Lanjutan Parameter Kekeruhan Variasi Massa RIPT-ZnO	82
Gambar 4. 24 Uji Lanjutan Parameter Kekeruhan Variasi Waktu <i>Sampling</i> RIPT-ZnO	83
Gambar 4. 25 Korelasi Antar Semua Variabel	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Hasil Uji Awal	7
Tabel 2. 2 Perbandingan Jenis Sinar UV dalam Fotokatalisis	25
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu.....	29
Tabel 3. 1 Matriks Penelitian	41
Tabel 3. 2 Metode Analisis Data	43
Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan	44
Tabel 3. 4 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Penelitian	45
Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Limbah Cair Sebelum Proses Pengolahan	47
Tabel 4. 2 Sebelum Proses Running pada Resin, RIPT-TiO ₂ , dan RIPT-ZnO	61
Tabel 4. 3 Setelah Proses Running pada Resin, RIPT-TiO ₂ , dan RIPT-ZnO	62
Tabel 4. 4 Keeratan Hubungan Berdasarkan Interval Nilai Koefisien Korelasi ..	84

ABSTRAK

Industri pelapisan logam merupakan salah satu sektor industri yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan logam berat berbahaya, salah satunya adalah kromium heksavalen (Cr^{6+}). Senyawa ini bersifat toksik, karsinogenik, dan dapat mencemari lingkungan apabila tidak ditangani dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh RIPT- TiO_2 dan RIPT- ZnO serta variasi massa dan waktu *sampling* terhadap penyisihan Cr^{6+} menggunakan *fixed bed photocatalytic reactor* dengan sinar UV-C 15 watt. Metode yang digunakan meliputi imobilisasi TiO_2 dan ZnO pada resin Dowex kation dengan variasi massa resin dan waktu *sampling*. Parameter utama yang dianalisis adalah konsentrasi Cr^{6+} yang dilakukan pengujian sebelum dan setelah proses pengolahan menggunakan *fixed bed photocatalytic reactor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyisihan Cr^{6+} paling optimal terjadi pada massa 50 gram dan waktu *sampling* 180 menit, dengan persentase penyisihan sebesar 71,36% pada perlakuan RIPT- ZnO , 70,67% pada RIPT- TiO_2 , dan 67,66% pada resin (kontrol). Pada kondisi yang sama, persentase penyisihan kekeruhan mencapai 97,17% pada perlakuan RIPT- ZnO , 92,40% pada RIPT- TiO_2 , dan 43,84% pada resin (kontrol). Perbedaan efektivitas ini dipengaruhi oleh karakteristik fotokatalis, di mana ZnO memiliki kemampuan penyerapan UV yang lebih luas, nilai bandgap yang lebih besar yaitu 3,37 eV, serta stabilitas yang lebih baik dibandingkan TiO_2 . Penggunaan *fixed bed photocatalytic reactor* efektif dalam menurunkan konsentrasi Cr^{6+} dari limbah cair industri pelapisan logam dan dapat menjadi alternatif pengolahan limbah.

Kata Kunci: Fotokatalisis, Kromium Heksavalen, Resin Immobilized

ABSTRACT

The electroplating industry is one of the industrial sectors that produces liquid waste with hazardous heavy metal content, one of which is hexavalent chromium (Cr^{6+}). This compound is toxic, carcinogenic, and can pollute the environment if not handled properly. This study aims to analyze the effect of RIPT- TiO_2 and RIPT- ZnO as well as mass variation and sampling time on the removal of Cr^{6+} using a fixed bed photocatalytic reactor with 15 watts of UV-C light. The method used includes immobilization of TiO_2 and ZnO on Dowex cation resin with variations in resin mass and sampling time. The main parameter analyzed was the concentration of Cr^{6+} which was tested before and after the treatment process using a fixed bed photocatalytic reactor. The results showed that the most optimal Cr^{6+} removal occurred at a mass of 50 grams and a sampling time of 180 minutes, with a removal percentage of 71.36% in the RIPT- ZnO treatment, 70.67% in RIPT- TiO_2 , and 67.66% in the resin (control). Under the same conditions, the percentage of turbidity removal reached 97.17% in the RIPT- ZnO treatment, 92.40% in the RIPT- TiO_2 , and 43.84% in the resin (control). The difference in effectiveness is influenced by the characteristics of the photocatalyst, where ZnO has a wider UV absorption ability, a larger bandgap value of 3.37 eV, and better stability than TiO_2 . The use of a fixed bed photocatalytic reactor is effective in reducing the concentration of Cr^{6+} from electroplating industry wastewater and can be an alternative waste treatment.

Keywords: Photocatalysis, Hexavalent Chromium, Resin Immobilized