

**KAPASITAS DESAIN REAKTOR TERHADAP PENYISIHAN
KADAR Cr^{6+} INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGUNAKAN *RESIN IMMOBILIZED PHOTOCATALYST-
 TiO_2 PADA REAKTOR CONTINUE***

SKRIPSI



Oleh :

ARYA DARMAWAN
NPM 21034010114

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

**KAPASITAS DESAIN REAKTOR TERHADAP PENYISIHAN
KADAR Cr^{6+} INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGUNAKAN *RESIN IMMOBILIZED PHOTOCATALYST-
 TiO_2 PADA REAKTOR CONTINUE***

SKRIPSI



Oleh :

ARYA DARMAWAN

NPM 21034010114

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

2025

**KAPASITAS DESAIN REAKTOR TERHADAP PENYISIHAN
KADAR Cr^{6+} INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGUNAKAN *RESIN IMMOBILIZED PHOTOCATALYST-
 TiO_2 PADA REAKTOR CONTINUE***

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

ARYA DARMAWAN
NPM: 21034010114

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**KAPASITAS DESAIN REAKTOR TERHADAP PENYISIHAN
KADAR Cr^{6+} INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGUNAKAN *RESIN IMMOBILIZED PHOTOCATALYST-
 TiO_2 PADA REAKTOR CONTINUE***

Disusun Oleh:



Arya Darmawan
NPM. 21034010114

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing



Dr. Okik Hendriyanto C., ST., MT.
NIP./NPT. 19750717 202121 1 007

Mengetahui,

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



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

LEMBAR PENGESAHAN
KAPASITAS DESAIN REAKTOR TERHADAP PENYISIHAN
KADAR Cr^{6+} INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGUNAKAN *RESIN IMMOBILIZED PHOTOCATALYST-*
 TiO_2 PADA REAKTOR *CONTINUE*

Disusun Oleh:


Arya Darmawan
NPM. 21034010114

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

Menyetujui,

Pembimbing


Dr. Okik Hendriyanto C., ST., MT.
NIP./NPT. 19750717 202121 1 007

TIM PENGUJI

1. Ketua


Prof. Enis Nurul H., ST., MT., Ph.D
NIP./NPT. 19771023 202121 2 004

2. Anggota


Raden Kokoh Harvo Putro, ST., MT.
NIP./NPT. 19900905 201903 1 026

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

**KAPASITAS DESAIN REAKTOR TERHADAP PENYISIHAN
KADAR Cr^{6+} INDUSTRI PELAPISAN LOGAM
MENGUNAKAN *RESIN IMMOBILIZED PHOTOCATALYST-
 TiO_2 PADA REAKTOR CONTINUE***

Disusun Oleh:



Arya Darmawan
NPM. 21034010114

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal September 2025

TIM PENILAI

KETUA



Prof. Euis Nurul H., ST, MT, Ph.D
NIP./NPT. 19771023 202121 2 004

ANGGOTA



Raden Kokoh Haryo Putro, ST., MT.
NIP./NPT. 19900905 201903 1 026

SURAT PERNYATAAN ORISANILITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arya Darmawan
NPM : 21034010114
Fakultas : Teknik dan Sains
Program Studi : Teknik Lingkungan
Email : a.aryadarmawan@gmail.com
Judul Skripsi/ Tugas Akhir : Kapasitas Desain Reaktor terhadap Penyisihan Kadar Cr^{6+} Industri Pelapisan Logam Menggunakan *Resin Immobilized Photocatalyst-TiO₂* pada Reaktor *Continue*

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 di institusi 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 akhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui 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 apa pun, sesuai ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, September 2025



(Arya Darmawan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Kapasitas Desain Reaktor terhadap Penyisihan Kadar Cr^{6+} Industri Pelapisan Logam Menggunakan *Resin Immobilized Photocatalyst-TiO₂* Pada Reaktor *Continue*“ dengan baik.

Tugas Akhir merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh dalam kurikulum Program Studi Teknik Lingkungan dan bertujuan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Adapun penulisan Tugas Akhir ini juga bertujuan untuk menambah wawasan tentang teknologi fotokatalis dengan variasi debit aliran menggunakan media *resin immobilized photocatalyst-TiO₂* bagi para pembaca dan juga bagi penulis.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, ST., MT., selaku koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Dr. Okik Hendriyanto Cahyonugroho, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, saran, bantuan, dan pengarahan selama penyusunan Tugas Akhir.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan sebagian ilmunya selama perkuliahan.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan penulis.

Surabaya, 19 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.1.1 Limbah Pelapisan Logam	6
2.1.2 Kromium Heksavalen (Cr^{6+}).....	7
2.1.3 Kekeruhan.....	7
2.1.4 Suhu dan pH.....	8
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Resin Penukar Ion	9
2.2.2 Cara Kerja Resin Penukar Ion	12
2.2.3 Fotokatalis.....	13
2.2.4 Fotokatalis TiO_2	15

2.2.5	Mekanisme Kerja Fotokatalis TiO_2	18
2.2.6	Cara Kerja Sinar UV	19
2.2.7	<i>Resin Immobilized Photocatalyst</i> TiO_2	21
2.2.8	Mekanisme Kerja <i>Resin Immobilized Photocatalyst</i> TiO_2	23
2.2.9	Cara Kerja dan Fungsi Debit Aliran dalam Proses Fotokatalis <i>Continue</i>	24
2.3	Penelitian Terdahulu.....	25
BAB 3 METODE PENELITIAN		28
3.1	Kerangka Penelitian	28
3.2	Alat dan Bahan.....	30
3.2.1	Alat Penelitian.....	30
3.2.2	Bahan Penelitian	33
3.3	Variabel Penelitian	34
3.3.1	Variabel Tetap	34
3.3.2	Variabel Bebas	34
3.3.3	Variabel Terikat	34
3.4	Mekanisme Kerja	35
3.4.1	Skema Penelitian.....	35
3.4.2	Desain dan Pembuatan Reaktor	35
3.4.3	Tahap Imobilisasi TiO_2 Pada Resin	39
3.4.4	Penelitian Utama.....	39
3.4.5	Analisis Data.....	40
3.4.6	Analisis Hasil.....	42
3.5	Jadwal Kegiatan Penelitian	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		44

4.1 Karakteristik Limbah Pelapisan Logam.....	44
4.2 Kondisi Optimum Reaktor dan Pengaruh dalam Mendegradasi Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) Limbah Pelapisan Logam	45
4.2.1 Pengaruh Debit Aliran terhadap Persen Penyisihan Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) pada Reaktor Fotokatalis Secara <i>Continue</i>	47
4.2.2 Pengaruh Kekerusuhan terhadap Persen Penyisihan Cr^{6+} pada Reaktor Fotokatalis Secara <i>Continue</i>	51
4.2.3 Pengaruh pH terhadap Persen Penyisihan Cr^{6+} pada Reaktor Fotokatalis Secara <i>Continue</i>	53
4.2.4 Pengaruh Suhu terhadap Persen Penyisihan Cr^{6+} pada Reaktor Fotokatalis Secara <i>Continue</i>	56
4.3 Perbandingan Efektivitas RIPT-TiO ₂ dan Resin Kontrol dalam Menurunkan Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) Limbah Cair Industri Pelapisan Logam pada Reaktor Fotokatalis <i>Continue</i>	57
4.3.1 Perbandingan Efektivitas RIPT-TiO ₂ dan Resin Kontrol dalam Menyisihkan Kromium Heksavalen (Cr^{6+})	58
4.4 Uji Stastika ANOVA <i>One Way</i>	59
4.4.1 Uji Statistika ANOVA <i>One Way</i> Terhadap Persen Penyisihan Kromium Heksavalen (Cr^{6+})	59
4.4.2 Uji Statistika ANOVA <i>One Way</i> Terhadap Kekerusuhan	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN A HASIL ANALISIS/PENGUKURAN.....	73
A.1 Karakteristik Limbah Pelapisan Logam.....	73

A.2 Hasil Pengujian Persentase Penyisihan Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) Menggunakan RIPT-TiO ₂ dan Resin Kontrol	73
A.3 Hasil Pengujian Persentase Penyisihan Kekerusihan Menggunakan RIPT-TiO ₂ dan Resin Kontrol	74
A.4 Hasil Pengujian pH Menggunakan RIPT-TiO ₂ dan Resin Kontrol	76
A.5 Hasil Pengujian Suhu Menggunakan RIPT-TiO ₂ dan Resin Kontrol.....	77
LAMPIRAN B PERHITUNGAN DAN PROSEDUR KERJA.....	79
B.1 Perhitungan Reaktor	79
B.2 Perhitungan Tinggi Media pada <i>Glass Tube</i>	79
B.3 Perhitungan Persamaan Bernoulli	79
B.4 Perhitungan EBCT (<i>Empty Bed Contact Time</i>)	80
B.5 Prosedur Kerja Uji Cr^{6+} Menggunakan Spektrofotometri Menurut SNI.....	80
B.6 Perhitungan Konsentrasi Cr^{6+} Menurut SNI.....	82
LAMPIRAN C DOKUMENTASI	83
LAMPIRAN D DATA PENDUKUNG.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	25
Tabel 3. 1 Matriks Penelitian	40
Tabel 3. 2 Metode Analisis Data.....	42
Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan.....	43
Tabel 4. 1 Hasil Uji Karakteristik Limbah Pelapisan Logam.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk Struktur Resin Kation.....	10
Gambar 2. 2 Bentuk Struktur Resin Anion.....	10
Gambar 2. 3 Proses Fotokatalis	14
Gambar 2. 4 Kristal TiO ₂	17
Gambar 2. 5 Bentuk Struktur TiO ₂	18
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Skema Penelitian	35
Gambar 3. 3 Desain Reaktor Tipe Aliran Kontinyu (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping	36
Gambar 3. 4 Imobilisasi TiO ₂ dengan Resin	39
Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Debit (a) Debit 40 mL/menit (b) Debit 50 mL/menit (c) Debit 60 mL/menit (d) Debit 70 mL/menit terhadap Persen Penyisihan Cr ⁶⁺	47
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Kekerusuhan terhadap Persen Penyisihan Cr ⁶⁺	51
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Debit terhadap pH	53
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Debit terhadap Suhu	56
Gambar 4. 5 Perbandingan Efektivitas (a) RIPT-TiO ₂ dan (b) Resin dalam Menyisihkan Cr ⁶⁺ Limbah Cair Pelapisan Logam	58
Gambar C. 1 Pembuatan RIPT-TiO ₂	83
Gambar C. 2 Reaktor Fotokatalis Secara Continue.....	83

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kapasitas desain reaktor dalam penyisihan kadar Cr^{6+} dari limbah industri pelapisan logam menggunakan *resin immobilized photocatalyst-TiO₂* pada reaktor *continue*. Resin dengan TiO_2 yang terimmobilisasi dioptimalkan untuk meningkatkan efisiensi fotokatalis dalam menguraikan ion Cr^{6+} . Parameter desain reaktor seperti Cr^{6+} , kekeruhan, pH dan suhu dianalisis untuk menentukan kinerja optimum dalam menurunkan konsentrasi Cr^{6+} ke tingkat yang memenuhi standar lingkungan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa reaktor dengan debit aliran 60 mL/menit menggunakan RIPT- TiO_2 dapat menyisihkan hingga 72,98% kadar Cr^{6+} dalam waktu sampling 180 menit, sedangkan penggunaan resin kontrol hanya dapat mencapai 70,18%. RIPT- TiO_2 bekerja dengan prinsip fotokatalis, di mana TiO_2 yang diikat pada resin menghasilkan radikal bebas saat terekspos sinar UV, yang mereduksi Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} . Debit aliran berpengaruh terhadap penyisihan. Laju alir yang lambat memungkinkan waktu kontak yang lebih lama antara limbah dan resin, sehingga memaksimalkan proses pertukaran ion. Ketika kecepatan aliran terlalu rendah, distribusi partikel maupun aliran fluida cenderung tidak merata, sehingga menyebabkan sebagian area pada permukaan fotokatalis tidak menerima paparan cahaya dengan efektif dan merata.

Kata kunci: Cr^{6+} , *resin immobilized photocatalyst-TiO₂*, reaktor *continue*, pelapisan logam, penyisihan limbah

ABSTRACT

This research aims to study the design capacity of a reactor for the removal of Cr^{6+} from metal plating industrial waste using an resin immobilized photocatalyst- TiO_2 in a continuous reactor. The resin with immobilized TiO_2 was optimized to increase the photocatalyst's efficiency in degrading Cr^{6+} ions. Reactor design parameters such as Cr^{6+} , turbidity, pH, and temperature were analyzed to determine the optimum performance in reducing Cr^{6+} concentration to a level that meets environmental standards. The experimental results showed that the reactor with a flow rate of 60 mL/minute using RIPT- TiO_2 could remove up to 72.98% of the Cr^{6+} content within a sampling time of 180 minutes, while the use of a control resin could only achieve 70.18%. RIPT- TiO_2 works on the principle of a photocatalyst, where the TiO_2 bound to the resin generates free radicals when exposed to UV light, which reduces Cr^{6+} to Cr^{3+} . The flow rate influences the removal efficiency. A slow flow rate allows for a longer contact time between the waste and the resin, thereby maximizing the ion exchange process. However, when the flow rate is too low, the distribution of particles and fluid flow tends to be uneven, causing some areas on the photocatalyst's surface to not receive effective and even light exposure.

Keywords: Cr^{6+} , resin immobilized photocatalyst- TiO_2 resin, continuous reactor, metal plating, wastewater removal