

**ANALISIS EFEKTIVITAS ADSORPSI
KROMIUM LIMBAH CAIR LABORATORIUM
MENGUNAKAN ADSORBEN KOMERSIAL
DENGAN PENDEKATAN KINETIKA**

SKRIPSI



Oleh :

MUHAMMAD FAIRUZ AKMAL

NPM: 20034010050

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

2026

**ANALISIS EFEKTIVITAS ADSORPSI
KROMIUM LIMBAH CAIR LABORATORIUM
MENGUNAKAN ADSORBEN KOMERSIAL
DENGAN PENDEKATAN KINETIKA**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

MUHAMMAD FAIRUZ AKMAL

NPM: 20034010050

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

2026

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS EFEKTIVITAS ADSORPSI
KROMIUM LIMBAH CAIR LABORATORIUM
MENGUNAKAN ADSORBEN KOMERSIAL
DENGAN PENDEKATAN KINETIKA**

Disusun Oleh :



Muhammad Fairuz Akmal
NPM. 20034010050

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T.
NIP. 19900905 201903 1 026

Mengetahui,

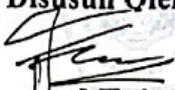
**Dekan Fakultas Teknik Dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



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

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS EFEKTIVITAS ADSORPSI
KROMIUM LIMBAH CAIR LABORATORIUM
MENGGUNAKAN ADSORBEN KOMERSIAL
DENGAN PENDEKATAN KINETIKA

Disusun Oleh :


Muhammad Fairuz Akmal
NPM. 20034010050

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

Menyetujui,

Dosen Pembimbing


Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T.
NIP. 19900905 201903 1 026

Tim Penguji

Ketua Penguji


S. Q. Zakiyayash Nisa', S.T., M.T.
NPT. 21219940930296

Anggota Penguji


Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.
NIP. 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 REVISI

**ANALISIS EFEKTIVITAS ADSORPSI
KROMIUM LIMBAH CAIR LABORATORIUM
MENGUNAKAN ADSORBEN KOMERSIAL
DENGAN PENDEKATAN KINETIKA**

Disusun Oleh :



Muhammad Fairuz Akmal
NPM. 20034010050

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 20 Februari 2026

TIM PENILAI

KETUA



S. Q. Zakiyayasin Nisa', S.T., M.T.
NPT. 21219940930296

ANGGOTA



Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.
NIP. 19620501 198803 1 001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Fairuz Akmal

NPM : 20034010050

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, 24 Februari 2026

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Fairuz Akmal
NPM. 20034010050

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia beserta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Efektivitas Adsorpsi Kromium Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Adsorben Komersial Menggunakan Pendekatan Kinetika” dengan baik dan tepat waktu. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih 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 Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Raden Kokoh Haryo Putro, ST. MT. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membantu, mengarahkan, dan membimbing sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. S. Q. Zakiyayasin Nisa, ST. MT. dan Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang memberi kritik dan saran pada laporan skripsi ini.
5. Dr. Okik Hendriyanto Cahyonugroho, ST. MT. selaku dosen wali selama perkuliahan yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama menempuh perkuliahan di Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur.
6. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan kasih sayang, nasihat, serta dukungan baik bentuk moril maupun materi, cinta, dan doa yang tiada hentinya memberikan semangat untuk menempuh pendidikan.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan 2020 UPN “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi berlangsung.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih dan mohon maaf atas kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis juga sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi memperbaiki penelitian dan ilmu pengetahuan yang lebih baik lagi.

Terimakasih.

Surabaya, Februari 2026

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
BAB I PENDAHULUAN	10
1.1 Latar Belakang	10
1.2 Rumusan Masalah.....	12
1.3 Tujuan Penelitian	12
1.4 Manfaat	12
1.5 Lingkup Penelitian.....	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Limbah Cair Laboratorium	14
2.2 Logam Berat Kromium.....	15
2.3 Adsorpsi	17
2.4 Adsorben	20
2.4.1 Zeolit Sebagai Adsorben	21
2.4.2 Silika Sebagai Adsorben.....	22
2.4.3 <i>Clay Ceramics</i>	23
2.5 Proses Aktivasi.....	24
2.6 Kinetika Adsorpsi.....	24
2.7 Penelitian Terdahulu	27
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Kerangka Penelitian	33
3.2 Alat dan Bahan.....	35
3.2.1 Alat yang digunakan.....	35
3.2.2 Bahan yang digunakan	36
3.3 Cara Kerja.....	37
3.3.1 Pengambilan Air Limbah dan Uji Awal Limbah Cair Laboratorium	37
3.3.2 Preparasi Adsorben.....	37

3.3.3 Proses Penelitian	38
3.4 Variabel Penelitian	40
3.4.1 Variabel Tetap.....	40
3.4.2 Variabel Bebas.....	40
3.4.3 Variabel Terikat	40
3.5 Matriks Penelitian.....	40
3.6 Analisis Data Penelitian	41
3.7 Jadwal Kegiatan	44
3.8 Rencana Anggaran Biaya Penelitian.....	45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Cr(VI).....	46
4.2 Efisiensi Penyisihan	48
4.3 Penentuan Model Kinetika.....	51
4.4 Mekanisme Adsorpsi.....	53
4.4.1 Analisis Gugus Fungsi.....	53
4.4.2 Perhitungan Energi Bebas Gibss (ΔG^0).....	55
4.5 Analisis Regresi Linier Ganda (RLM) Pengaruh Waktu Kontak dan Jenis Adsorben.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 PP No. 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air Nasional	15
Tabel 2.2 Permen LHK No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah	15
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu.....	27
Tabel 3.1 Alat Yang Digunakan	35
Tabel 3.2 Bahan Yang Digunakan.....	36
Tabel 3.3 Matriks Penelitian	40
Tabel 3.4 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	44
Tabel 3.5 RAB Penelitian.....	45
Tabel 4.1 Tabel Hasil Uji Awal	48
Tabel 4.2 Hasil Penelitian Adsorpsi Cr(VI) Limbah Cair Laboratorium	49
Tabel 4.3 Hasil Plot Model Kinetika Tiap Jenis Adsorben	51
Tabel 4.4 Orde Reaksi dan Laju Pengurangan Konsentrasi.....	52
Tabel 4.5 Perhitungan Energi Gibbs	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kristal dan Kubus Kromium (Wikipedia)	16
Gambar 2.2 Struktur Pottasium chromate (Google Image)	16
Gambar 2.3 Zeolit (Google Image).....	21
Gambar 2.4 Pasir Silika (Google Image)	22
Gambar 2.5 Bentonite Clay Adsorbent (reserachgate.net).....	23
Gambar 3.1 Diagram Kerangka Penelitian	34
Gambar 3.2 Ilustrasi Sistem Batch.....	39
Gambar 4.1 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Cr(VI).....	46
Gambar 4.2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap %Removal Cr(VI)	49
Gambar 4.3 Hasil Adsorpsi Setelah 75 Menit.....	50
Gambar 4.4 Spektra FTIR Zeolit	53
Gambar 4.5 Spektra FTIR Silika.....	54
Gambar 4.6 Spektra FTIR Clay Ceramics	54

ABSTRAK

Laboratorium merupakan salah satu sumber utama limbah cair bahan berbahaya dan beracun (B3) yang umumnya mengandung residu kimia seperti kromium, sedangkan pencemaran Hexavalent Chromium (Cr(VI)) menimbulkan risiko lingkungan yang serius karena sifatnya yang toksik dan karsinogenik. Penelitian ini mengevaluasi efektivitas adsorpsi Cr(VI) menggunakan tiga adsorben berbasis alami Zeolit, Silika, dan *Clay Ceramics* yang diaktivasi dengan asam klorida (HCl), dengan percobaan dilakukan menggunakan sistem batch pada pH 5 dengan variasi waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Zeolit mencapai efisiensi removal tertinggi sebesar 56,28%, diikuti oleh Silika sebesar 54,98% dan *Clay Ceramics* sebesar 53,03%, dengan waktu kontak optimum 75 menit. Analisis kinetika menunjukkan bahwa proses adsorpsi pada seluruh adsorben mengikuti model Pseudo-Second-Order (PSO), yang mengindikasikan bahwa laju reaksi dikendalikan oleh ketersediaan situs aktif pada permukaan, sementara nilai energi bebas Gibbs masing-masing sebesar $-16,18$ kJ/mol untuk Zeolit, $-16,16$ kJ/mol untuk Silika, dan $-15,85$ kJ/mol untuk *Clay Ceramics*. Temuan ini juga didukung oleh pergeseran kecil bilangan gelombang FTIR (dari 1084 menjadi 1052 cm^{-1} pada Zeolit), sehingga dapat disimpulkan bahwa mekanisme adsorpsi didominasi oleh fisisorpsi melalui interaksi elektrostatik dan pertukaran ion antara permukaan adsorben yang terprotonasi dan anion kromat, tanpa pembentukan ikatan kovalen permanen.

Kata Kunci: Adsorpsi, Kromium(VI), Zeolit, Silika, *Clay Ceramics*, Kinetika, Fisisorpsi.

ABSTRACT

Laboratories are important contributors to hazardous and toxic (B3) liquid waste, often containing chemical residues such as chromium, while Hexavalent Chromium (Cr(VI)) contamination poses a significant environmental risk because of its toxic and carcinogenic characteristics. This study evaluated the effectiveness of Cr(VI) adsorption using three natural-based adsorbents: Zeolite, Silica, and Clay Ceramics activated with hydrochloric acid (HCl), with experiments carried out in a batch system at pH 5 under varying contact times. The results demonstrated that Zeolite achieved the highest removal efficiency at 56.28%, followed by Silica at 54.98% and Clay Ceramics at 53.03%, with an optimum contact time of 75 minutes. Kinetic analysis showed that adsorption for all adsorbents followed the Pseudo-Second-Order (PSO) model, indicating that the rate was controlled by the availability of active surface sites, while Gibbs free energy values were calculated at -16.18 kJ/mol for Zeolite, -16.16 kJ/mol for Silica, and -15.85 kJ/mol for Clay Ceramics. These findings were further supported by slight shifts in FTIR wavenumbers (from 1084 to 1052 cm^{-1} for Zeolite), leading to the conclusion that the adsorption mechanism was dominated by physisorption through electrostatic interactions and ion exchange between the protonated adsorbent surface and chromate anions, without the formation of permanent covalent bonds

Keywords: *Adsorption, Chromium(VI), Zeolite, Silica, Clay Ceramics, Kinetics, Physisorption.*