

**PERBANDINGAN KEMAMPUAN MEDIA KOMBINASI
BIOCHAR, SILIKA DAN ZEOLIT SEBAGAI ADSORBEN
DALAM *FLUIDIZED BED REACTOR* UNTUK PENGOLAHAN
LIMBAH ELEKTROPLATING**

SKRIPSI



Oleh :

ARIF BIMO WICAKSONO

NPM: 21034010065

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

**PERBANDINGAN KEMAMPUAN MEDIA KOMBINASI
BIOCHAR, SILIKA DAN ZEOLIT SEBAGAI ADSORBEN
DALAM FLUIDIZED BED REACTOR UNTUK PENGOLAHAN
LIMBAH ELEKTROPLATING**

SKRIPSI



Oleh :

ARIF BIMO WICAKSONO

NPM: 21034010065

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

2025

**PERBANDINGAN KEMAMPUAN MEDIA KOMBINASI
BIOCHAR, SILIKA DAN ZEOLIT SEBAGAI ADSORBEN
DALAM FLUIDIZED BED REACTOR UNTUK PENGOLAHAN
LIMBAH ELEKTROPLATING**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh

ARIF BIMO WICAKSONO

NPM: 21034010065

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

PERBANDINGAN KEMAMPUAN MEDIA KOMBINASI BIOCHAR, SILIKA DAN ZEOLIT SEBAGAI ADSORPEN DALAM FLUIDIZED BED REACTOR UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH ELEKTROPLATING

Disusun Oleh:

Arif Bimo Wicaksono
NPM: 21034010065

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

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

Praditya S. Ardisty, S., S.T., M.T.
NIP./NPT. 19901001 202406 2001

Mengetahui,

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN KEMAMPUAN MEDIA KOMBINASI
BIOCHAR, SILIKA DAN ZEOLIT SEBAGAI ADSORBEN
DALAM *FLUIDIZED BED REACTOR* UNTUK PENGOLAHAN
LIMBAH ELEKTROPLATING

Disusun Oleh:

Arif Bimo Wicaksono
NPM: 21034010065

Telah Diuji Kebenaran Oleh Tim Penguji dan Diterbitkan Pada Jurnal Ilmu
Alam dan Lingkungan (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

TIM PENGUJI

Pembimbing 1

1. Ketua

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

Restu Hikmah Ayu Murti, S.St., MSc.
NIP./NPT. 19930416 202506 2005

Pembimbing 2

2. Anggota

Praditya S. Ardisty, S., S.T., M.T.
NIP./NPT. 19901001 202406 2001

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arif Bimo Wicaksono
NPM : 21034010065
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 ditemuan 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, 27 November 2025

Yang Membuat Pernyataan


Arif Bimo Wicaksono
NPM. 21034010065

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menulis tugas akhir skripsi dengan judul **"PERBANDINGAN KEMAMPUAN MEDIA KOMBINASI *BIOCHAR*, SILIKA DAN ZEOLIT SEBAGAI ADSORBEN DALAM *FLUIDIZED BED REACTOR* UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH ELEKTROPLATING"**. Skripsi ini dapat tersusun atas dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih 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 Progdi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. Aussie Amalia, ST., MSc. dan Praditya Sigit Ardisty Sitogasa, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bantuan serta bimbingan juga kritik maupun saran dalam penyusunan skripsi.
4. Orang tua dan keluarga yang selalu memberi dukungan berupa moril dan kasing sayang yang tidak terhingga.
5. Khalisa Zahrani Azola, untuk segala kesabaran dan kasih sayang yang menjadi pemicu semangat dalam mengerjakan tugas akhir.
7. Seluruh angkatan 21, teman-teman kos selekor yang ikut berpartisipasi, membantu dalam mengerjakan tugas akhir.
8. Teman-teman Santiago yang bersedia menjadi pelepas penat dengan bertukar keluh kesah dan cerita kehidupan perkuliahan .

Penulis telah berusaha memberikan yang terbaik dalam penyusunan skripsi ini namun apabila terdapat kesalahan, penulis berharap hal ini dapat menjadi perbaikan di masa datang. Program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 27 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRAC</i>	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Air Limbah.....	4
2.2 Karakteristik Limbah Elektroplating.....	4
2.2.1 Standar Baku Mutu Limbah Elektroplating.....	5
2.2.2 Teknologi Pengolahan Limbah Elektroplating.....	6
2.2.3 Timbal (Pb).....	7
2.2.4 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	8
2.2.5 Nikel (Ni).....	9
2.3 Media Adsorben	10
2.3.1 <i>Biochar</i>	11
2.3.2 Silika	12
2.3.3 Zeolit.....	13
2.4 <i>Fluidized Bed</i> Reactor	15
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi Fluidasi.....	19
2.6 Jenis Fluidasi	20
2.7 Penelitian Terdahulu	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	25

3.1 Kerangka Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	26
3.2.1 Alat Penelitian.....	26
3.2.2 Bahan Penelitian	26
3.3 Variabel Penelitian	26
3.3.1 Variabel Tetap.....	26
3.3.2 Variabel Bebas	26
3.3.3 Variabel Terikat	27
3.4 Mekanisme Kerja	27
3.4.1 Pembuatan Reaktor <i>Fluidized Bed</i>	27
3.4.2 Prosedur Kerja	28
3.4.3 Matriks Penelitian	30
3.4.4 Analisis Data dan Hasil.....	31
3.4 Tahap Analisis Data	31
3.5 Tahapan Uji Statistik <i>Two-Way</i> ANOVA	31
3.5.1 Analisis Pengaruh Jenis Media Terhadap Penyisihan	32
3.5.2 Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Penyisihan	32
3.5.3 Analisis Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Karakteristik Awal Limbah Elektroplating	34
4.2 Pengaruh Jenis Adsorben Terhadap Penyisihan Kadar Kontaminan	35
4.2.1 Pengaruh Variasi Jenis Adsorben Terhadap Penyisihan Pb	36
4.2.2 Pengaruh Variasi Jenis Adsorben Terhadap Penyisihan Nikel.....	41
4.2.3 Pengaruh Variasi Jenis Adsorben Terhadap Penyisihan TSS.....	46
4.3 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Terhadap Penyisihan Kontaminan	51
4.3.1 Pengaruh Kecepatan Pompa Terhadap Parameter Pb.....	52
4.3.2 Pengaruh Kecepatan Pompa Terhadap Parameter Ni	57
4.3.3 Pengaruh Kecepatan Pompa Terhadap Parameter TSS	62
4.4 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Kadar Kontaminan	67
4.4.1 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Parameter Pb	67
4.4.2 Pengaruh waktu kontak terhadap parameter Ni	71

4.4.3 Pengaruh waktu kontak terhadap parameter TSS	74
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar Baku Mutu Air Limbah tulis semua.....	6
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu.....	22
Tabel 3. 1 Matrik Penelitian	30
Tabel 3. 2 Metode Analisis Data	31
Tabel 4. 1 Hasil Uji Awal Parameter Pencemar Dalam Air Limbah Elektroplating	35
Tabel 4. 2 Pengaruh Variasi Jenis Media Terhadap Penyisihan Kadar Pb	36
Tabel 4. 3 Pengaruh Variasi Jenis Media Terhadap Penyisihan Kadar Ni.....	42
Tabel 4. 4 Pengaruh Variasi Jenis Media Terhadap Penyisihan Kadar TSS.....	47
Tabel 4. 5 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Terhadap Penyisihan Pb.....	52
Tabel 4. 6 Pengaruh Kecepatan Pompa Terhadap Penyisihan Ni	57
Tabel 4. 7 Pengaruh Kecepatan Pompa Terhadap Penyisihan TSS	63
Tabel 4. 8 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Pb	68
Tabel 4. 9 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Ni.....	71
Tabel 4. 10 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan TSS.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Elektroplating	5
Gambar 2. 2 <i>Biochar</i> Sekam Padi	11
Gambar 2. 3 Pasir Silika	12
Gambar 2. 4 Zeolit Alam	13
Gambar 2. 5 <i>Fixed Bed</i>	16
Gambar 2. 6 Media Terfluidasi	16
Gambar 2. 7 Fenomena <i>Smooth Or Homogenously Fluidization</i>	17
Gambar 2. 8 Fenomena <i>Bubbling Fluidization</i>	17
Gambar 2. 9 Fenomena <i>Slugging Fluidization</i>	17
Gambar 2. 10 Tipe <i>Fluidized Bed</i>	21
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	25
Gambar 3.2 <i>Fluidized Bed Reactor</i>	28
Gambar 4. 1 Pengaruh Variasi Jenis Adsorben Terhadap Parameter Pb dengan Kecepatan Aliran 0,0005 m ³ /s	38
Gambar 4. 2 Pengaruh Variasi Jenis Adsorben Terhadap Parameter Pb dengan Kecepatan Aliran 0,0008 m ³ /s	40
Gambar 4. 3 Pengaruh Variasi Jenis Adsorben Terhadap Parameter Ni dengan Kecepatan Aliran 0,0005 m ³ /s	43
Gambar 4. 4 Pengaruh Variasi Jenis Adsorben Terhadap Parameter Ni dengan Kecepatan Aliran 0,0005 m ³ /s	45
Gambar 4. 5 Pengaruh Variasi Jenis Adsorben Terhadap Parameter TSS dengan Kecepatan Aliran 0,0005 m ³ /s	48
Gambar 4. 6 Pengaruh Variasi Jenis Adsorben Terhadap Parameter TSS dengan Kecepatan Aliran 0,0008 m ³ /s	50
Gambar 4. 7 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Pada Parameter Pb di Media Zeolit	54
Gambar 4. 8 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Pada Parameter Pb di Media Zeolit+Biochar	54
Gambar 4. 9 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Pada Parameter Pb di Media Zeolit+Silika	55

Gambar 4. 10 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Pada Parameter Ni di Media Zeolit	59
Gambar 4. 11 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Pada Parameter Ni di Media Zeolit+Biochar	60
Gambar 4. 12 Pengaruh Kecepatan Aliran Pada Parameter Ni di Media Zeolit+Silika.....	60
Gambar 4. 13 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Pada Parameter TSS di Media Zeolit	64
Gambar 4. 14 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Pada Parameter TSS di Media Zeolit+Biochar	65
Gambar 4. 15 Pengaruh Kecepatan Aliran Pompa Pada Parameter TSS di Media Zeolit+Silika.....	66
Gambar 4. 16 Hubungan Waktu Kontak dan Kombinasi Media dengan Menggunakan Kecepatan Aliran 0,0005 m ³ /s Dalam Penyisihan Pb.	69
Gambar 4. 17 Hubungan Waktu Kontak dan Kombinasi Media dengan Menggunakan Kecepatan Aliran 0,0008 m ³ /s Dalam Penyisihan Pb.	70
Gambar 4. 18 Hubungan Waktu Kontak dan Kombinasi Media dengan Menggunakan Kecepatan Aliran 0,0005 m ³ /s Dalam Penyisihan Ni.	73
Gambar 4. 19 Hubungan Waktu Kontak dan Kombinasi Media dengan Menggunakan Kecepatan Aliran 0,0008 m ³ /s Dalam Penyisihan Nikel.....	74
Gambar 4. 20 Hubungan Waktu Kontak dan Kombinasi Media dengan Menggunakan Kecepatan Aliran 0,0005 m ³ /s Dalam Penyisihan TSS.....	76
Gambar 4. 21 Hubungan Waktu Kontak dan Kombinasi Media dengan Menggunakan Kecepatan Aliran 0,0008 m ³ /s Dalam Penyisihan TSS.....	77

ABSTRAK

Limbah elektroplating mengandung logam berat berbahaya seperti timbal (Pb) dan nikel (Ni), *Total Suspended Solid* (TSS) yang dapat mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi kombinasi media adsorben (zeolit, zeolit+*biochar*, dan zeolit+silika), kecepatan aliran ($0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $0,0008 \text{ m}^3/\text{s}$), serta waktu kontak (30, 60, dan 90 menit) terhadap efisiensi penyisihan Pb, Ni, dan TSS menggunakan *Fluidized Bed Reactor* (FBR). Reaktor berbahan akrilik dioperasikan dengan massa media 200 gram pada kondisi batch dan sampel limbah diambil dari industri elektroplating di Gresik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan waktu kontak berbanding lurus dengan efisiensi penyisihan, dengan performa tertinggi pada menit ke-90 untuk logam Pb dan Ni, sedangkan TSS optimum pada menit ke-60. Variasi media menunjukkan perbedaan signifikan: zeolit tunggal paling efektif dalam menurunkan Ni (hingga 90,5%), kombinasi zeolit+silika unggul dalam penyisihan Pb (hingga 99%), sedangkan kombinasi zeolit+*biochar* lebih dominan dalam penurunan TSS pada laju aliran rendah. Kecepatan aliran juga berpengaruh, di mana $0,0008 \text{ m}^3/\text{s}$ meningkatkan distribusi fluida dan kontak adsorben, terutama untuk logam berat. Secara keseluruhan, kombinasi media dalam FBR terbukti efektif dan ramah lingkungan, serta berpotensi diaplikasikan sebagai teknologi alternatif pengolahan limbah elektroplating di Indonesia.

Kata kunci: *Fluidized Bed Reactor*, Adsorben, Timbal (Pb), Nikel (Ni), TSS

ABSTRACT

Electroplating waste contains hazardous heavy metals such as lead (Pb) and nickel (Ni), as well as suspended solids (TSS) that can pollute the environment. This study aims to analyze the effect of variations in the combination of adsorbent media (zeolite, zeolite + biochar, and zeolite + silica), flow rate (33 L/min and 55 L/min), and contact time (30, 60, and 90 min) on the removal efficiency of Pb, Ni, and TSS using a Fluidized Bed Reactor (FBR). The acrylic reactor was operated with a media mass of 200 grams under batch conditions, and waste samples were taken from an electroplating industry in Gresik. The results showed that an increase in contact time was directly proportional to removal efficiency, with the highest performance at 90 minutes for Pb and Ni metals, while TSS was optimal at 60 minutes. Media variations showed significant differences: pure zeolite was most effective in reducing Ni (up to 90.5%), the zeolite+silica combination excelled in Pb removal (up to 99%), while the zeolite+biochar combination was more dominant in reducing TSS at low flow rates. Flow rate also had an effect, with 55 L/min increasing fluid distribution and adsorbent contact, especially for heavy metals. Overall, the combination of media in the FBR proved to be effective and environmentally friendly, and has the potential to be applied as an alternative technology for electroplating waste treatment in Indonesia.

Keywords: Fluidized Bed Reactor, Adsorben, Lead (Pb), Nickel (Ni), TSS