

**EFISIENSI FLY ASH DAN TONGKOL JAGUNG
SEBAGAI ADSORBEN ALTERNATIF
UNTUK MENURUNKAN Fe^{2+} DAN Mn^{2+} PADA AIR TANAH**

SKRIPSI



Oleh :

LUCIA ADELINA DEVITASARI

NPM 21034010024

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

2025

**EFISIENSI FLY ASH DAN TONGKOL JAGUNG
SEBAGAI ADSORBEN ALTERNATIF
UNTUK MENURUNKAN Fe^{2+} DAN Mn^{2+} PADA AIR TANAH**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh

LUCIA ADELINA DEVITASARI

NPM 21034010024

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

EFISIENSI FLY ASH DAN TONGKOL JAGUNG SEBAGAI ADSORBEN ALTERNATIF UNTUK MENURUNKAN Fe^{3+} DAN Mn^{2+} PADA AIR TANAH

Disusun Oleh:



Lucia Adelina Devitasari

NPM. 21034010024

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing



Mohamad Mirwan, S.T., M.T.

NIP. 19760212 202121 1 004

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

EFISIENSI *FLY ASH* DAN TONGKOL JAGUNG SEBAGAI ADSORBEN ALTERNATIF UNTUK MENURUNKAN Fe^{2+} DAN Mn^{2+} PADA AIR TANAH

Disusun Oleh:


Lucia Adelina Devitasari

NPM. 21034010024

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada *Jurnal Asian
Journal of Community Development and Empowerment (AJARCDE)*
(Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

TIM PENGUJI

1. Ketua

Pembimbing


Mohamad Mirwan, S.T., M.T.
NIP. 19760212 202121 1 004


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

2. Anggota


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. Jarivah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

**EFISIENSI *FLY ASH* DAN TONGKOL JAGUNG
SEBAGAI ADSORBEN ALTERNATIF
UNTUK MENURUNKAN Fe^{2+} DAN Mn^{2+} PADA AIR TANAH**

Disusun Oleh:



Lucia Adelina Devitasari

NPM. 21034010024

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 1 Desember 2025

TIM PENILAI

KETUA



Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.

NIP. 19620501 198803 1 001

ANGGOTA



Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T.

NIP. 19900905 201903 1 026

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lucia Adelina Devitasari
NPM : 21034010024
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 di kemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Disertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

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

Surabaya, ~~28~~ November 2025

Yang Membuat Pernyataan



Lucia Adelina Devitasari
NPM. 21034010024

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan kesempatan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Efisiensi *Fly Ash* dan Tongkol Jagung sebagai Adsorben Alternatif untuk Menurunkan Fe^{2+} dan Mn^{2+} pada Air Tanah". Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan Fe^{2+} dan Mn^{2+} pada air tanah melalui proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben alternatif *fly ash* dan tongkol jagung. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat berperan dalam pengembangan pengolahan air yang ramah lingkungan, serta menjadi bahan acuan bagi penelitian yang sejenis di masa yang akan datang.

Tersusunnya skripsi ini tentu tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. Bapak Mohamad Mirwan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan segala masukan, arahan, serta dorongan selama proses penelitian ini
4. Bapak Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T., dan Bapak Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T., selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan kritik, saran, serta masukan pada penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan UPN "Veteran" Jawa Timur yang telah membagikan ilmu pengetahuan dan wawasan lainnya selama masa perkuliahan.

6. Orang Tua dan keluarga penulis tercinta yang telah memberikan dukungan moral, material, dan doa yang terus tanpa henti sehingga penulis memiliki kekuatan dan semangat untuk menyelesaikan studi ini. Serta, kerja keras dan kesabaran orang tua penulis telah membawa penulis mencapai titik ini.
7. Seseorang spesial yang menemani penulis sejak tahun 2018 hingga saat ini, senantiasa memberikan dukungan sepanjang proses ini tanpa henti, perhatian, dan doa selama penulis menyelesaikan skripsi ini. Serta, selalu memberikan penulis semangat dan motivasi ketika saya sedang berada di bawah roda kehidupan.
8. Teman-teman angkatan 21, khususnya NPM 023, 015, 039, 145, 090, dan 025 yang selalu mendukung setiap saat, menjadi tempat menumpahkan keluh kesah ataupun kebingungan dalam akademik dan juga selama proses skripsi. Selalu mengelilingi penulis dalam keadaan susah ataupun senang, serta membagikan keceriaan dan kebahagiaan hingga menyelesaikan perkuliahan ini sampai dengan sarjana.
9. Diri sendiri yang telah berjuang hingga tahap ini. Terima kasih sudah bertahan meski lelah, tetap berjalan diatas keraguan, dan selalu percaya bahwa setiap usaha tidak akan mengkhianati hasil. Untuk semua keringat, air mata, doa, dan semangat yang terus mengalir, skripsi ini adalah bukti keberhasilan yang patut dibanggakan.
10. Segenap pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namun telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan karya ilmiah ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga pembacanya.

Surabaya, 21 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Lingkup Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.1.1 Air tanah.....	5
2.1.2 Standar Baku Mutu.....	6
2.1.3 Logam besi	7
2.1.4 Logam Mangan	7
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Adsorpsi	8
2.2.2 Adsorben	10
2.2.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi.....	14
2.2.4 Model Kinetika Adsorpsi	16
2.2.5 <i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy</i> (FTIR).....	19
2.2.6 <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS).....	19
2.3 Penelitian Terdahulu.....	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Kerangka Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan.....	27

3.2.1	Alat.....	27
3.2.2	Bahan.....	27
3.2.3	Pembuatan Reaktor	27
3.3	Variabel Penelitian	29
3.3.1	Variabel Tetap.....	29
3.3.2	Variabel Bebas.....	29
3.3.3	Variabel Terikat	29
3.4	Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1	Penelitian pendahuluan	30
3.4.2	Pembuatan Karbon Aktif Tongkol Jagung	30
3.4.3	Pembuatan Karbon Aktif <i>Fly Ash</i>	31
3.4.3	Analisis Karakteristik Karbon Aktif.....	31
3.4.4	Tahap Utama Proses Adsorpsi.....	33
3.5	Analisis Hasil	33
3.5.1	Analisis Efisiensi Penurunan Kadar Fe^{2+} dan Mn^{2+}	33
3.5.2	Pengaruh Tinggi Adsorben dan Waktu Sampling terhadap Adsorpsi Fe^{2+} dan Mn^{2+}	34
3.5.3	Analisis Gugus Fungsi pada Adsorben <i>Fly Ash</i> dan Tongkol Jagung	35
3.5.4	Analisis Pemodelan Isoterm Adsorpsi	35
3.6	Matrik penelitian	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Karakteristik Air Tanah	38
4.2	Karakteristik Adsorben.....	39
4.3	Efisiensi Adsorben Alternatif <i>Fly Ash</i> dan Tongkol Jagung.....	41
4.4	Pengaruh Tinggi Adsorben dan Waktu Sampling terhadap Proses Adsorpsi.....	47
4.4.1	Pengaruh Tinggi Adsorben dan Waktu Sampling terhadap Penurunan Konsentrasi Fe^{2+} dan Mn^{2+}	48
4.4.2	Pengaruh Tinggi Adsorben dan Waktu Sampling terhadap Kapasitas Adsorpsi Fe^{2+} dan Mn^{2+}	53
4.4.3	Uji Statistika Pengaruh Tinggi Adsorben dan Waktu Sampling.....	61

4.5	Perubahan Gugus fungsi Aktif Adsorben Alternatif <i>Fly Ash</i> dan Tongkol Jagung setelah Proses Adsorpsi.....	62
4.5.1	Perubahan Gugus fungsi Aktif Adsorben Alternatif <i>Fly Ash</i> setelah Proses Adsorpsi.....	62
4.5.2	Perubahan Gugus fungsi Aktif Adsorben Alternatif Tongkol Jagung setelah Proses Adsorpsi.....	65
4.6	Model Kinetika Adsorpsi	67
4.6.1	Model Kinetika Thomas.....	68
4.6.2	Model Kinetika Yoon-Nelson.....	74
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1	Kesimpulan	81
5.2	Saran.....	82
	DAFTAR PUSTAKA.....	84
	LAMPIRAN A HASIL ANALISIS	95
	LAMPIRAN B PERHITUNGAN	121
	LAMPIRAN C DOKUMENTASI	128
	LAMPIRAN D DATA PENDUKUNG.....	130

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Adsorpsi.....	9
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3. 2 Desain Reaktor Sistem Adsorpsi Kontinyu	28
Gambar 4. 1 Grafik Penurunan Fe^{2+} dengan Adsorben <i>Fly Ash</i>	48
Gambar 4. 2 Grafik Penurunan Mn^{2+} dengan Adsorben <i>Fly Ash</i>	49
Gambar 4. 3 Grafik Penurunan Fe^{2+} dengan Adsorben Tongkol Jagung.....	49
Gambar 4. 4 Grafik Penurunan Mn^{2+} dengan Adsorben Tongkol Jagung	50
Gambar 4. 5 Kapasitas Adsorpsi terhadap tinggi Adsorben	58
Gambar 4. 6 FTIR Adsorben Alternatif Fly Ash	63
Gambar 4. 7 FTIR Adsorben alternatif Tongkol Jagung	65
Gambar 4. 8 Kapasitas Adsorpsi dalam Model Thomas.....	70
Gambar 4. 9 Laju Kinetika Thomas	70
Gambar 4. 10 Laju Kinetika Yoon-Nelson	76
Gambar 4. 11 Nilai τ Model Kinetika Yoon-Nelson.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar Baku Mutu Air Minum	6
Tabel 2. 2 Standar Mutu Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995	10
Tabel 2. 3 Komposisi Kimia Fly Ash dan Klasifikasinya.....	12
Tabel 2. 4 Komposisi Oksida dan Unsur dari Abu Tongkol Jagung.....	14
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu	20
Tabel 3. 1 Desain Reaktor Adsorpsi	28
Tabel 3. 2 Hasil Penelitian Parameter Awal.....	30
Tabel 3. 3 Matrik Penelitian Adsorpsi	36
Tabel 4. 1 Karakteristik Air Tanah.....	38
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Karakterisasi Adsorben	40
Tabel 4. 3 Penurunan Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan Adsorben Alternatif Fly Ash	41
Tabel 4. 4 Penurunan Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan Adsorben Alternatif Tongkol Jagung	43
Tabel 4. 5 Kapasitas Adsorpsi Fe^{2+} pada Adsorben Fly Ash	54
Tabel 4. 6 Kapasitas Adsorpsi Mn^{2+} pada Adsorben Fly Ash.....	55
Tabel 4. 7 Kapasitas Adsorpsi Fe^{2+} pada Adsorben Tongkol Jagung	56
Tabel 4. 8 Kapasitas Adsorpsi Mn^{2+} pada Adsorben Tongkol Jagung.....	57
Tabel 4. 9 Kapasitas Adsorpsi Fe^{2+} dan Mn^{2+}	67
Tabel 4. 10 Perhitungan Model Kinetika Thomas	69
Tabel 4. 11 Perhitungan Model Kinetika Yoon-Nelson	75

ABSTRAK

Penurunan kualitas air tanah di wilayah padat penduduk dan industri disebabkan oleh tingginya kandungan Fe^{2+} dan Mn^{2+} yang berdampak pada kesehatan. Metode adsorpsi dipilih karena sederhana dan efisien, menggunakan limbah fly ash dan tongkol jagung sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan menganalisis efisiensi penyisihan logam, karakteristik gugus aktif, serta laju kinetika adsorpsi berdasarkan model Thomas dan Yoon–Nelson. Proses adsorpsi dilakukan secara kontinyu dengan variasi tinggi adsorben dan waktu sampling menggunakan adsorben teraktivasi H_3PO_4 40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi optimum, *fly ash* mampu menurunkan kadar Fe^{2+} sebesar 99,7% dari 1,305 mg/L menjadi 0,004 mg/L dan menurunkan kadar Mn^{2+} sebesar 89,2% dari 2,96 mg/L menjadi 0,321 mg/L. Sementara itu, tongkol jagung menurunkan kadar Fe^{2+} sebesar 99,2% hingga mencapai 0,01 mg/L dan menurunkan kadar Mn^{2+} sebesar 87,7% hingga mencapai 0,364 mg/L. Peningkatan tinggi adsorben hingga 40 cm memperbesar efisiensi penyisihan akibat bertambahnya situs aktif dan luas permukaan. Fly ash mencapai kondisi jenuh pada menit ke-105, sedangkan tongkol jagung pada menit ke-90. Analisis FTIR menunjukkan keterlibatan gugus $-\text{OH}$, $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$, $\text{C}=\text{O}$, dan COO^- dalam proses adsorpsi. Model kinetika Thomas dan Yoon–Nelson mengindikasikan peningkatan laju adsorpsi dengan bertambahnya tinggi kolom, dengan konstanta K_T dan K_{YN} tertinggi masing-masing sebesar 0,318 ml/mg·menit dan 0,041 menit⁻¹ pada penurunan ion logam Fe^{2+} . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kedua jenis adsorben efisien dalam menurunkan konsentrasi Fe^{2+} dan Mn^{2+} pada sistem adsorpsi kontinyu.

Kata kunci: Air Tanah, Adsorpsi, Adsorben Alternatif, *Fly Ash*, Tongkol Jagung, Fe^{2+} , Mn^{2+}

ABSTRACT

The decline in groundwater quality in densely populated and industrial areas is caused by elevated concentrations of Fe^{2+} and Mn^{2+} , which pose potential health risks. Adsorption was selected as a simple and efficient treatment method, utilizing fly ash and corncob waste as adsorbents. This study aims to analyze metal removal efficiency, characterize active functional groups, and evaluate adsorption kinetics based on the Thomas and Yoon–Nelson models. The adsorption process was conducted continuously with variations in adsorbent height and sampling time, using adsorbents activated with 40% H_3PO_4 . The results showed that under optimal conditions, fly ash removed 99.7% of Fe^{2+} , reducing its concentration from 1.305 mg/L to 0.004 mg/L, and 89.2% of Mn^{2+} , from 2.96 mg/L to 0.321 mg/L. Meanwhile, corncob adsorbent achieved 99.2% Fe^{2+} removal to 0.010 mg/L and 87.7% Mn^{2+} removal to 0.364 mg/L. Increasing the adsorbent height up to 40 cm enhanced removal efficiency due to the greater number of active sites and surface area. Fly ash reached saturation at 105 minutes, while corncob reached it at 90 minutes. FTIR analysis revealed the involvement of $-\text{OH}$, $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$, $\text{C}=\text{O}$, and COO^- functional groups in the adsorption process. The Thomas and Yoon–Nelson kinetic models indicated that adsorption rates increased with column height, with the highest K_T and K_{YN} values recorded at 0.318 mL/mg·min and 0.041 min⁻¹, respectively, for Fe^{2+} removal. Overall, the findings demonstrate that both adsorbents are effective for reducing Fe^{2+} and Mn^{2+} concentrations in continuous adsorption systems.

Keywords: Groundwater, Adsorption, Alternative Adsorbent, Fly Ash, Corncob, Fe^{2+} , Mn^{2+}