

LAPORAN HASIL PENELITIAN
PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH* BATUBARA DENGAN METODE
***MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION* (MAE) MENJADI KOAGULAN**
DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH



DISUSUN OLEH:

- 1. WAHYU SUGENG BAGUS SATRIO 21031010001**
- 2. VINI FITA SARI 21031010046**

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
SURABAYA
2026

**PEMANFAATAN LIMBAH FLY ASH BATUBARA DENGAN METODE
MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION (MAE) MENJADI KOAGULAN
DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH**

SKRIPSI

Digunakan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Kimia



**DISUSUN OLEH:
WAHYU SUGENG BAGUS Satrio
21031010001**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**

**JAWA TIMUR
SURABAYA**

2026



Laporan Hasil Penelitian
"Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) Menjadi Koagulan dalam Pengolahan Air Limbah"

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN**

Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) Menjadi Koagulan dalam Pengolahan Air Limbah

DISUSUN OLEH:

WAHYU SUGENG BAGUS SATRIO

NPM. 21031010001

Telah dipertahankan, dihadapkan, dan diterima oleh tim penguji

Pada tanggal : 15 Januari 2026

Dosen Penguji :

Dosen Pembimbing :

1.

(Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, MT)
NIP. 19570314 198603 2 001

1.

(Prof. Dr. T. Ir. Dyah Suci Perwitasari, MT)
NIP. 19661130 199203 2 001

2.

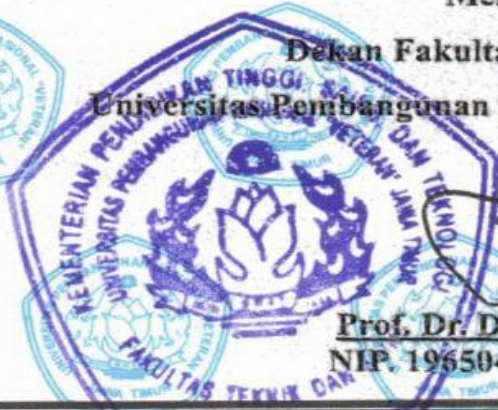
(Ir. Nurul Widji Triana, M.T.)
NIP. 19610301 198903 2 001

2.

(Renova Panjaitan, S.T. M.T.)
NIP. 19950623 202406 2 003

Mengetahui,

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



Prof. Dr. Dra. Jarivah, MP
NIP. 19650403 199103 2 001

Program Studi S-1 Teknik Kimia
Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



Laporan Hasil Penelitian
"Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) Menjadi Koagulan dalam Pengolahan Air Limbah"

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN HASIL PENELITIAN

**"PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH* BATUBARA DENGAN METODE
MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION (MAE) MENJADI KOAGULAN
DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH"**

Disusun Oleh :

Wahyu Sugeng Bagus Satrio

21031010001

**Penelitian ini telah diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing**

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. T. Ir. Dyah Suci Perwitasari, MT

NIP. 19661130 199203 2 001

Dosen Pembimbing II

Renova Panjaitan, ST., MT

NIP. 19950623 202406 2 003



Laporan Hasil Penelitian
"Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) Menjadi Koagulan dalam Pengolahan Air Limbah"

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wahyu Sugeng Bagus Satrio
NPM : 21031010001
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik & Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah skripsi 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 akripsi 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, 15 Januari 2026

Yang Menyatakan,



(Wahyu Sugeng Bagus Satrio)



Laporan Hasil Penelitian

“Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) Menjadi Koagulan dalam Pengolahan Air Limbah”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan hidayat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Hasil Penelitian dengan judul “PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH* BATUBARA DENGAN METODE *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION* (MAE) MENJADI KOAGULAN DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH”.

Dengan selesainya laporan penelitian ini, tak lupa penyusun mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains.
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, MT selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia UPN "Veteran" Jawa Timur.
3. Prof. Dr. T. Ir. Dyah Suci Perwitasari, MT selaku dosen pembimbing penelitian, yang telah membimbing dalam penelitian ini.
4. Renova Panjaitan, ST.MT selaku dosen pembimbing penelitian, yang telah membimbing dalam penelitian ini.
5. Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, M.T. selaku Dosen Penguji seminar penelitian
6. Ir. Nurul Widji Triana, M.T. selaku Dosen Penguji seminar penelitian
7. Orang tua yang memberikan doa dan dukungan sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan hasil penelitian.
8. Dia Tantri Dwi Retno Kumalasari yang memberikan dukungan, pengertian, dan semangat selama proses penelitian dan penyusunan laporan hasil
9. Seluruh pihak yang telah terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung

Penyusun menyadari bahwa dalam laporan penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan, oleh sebab itu saran dan kritik yang bersifat membangun penyusun butuhkan demi perbaikan laporan ini.

Hormat kami,

Penyusun



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	II
DAFTAR ISI.....	III
DAFTAR GAMBAR	V
DAFTAR TABEL	VI
INTISARI	VII
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 LATAR BELAKANG	1
I.2 TUJUAN.....	3
I.3 MANFAAT.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 SECARA UMUM.....	4
II.1.1 Batubara.....	4
II.1.2 Fly ash Batubara	4
II.1.3 Aluminium Chloride dan Ferric Chloride	5
II.1.4 Standar Baku Mutu Air.....	5
II.2 LANDASAN TEORI	6
II.2.1 Ekstraksi	6
II.2.2 Ekstraksi Padat Cair.....	6
II.2.3 Metode Ekstraksi Padat Cair	7
II.2.4 Metode Microwave Assisted Extraction.....	9
II.2.5 Koagulasi	10
II.2.6 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Ekstraksi.....	11
II.2.7 Hipotesis	13
BAB III METODE PENELITIAN	14
III.1 BAHAN PENELITIAN.....	14
III.2 ALAT PENELITIAN	14
III.3 GAMBAR RANGKAIAN ALAT.....	14
III.4 VARIABEL PENELITIAN	15



Laporan Hasil Penelitian

“Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) Menjadi Koagulan dalam Pengolahan Air Limbah”

III.4.1	Kondisi yang ditetapkan	15
III.4.2	Kondisi yang dijalankan	15
III.5	PROSEDUR	15
III.6	DIAGRAM ALIR.....	17
III.7	ANALISA.....	18
III.7.1	Analisa XRF (X-Ray Fluorescence).....	18
III.7.2	Analisa Persen Recovery	18
III.7.3	Analisa pH	19
III.7.4	Analisa Turbidity	19
III.7.5	Analisa TSS	19
III.7.6	Analisa Warna.....	19
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
IV.1	HASIL PENELITIAN.....	20
IV.2	DATA HASIL DAN PEMBAHASAN	20
IV.2.1	Hasil Analisa Bahan Baku.....	20
IV.2.2	Hasil Analisa Percobaan.....	21
IV.2.3	Pengaruh Konsentrasi HCl dan Waktu Konsentrasi terhadap Persen Recovery Aluminium.....	23
IV.2.4	Pengaruh Konsentrasi HCl dan Waktu Ekstraksi terhadap Persen Recovery Besi.....	26
IV.2.5	Validasi Hasil Terbaik.....	27
IV.3	APLIKASI KOAGULAN BERBASIS ALUMINIUM CHLORIDE DAN FERRIC CHLORIDE TERHADAP LIMBAH TEKSTIL	29
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	32
V.1	KESIMPULAN	32
V.2	SARAN	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN I	38
LAMPIRAN II	40
LAMPIRAN III	41



Laporan Hasil Penelitian

“Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) Menjadi Koagulan dalam Pengolahan Air Limbah”

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Perkolator	8
Gambar II. 2 Alat Sokletasi	8
Gambar III. 1 Rangkaian Alat Microwave Assisted Extraction (MAE)	14
Gambar III. 2 Diagram Alir Proses Recovery Aluminium dan besi	17
Gambar III. 3 Diagram Alir Proses Koagulasi	18
Gambar IV. 1 Grafik Pengaruh Konsentrasi Asam Klorida terhadap Persen Recovery Aluminium.....	24
Gambar IV. 2 Grafik Pengaruh Konsentrasi HCl terhadap Persen Recovery Besi26	
Gambar IV. 3 Limbah Sebelum Koagulasi	29
Gambar IV. 4 Limbah Setelah Koagulasi	29



Laporan Hasil Penelitian

“Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) Menjadi Koagulan dalam Pengolahan Air Limbah”

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Standar Baku Mutu Air Limbah Tekstil.....	6
Tabel IV. 1 Kandungan dari Limbah <i>Fly ash</i> Batubara	21
Tabel IV. 2 Hasil Analisa Air Limbah Tekstil	21
Tabel IV. 3 Kadar Ekstrak (%) dan Persen <i>Recovery</i> Aluminium pada Konsentrasi dan Waktu Ekstraksi	22
Tabel IV. 4 Kadar Ekstrak (%) dan Persen <i>Recovery</i> Besi pada Konsentrasi HCl dan Waktu Ekstraksi	22
Tabel IV. 5 Parameter Limbah Cair Industri Tekstil Sebelum dan Setelah Koagulasi	30



Laporan Hasil Penelitian

“Pemanfaatan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) Menjadi Koagulan dalam Pengolahan Air Limbah”

INTISARI

Fly ash batubara merupakan limbah hasil pembakaran batubara yang mengandung aluminium, besi, dan silika dengan potensi menjadi koagulan alternatif dalam pengolahan air limbah. Penelitian ini dilaksanakan untuk membuat koagulan berbasis aluminium dan besi dari limbah *fly ash* batubara dengan pelarut asam klorida menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dan mengevaluasi aplikasinya dalam menurunkan parameter pencemar pada air limbah. Variasi konsentrasi HCl (1-5 M) dan wktu ekstraksi (30-45 menit) diperiksa untuk menentukan kondisi terbaik. Hasil menunjukkan bahwa nilai persen *recovery* terbaik dicapai pada variasi konsentrasi HCl 5 M dengan waktu ekstraksi selama 40 menit diperoleh nilai persen *recovery* aluminium sebesar 48,4% dan besi sebesar 78%. *Recovery* aluminium dan besi efektif digunakan sebagai koagulan dalam menurunkan parameter pencemar pada air limbah tekstil, menghasilkan penurunan warna hingga 30 Pt-Co, kekeruhan menjadi 26,9 NTU, dan TSS menjadi 46 mg/L, dengan tetap mempertahankan pH dengan nilai 6 yang stabil. Semua parameter pencemar air limbah tekstil yang diolah telah sesuai dengan standar baku mutu yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 25 tahun 2025. Dengan demikian, kondisi tersebut menunjukkan bahwa metode MAE menjadi salah satu metode yang efektif dalam proses *recovery* aluminium dan besi dari limbah *fly ash* batubara dengan menghasilkan koagulan alternatif untuk pengolahan air limbah industri.