

LAPORAN HASIL PENELITIAN
“OPTIMASI PEMBUATAN ADSORBEN BERBAHAN LIMBAH *FLY ASH*
BATU BARA DENGAN PROSES AKTIVASI KIMIA”



DISUSUN OLEH :
PUTRI MARDIANINGRUM (21031010125)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
SURABAYA
2025

LAPORAN HASIL PENELITIAN
"OPTIMASI PEMBUATAN ADSORBEN BERBAHAN LIMBAH FLY ASH
BATU BARA DENGAN PROSES AKTIVASI KIMIA"



DISUSUN OLEH :
PUTRI MARDIANINGRUM (21031010125)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA
2025

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN**

**"OPTIMASI PEMBUATAN ADSORBEN BERBAHAN LIMBAH FLY ASH
BATU BARA DENGAN PROSES AKTIVASI KIMIA"**

DISUSUN OLEH :

PUTRI MARDIANINGRUM

NPM. 21031010125

Telah dipertahankan dan diterima oleh Dosen Pembimbing dan penguji

Pada Tanggal 1 Oktober 2025

Dosen Penguji :

1.

Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T

NIP. 19650731 199203 2 001

2.

Ir. Ketut Sumada, M.S.

NIP. 19620118 198803 1 001

Dosen Pembimbing :

1.

Ir. Sanj, MT

NIP. 19630412 199103 2 001

2.

Dr. Reva Edra Nugraha, S.Si

NIP. 212 19950627 294

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP

NIP. 19650403 199103 2 001



SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putri Mardianingrum
NPM : 21031010125
Fakultas/Program Studi : Teknik dan Sains/ Teknik Kimia
Judul Skripsi : Optimasi Pembuatan Adsorben Berbahan Limbah
Fly Ash Batu Bara Dengan Proses Aktivasi Kimia

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, 1 Oktober 2025



(Putri Mardianingrum)

KETERANGAN REVISI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : 1. Putri Mardianingrum NPM. 21031010125
2. Muhammad Ridhwan Aprillian NPM. 21031010219

Jurusan : Teknik Kimia

Telah mengerjakan revisi laporan hasil penelitian, dengan

Judul :

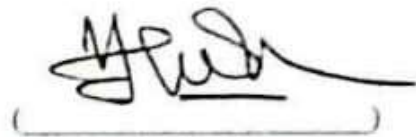
"Optimasi Pembuatan Adsorben Berbahan Limbah *Fly Ash* Batu Bara Dengan
Proses Aktivasi Kimia"

Surabaya, 1 Oktober 2025

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi :

1. (Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T)

NIP. 19650731 199203 2 001



2. (Ir. Ketut Sumada, M.S.)

NIP. 19620118 198803 1 001



Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Sani, MT

NIP. 19630412 199103 2 001



Dr. Reva Edra Nugraha, S.Si

NIP. 212 19950627 294

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Hasil Penelitian tentang “**Optimasi Pembuatan Adsorben Berbahan Limbah *Fly ash* Batubara Dengan Proses Aktivasi Kimia**” Laporan hasil penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan penelitian pada program Strata-1 di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada orang-orang yang bersama kami dalam menyelesaikan Laporan Hasil Penelitian ini:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN "Veteran" Jawa Timur.
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, MT selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia UPN "Veteran" Jawa Timur.
3. Ir. Sani, MT selaku Dosen Pembimbing Penelitian yang telah membimbing dan memberikan masukan demi kesempurnaan hasil penelitian ini.
4. Dr. Reva Edra Nugraha, S.Si selaku Dosen Pembimbing Penelitian yang telah membimbing dan memberikan masukan demi kesempurnaan hasil penelitian ini.
5. Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, MT selaku Dosen Penguji dalam penelitian
6. Ir. Ketut Sumada, MS selaku Dosen Penguji dalam penelitian

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan laporan penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, kami akan dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun, demi perbaikan laporan ini. Akhir kata, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam penyusunan laporan ini terdapat kesalahan baik yang disengaja maupun tidak disengaja.

Surabaya, 1 Oktober 2025

Penulis

INTISARI

Fly ash batubara merupakan limbah padat dari proses pembakaran batu bara yang jumlahnya terus meningkat dan berpotensi mencemari lingkungan. Namun, fly ash dapat dimanfaatkan sebagai adsorben apabila dilakukan proses aktivasi untuk membuka pori-porinya. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh konsentrasi HCl (2–8 M) dan waktu aktivasi (30–150 menit) terhadap kualitas adsorben fly ash, yang dievaluasi melalui uji bilangan iodine, analisis XRF, dan BET.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi HCl dan waktu aktivasi memberikan peningkatan signifikan terhadap bilangan iodine. Nilai tertinggi secara eksperimen diperoleh pada konsentrasi 8 M dan waktu 150 menit sebesar 778,38 mg/g. Aktivasi kimia terbukti mampu melarutkan senyawa pengotor seperti Fe_2O_3 , Al_2O_3 , dan CaO sehingga pori-pori adsorben lebih terbuka. Optimasi menggunakan Response Surface Methodology (RSM) menghasilkan kondisi optimum pada HCl 11,4 M dan waktu 150 menit dengan prediksi bilangan iodine 842,46 mg/g serta nilai desirability 0,951.

Analisis XRF mengonfirmasi peningkatan dominasi unsur SiO_2 setelah aktivasi, sedangkan BET menunjukkan peningkatan luas permukaan adsorben. Secara keseluruhan, proses aktivasi kimia menggunakan HCl terbukti efektif meningkatkan kapasitas adsorpsi fly ash batubara, sehingga material ini berpotensi digunakan sebagai adsorben yang efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan.....	3
I.3 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Secara Umum	5
II.1.1 Fly Ash	5
II.1.2 Proses Aktivasi	6
II.1.3 Adsorben	8
II.1.4 RSM (Response Surface Methodology).....	11
II.2 Landasan Teori.....	13
II.2.1 Proses Aktivasi	13
II.2.2 Faktor-Faktor yang mempengaruhi	13
II.2.2.1 Pengaruh Kecepatan Pengadukan.....	13
II.2.2.2 Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap Kandungan Adsorben.....	13
II.2.2.3 Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Kondisi Adsorben.....	14
II.2.2.4 Pengaruh Proses Pengeringan pada Adsorben	14
II.2.2.5 Pengaruh Ukuran Partikel pada Adsorben	14
II.2.2.6 Pengaruh Jenis Aktivator pada Adsorben.....	15
II.2.2.7 Pengaruh Jenis Adsorbat pada Adsorpsi	15
II.3 Hipotesa.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17

III.1 Bahan	17
III.2 Alat.....	17
III.3 Kondisi yang Dijalankan.....	18
III.3.1 Kondisi yang ditetapkan.....	18
III.3.2 Variabel yang Dijalankan.....	18
III.4 Rangkaian Alat.....	19
III.5 Prosedur	20
III.5.1 Proses Aktivasi Fly ash Batubara.....	20
III.5.2 Pengujian Adsorben Dengan Iodine.....	20
III.5.3 Optimasi RSM	21
III.5.4 Analisa XRF.....	21
III.5.5 Analisa <i>Nitrogen Adsorption-Desorption</i>	22
III.6 Diagram Alir	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
IV.1 Uji Daya Serap Adsorben	24
IV.1.1 Hasil Analisa Uji Iodin Adsorben Fly Ash Batubara.....	24
IV. 2 Hasil Optimasi Proses Aktivasi Fly Ash Batubara Menggunakan RSM	27
IV.2.1 Pengaruh Konsentrasi dan Waktu terhadap Respon	28
IV. 2.2 Analisa Respon Adsorben Fly Ash.....	30
IV. 2.3 Penentuan Kondisi Optimum dan Validasi Hasil Uji Iodin.....	33
IV. 3 Karakteristik Adsorben pada Kondisi Optimum.....	34
IV.3.1 Komposisi Unsur (XRF) Sebelum dan Sesudah Aktivasi	34
IV.3.2 Karakterisasi Luas Permukaan dan Porositas (BET)	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
V.1 Kesimpulan	40
V.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42

LAMPIRAN I	48
LAMPIRAN II	50
LAMPIRAN III.....	51
LAMPIRAN IV	55

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Komposisi Fly ash Batubara.....	5
Tabel II. 2 Standar Arang Aktif	9
Tabel II. 3 Kandungan Unsur Adsorben	10
Tabel III. 1 Penentuan variabel bebas pada penelitian dengan Central Composite Design (CCD)	21
Tabel IV. 1 Hasil Analisa Uji Iodine	24
Tabel IV. 2 Perbandingan Nilai Uji Iodin dari Fly Ash Batubara dan Karbon Aktif dengan Berbagai Metode Aktivasi	27
Tabel IV. 3 Data Faktor dan Response untuk Analisa dengan RSM.....	28
Tabel IV. 4 Perbandingan Model Persamaan yang Disarankan Software	28
Tabel IV. 5 Hasil Optimasi RSM dari Data Menggunakan Metode ANOVA.....	29
Tabel IV. 7 Hasil Optimalisasi Bilangan Iodine	33
Tabel IV. 8 Analisa Kadar Fly Ash Batubara	34
Tabel IV. 9 Perbandingan Karakteristik Tekstur Fly Ash Batubara Hasil Aktivasi dengan Berbagai Kondisi	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Fly ash Batubara	5
Gambar II. 2 Perbedaan fly ash batubara sebelum aktivasi (A) dan sesudah aktivasi (B).....	7
Gambar II. 3 Adsorben Karbon Aktif	9
Gambar III. 1 Rangkaian Alat Adsorben Fly Ash	19
Gambar III. 2 Diagram Alir Adsorben Fly Ash	23
Gambar IV. 1 Hubungan Waktu (menit) dan Konsentrasi HCl terhadap Uji Iodine	25
Gambar IV. 2 Hubungan Konsentrasi HCl dan Waktu (menit) terhadap Uji Iodine	26
Gambar IV. 3 Grafik Perbandingan <i>Response</i> Adsorben Fly Ash Batubara dalam bentuk <i>Predicted vs Actual</i> sebelum optimasi (A) dan setelah optimasi (B).....	30
Gambar IV. 4 Grafik <i>Countur Plot</i> Pengaruh Konsentrasi HCl (M) dan Waktu Aktivasi (menit) terhadap Bilangan Iod (mg/g) sebelum optimasi (A) dan setelah optimasi (B).....	31
Gambar IV. 5 Grafik 3D <i>Surface</i> Pengaruh Konsentrasi HCl (M) dan Waktu Aktivasi (menit) terhadap Bilangan Iod (mg/g) sebelum optimasi (A) dan setelah optimasi (B).....	31
Gambar IV. 6 Grafik Percobaan Optimasi	32
Gambar IV. 7 Grafik Kurva Linear BET	36
Gambar IV. 8 Grafik Isoterm	37