



**ANALISIS EFEKTIVITAS PENYERAPAN CO₂ DARI MATERIAL
ZEOLITE-Y BERBASIS TANAH LIAT KASONGAN
MENGUNAKAN METODE *MICROWAVE-ASSISTED
HYDROTHERMAL* (MAH)**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
RAIHAN HAPPY ARIANTO
41322010012

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**ANALISIS EFEKTIVITAS PENYERAPAN CO₂ DARI MATERIAL
ZEOLITE-Y BERBASIS TANAH LIAT KASONGAN
MENGUNAKAN METODE *MICROWAVE-ASSISTED
HYDROTHERMAL* (MAH)**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

**RAIHAN HAPPY ARIANTO
41322010012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Raihan Happy Arianto

NIM : 41322010012

Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

” Analisis Efektivitas Penyerapan CO_2 Dari Material Zeolite-Y Berbasis Tanah Liat Kasongan Menggunakan Metode *Microwave-Assisted Hydrothermal* (MAH)” adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 18 Agustus 2026



10000
METERAI
TEMPEL
114B9A0X108028919

Raihan Happy Arianto

HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

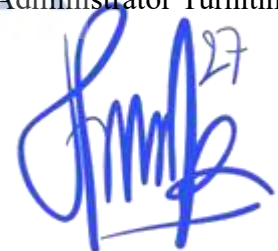
Nama : **Railhan Happy Arianto**
NIM : **41322010012**
Program Studi : **Teknik Mesin**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Analisis Efektivitas Penyerapan Co_2 Dari Material Zeolite-Y Berbasis Tanah Liat Kasongan Menggunakan Metode Microwave-Assisted Hydrothermal (MAH)**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Rabu, 19 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar 25 % dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 19 Agustus 2026
Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

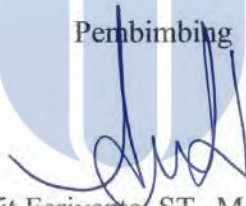
Laporan skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Raihan Happy Arianto
NIM : 41322010012
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Efektivitas Penyerapan CO_2 Dari Material
Zeolite-Y Berbasis Tanah Liat Kasongan Menggunakan
Metode *Microwave-Assisted Hydrothermal* (MAH)

Telah berhasil dipertahankan pada sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Starta 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing



Ir. Dafit Feriyanto, ST., M.Eng., Ph.D

NIDN 0310029004

Jakarta, 18 Agustus 2026

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T
NIDN 0307037202

Ketua Program Studi
Teknik Mesin



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T
NIDN 0005087502

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat anugerah dan tuntunan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“ANALISIS EFEKTIVITAS PENYERAPAN CO₂ DARI MATERIAL ZEOLITE-Y BERBASIS TANAH LIAT KASONGAN MENGGUNAKAN METODE *MICROWAVE-ASSISTED HYDROTHERMAL (MAH)*”** dengan begitu baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Dalam proses ini penulis menyadari bahwa ada keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan skripsi ini penulis memperoleh bantuan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat selesai walaupun masih terdapat kekurangan dan keterbatasan dari penulis sendiri. Maka penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah selaku Rektor Universitas Universitas Mercu Buana,
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana,
3. Bapak Dr. Eng., Imam Hidayat, MT selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana,
4. Ibu Andarany Kartika Sari, ST., M. Sc selaku Sekertaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana,
5. Bapak Ir. Dafit Feriyanto, ST., M.Eng., Ph. D selaku Dosen Pembimbing dalam penulisan laporan Tugas Akhir,
6. Bapak Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dewan Penguji 1 dalam penulisan laporan Tugas Akhir,
7. Ibu Andarany Kartika Sari, ST., M. Sc selaku Dewan Penguji 2 dalam penulisan laporan Tugas Akhir,
8. Kepada kedua orang tua saya, Bapak Hari Sutikno, ST dan Ibu Sri Rahayu yang sangat saya cintai serta yang saya banggakan dalam memberikan motivasi, semangat dan do'a.

9. Keluarga Besar Teknik Mesin Angkatan 2022 Universitas Mercu Buana, Keluarga Besar Mahasiswa Fakultas Teknik Angkatan 2022 Universitas Mercu Buana yang selalu berbagi pengalaman, arahan dan saran dalam penyusunan laporan Tugas Akhir kepada penulis.

Jakarta, 18 Agustus 2026

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raihan Happy Arianto
NIM : 41322010012
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Efektivitas Penyerapan CO_2 Dari Material Zeolite-Y Berbasis Tanah Liat Kasongan Menggunakan Metode *Microwave-Assisted Hydrothermal* (MAH)

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 18 Agustus 2026



(Raihan Happy Arianto)

**ANALISIS EFEKTIVITAS PENYERAPAN CO₂ DARI MATERIAL
ZEOLITE-Y BERBASIS TANAH LIAT KASONGAN MENGGUNAKAN
METODE *MICROWAVE-ASSISTED HYDROTHERMAL* (MAH)**

RAIHAN HAPPY ARIANTO

ABSTRAK

Peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) menjadi salah satu penyebab utama pemanasan global sehingga diperlukan material adsorben yang efektif dan ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis Zeolite-Y berbasis tanah liat Kasongan, Yogyakarta menggunakan metode *Microwave-Assisted Hydrothermal* (MAH) serta menganalisis karakteristik dan efektivitasnya sebagai adsorben CO₂. Proses sintesis meliputi preparasi tanah liat, aktivasi menggunakan larutan NaOH, pemanasan microwave, kristalisasi hidrotermal, pencucian, dan pengeringan. Material hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS). Pengujian adsorpsi CO₂ dilakukan dengan variasi massa adsorben 2, 3, dan 4 gram, laju alir 5, 10, dan 15 L/menit, serta waktu kontak 2, 3, dan 4 menit. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa sintesis MAH menghasilkan perubahan pola difraksi XRD yang ditandai dengan munculnya puncak baru pada $2\theta = 24,35^\circ$ serta pembentukan fase natrium aluminosilikat sebagai fase antara menuju Zeolite-Y. Spektrum FTIR mengonfirmasi terbentuknya ikatan Si-O-Si, Si-O-Al, dan *Double Six Ring* (D6R) sebagai ciri struktur Faujasite (FAU), sedangkan hasil SEM-EDS menunjukkan dominasi unsur Na, Si, Al, dan O sebagai penyusun utama kerangka zeolit. Pengujian adsorpsi menunjukkan efektivitas penyerapan CO₂ tertinggi sebesar 60,23% pada massa adsorben 4 gram, laju alir 15 L/menit, dan waktu kontak 4 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Microwave-Assisted Hydrothermal* (MAH) berhasil menghasilkan Zeolite-Y berbasis tanah liat Kasongan yang berpotensi sebagai adsorben CO₂.

Kata kunci: Zeolite-Y, *Microwave-Assisted Hydrothermal* (MAH), tanah liat Kasongan, adsorpsi CO₂, XRD, FTIR, SEM-EDS.

**ANALYSIS OF CO₂ ADSORPTION EFFECTIVENESS OF ZEOLITE-Y
MATERIAL DERIVED FROM KASONGAN CLAY USING THE
MICROWAVE-ASSISTED HYDROTHERMAL (MAH) METHOD**

RAIHAN HAPPY ARIANTO

ABSTRACT

The increasing emission of carbon dioxide (CO₂) has become one of the primary contributors to global warming, creating a growing need for effective and economical adsorbent materials. This study aimed to synthesize Zeolite-Y from Kasongan clay, Yogyakarta, using the Microwave-Assisted Hydrothermal (MAH) method and to evaluate its characteristics and effectiveness as a CO₂ adsorbent. The synthesis process involved clay preparation, NaOH activation, microwave heating, hydrothermal crystallization, washing, and drying. The synthesized material was characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS). CO₂ adsorption tests were conducted using adsorbent masses of 2, 3, and 4 g, flow rates of 5, 10, and 15 L/min, and contact times of 2, 3, and 4 min. The characterization results showed that the MAH synthesis altered the XRD diffraction pattern, as indicated by the appearance of a new diffraction peak at $2\theta = 24.35^\circ$ and the formation of a sodium aluminosilicate phase as an intermediate toward Zeolite-Y formation. The FTIR spectra confirmed the presence of characteristic aluminosilicate bonds, including Si–O–Si, Si–O–Al, and the Double Six Ring (D6R), which is a characteristic feature of the Faujasite (FAU) framework. SEM-EDS analysis revealed the predominance of Na, Si, Al, and O as the principal framework elements of the synthesized zeolite. The highest CO₂ adsorption efficiency reached 60.23% using 4 g of adsorbent, a 15 L/min flow rate, and a 4 min contact time. These findings demonstrate that the Microwave-Assisted Hydrothermal (MAH) method successfully produced Kasongan clay-based Zeolite-Y with promising potential as a CO₂ adsorbent.

Keywords: Zeolite-Y, Microwave-Assisted Hydrothermal (MAH), Kasongan clay, CO₂ adsorption, XRD, FTIR, SEM-EDS.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	0
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR SINGKATAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	7
1.3 TUJUAN PENELITIAN	7
1.4 MANFAAT PENELITIAN	8
1.5 RUANG LINGKUP & BATASAN MASALAH	8
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	8
BAB II	10
TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	10
2.2 KARBON DIOKSIDA DAN EMISI CO ₂	15
2.3 TEKNOLOGI <i>CARBON CAPTURE STORAGE</i> (CCS)	16
2.4 KONSEP ADSORPSI	18
2.5 ZEOLITE	20
2.5.1 Zeolite Y	22
2.6 METODE SINTESIS <i>ZEOLITE</i>	23
2.6.1 <i>Hydrothermal</i> Konvensional	25

2.6.2 <i>Microwave Assisted Hydrothermal (MAH)</i>	26
2.7 KARAKTERISASI MATERIAL ZEOLIT	27
2.7.1 Material Tanah Liat	27
2.7.2 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS).....	27
2.7.3 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	28
2.7.4 X-Ray Diffraction (XRD)	29
2.8 MEKANISME ADSORPSI CO ₂ PADA ZEOLITE- Y	31
2.8.1 Interaksi CO ₂ dengan permukaan zeolite	31
2.8.2 Pengaruh rasio Si dan Al	32
2.8.3 Peran Mikopori dalam penyerapan	32
BAB III.....	37
METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN	37
3.2 WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	38
3.2.1 Waktu Penelitian	39
3.2.2 Tempat Penelitian.....	39
3.3 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN.....	39
3.3.1 Tanah Liat.....	39
3.3.2 Air Demineralisasi (H ₂ O)	40
3.3.3 Natrium Hidroksida NaOH	40
3.3.4 Timbangan Gantung Digital.....	41
3.3.5 Botol Sample.....	42
3.3.6 Kertas Saring Whatman No 1	42
3.3.7 Saringan (Sieve).....	43
3.3.8 Timbangan Digital FA2104.....	44
3.3.9 Microwave Sharp R220MAWH.....	45
3.3.10 Gelas Ukur	46
3.3.11 Blender	46
3.3.12 Mortar.....	47
3.3.13 Oven Memmert	47
3.3.14 Digital Magnetic Stirrer	48
3.3.15 N ₂ dan CO ₂	49

3.3.17 Detektor CO ₂ Sensor Gas Analyzer	50
3.3.18 Digital Infrared Thermometer	51
3.3.19 Mini B1 Valve Rub Italy ¼ inch	52
3.3.20 Mini Digital Thermometer	52
3.3.21 Mass Flowmeter CO ₂	53
3.4 KARAKTERISASI MATERIAL ZEOLITE-Y	55
3.4.1 SEM-EDS.....	55
3.4.2 FTIR	56
3.4.3 XRD	56
3.5 PENGUJIAN ADSORPSI CO ₂	57
3.6 PREPARASI BAHAN BAKU TANAH LIAT	58
3.6.1 Persiapan dan Penyaringan Tanah Liat	59
3.6.2 Pengendapan dan Pemurnian Tanah Liat	60
3.7 SINTESIS ZEOLITE-Y DENGAN METODE <i>MICROWAVE-ASSISTED</i> <i>HYDROTHERMAL</i> (MAH)	61
3.7.1 Proses Sintesis Tanah Liat Kasongan dengan NaOH.....	62
3.7.2 Pencampuran Menggunakan Magnetic Stirrer.....	62
3.7.3 Proses Kristalisasi Zeolite-Y.....	63
3.7.4 Filtrasi dan Pembilasan Zeolite-Y.....	64
3.7.5 Pengeringan Akhir Tanah Liat Kasongan	64
BAB IV	65
HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1 KARAKTERISASI MATERIAL ZEOLITE-Y	65
4.1.1 Hasil Pengujian FTIR Pada Material Zeolite-Y Tanah Liat Kasongan.....	65
4.1.2 Hasil Pengujian XRD Pada Material Zeolite-Y Tanah Liat Kasongan.....	69
4.1.3 Hasil Pengujian SEM-EDS Pada Material Zeolite-Y Tanah Liat Kasongan	75
4.2 ADSORPSI CO ₂ PADA MATERIAL ZEOLITE Y	82
4.2.1 Mekanisme Pengujian Adsorpsi CO ₂	83
4.2.2 Fungsi Chamber dan Adsorben	83
4.2.3 Adsorpsi CO ₂ oleh Zeolite-Y	84
4.2.4 Pengaruh Variasi Waktu, Laju Aliran Gas dan Efisiensi Adsorpsi.....	84
4.2.5 Hasil Pengujian Adsorpsi CO ₂ Menggunakan Zeolite-Y	85

4.1.6 Efektivitas Adsorpsi CO ₂ pada Zeolite-Y	89
BAB V	92
KESIMPULAN.....	92
5.1 KESIMPULAN	92
5.1.1 Preparasi Tanah Liat Kasongan Yogyakarta Menjadi Zeolite-Y	92
5.1.2 Karakterisasi Material Zeolite-Y Dengan FTIR, XRD, SEM-EDS	92
5.1.3 Efektivitas Adsorpsi CO ₂ Zeolite-Y Dari Tanah Liat Kasongan Yogyakarta	94
5.2 SARAN	94
DAFTAR PUSTAKA.....	96
LAMPIRAN.....	102



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Global Emission (GHG) (IPCC, 2023)	1
Gambar 2. 1 Struktur Molekul CO ₂ (Akbari et al., 2025).....	15
Gambar 2. 2 Skema tetrahedra silikon dan aluminium dalam struktur zeolite (Kordala & Wyszowski, 2024)	21
Gambar 2. 3 Sel satuan dan sistem saluran dari zeolit tipe FAU, LTA, dan MFI (Kordala & Wyszowski, 2024).....	23
Gambar 2. 4 ICDD Faujisate Zeolite-Y XRD (Jaramillo-Fierro et al., 2023)	30
Gambar 2. 5 Contoh aplikasi zeolite dalam dunia industri (Kordala & Wyszowski, 2024)	33
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	37
Gambar 3. 2 Tanah Liat Kasongan.....	40
Gambar 3. 3 Air Demineralisasi.....	40
Gambar 3. 4 Natrium Hidroksida (NaOH).....	41
Gambar 3. 5 Timbangan Gantung Digital.....	41
Gambar 3. 6 Botol Sample.....	42
Gambar 3. 7 Kertas Saring Whatman No 1.....	43
Gambar 3. 8 Saringan.....	44
Gambar 3. 9 Timbangan Digital FA2104.....	45
Gambar 3. 10 Microwave Sharp R220MAWH.....	46
Gambar 3. 11 Gelas Ukur.....	46
Gambar 3. 12 Blender	46
Gambar 3. 13 Mortar.....	47
Gambar 3. 14 Oven Memmert	48
Gambar 3. 15 Digital Magnetic Stirrer	48
Gambar 3. 16 Gas CO ₂	49
Gambar 3. 17 Gas N ₂	49
Gambar 3. 18 Alat Pengujian Penyerapan CO ₂	50
Gambar 3. 19 Desain Alat Pengujian Penyerapan CO ₂ Menggunakan Aplikasi Solidworks 2025	50
Gambar 3. 20 Detector CO ₂ Sensor Gas Analyzer.....	51
Gambar 3. 21 Digital Infrared Thermometer	51

Gambar 3. 22 B1 Valve Rub Italy 1/4 Inch	52
Gambar 3. 23 Mini Digital Thermometer	53
Gambar 3. 24 CO ₂ Mass Flowmeter	53
Gambar 3. 25 Regulator CO ₂ (Kiri) dan N ₂ (Kanan)	54
Gambar 3. 26 Selang Gas.....	55
Gambar 3. 27 Alat pengujian SEM-EDS	55
Gambar 3. 28 Alat pengujian FTIR.....	56
Gambar 3. 29 Alat pengujian XRD	57
Gambar 3. 30 Alur Pengujian Penyerapan CO ₂	58
Gambar 3. 31 Proses Pembuatan dan Sintesis Zeolite-Y (Abdalqadir et al., 2025b). 58	
Gambar 3. 32 Tanah Liat Kasongan Dikeringkan Dengan Bantuan Sinar Matahari . 59	
Gambar 3. 33 Penghancuran Tanah Liat Kasongan Yogyakarta	59
Gambar 3. 34 (A) Proses Penimbangan Tanah Liat Kasongan dan (B) Hasil Penyaringan Tanah Liat Kasongan 75 μ m	60
Gambar 3. 35 Proses Pengendapan dan Pengeringan Menggunakan Oven.....	61
Gambar 3. 36 Proses Sintesis Tanah Liat Kasongan dengan NaOH dibantu dengan Pemanasan Melalui Microwave	62
Gambar 3. 37 20 g bubuk tanah liat dicampur dengan 100 ml air demineralisasi selama 30 menit.....	63
Gambar 3. 38 Proses Kristalisasi Zeolite-Y dengan suhu 105°C selama 3 jam	63
Gambar 3. 39 Proses Filtrasi dengan kertas Whatman 11 μ m	64
Gambar 3. 40 (1) Pengeringan akhir dengan temperatur 90°C dengan waktu 1 jam (2) Tanah Liat Kasongan setelah proses furnace 90°C (3) Zeolite -Y dari Tanah Kasongan	64
Gambar 4. 1 Hasil Pengujian FTIR Zeolite-Y Tanah Liat Kasongan	66
Gambar 4. 2 Sudut Difraksi serta Candidate Phase pada Karakterisasi XRD Serbuk Tanah Liat Kasongan Yogyakarta dan Zeolit-Y Hasil Sintesis	70
Gambar 4. 3 Analisis Spektrum EDS Tanah Liat Kasongan Sebelum Sintesis	78
Gambar 4. 4 Analisis Spektrum EDS Tanah Liat Kasongan Sintesis	80
Gambar 4. 5 Tampak Depan (A) dan Tampak Atas (B) Alat Adsorpsi CO ₂	83
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Adsorpsi CO ₂ Menggunakan Material Zeolite-Y Sebelum Sintesis Tanah Liat Kasongan	85

Gambar 4. 7 Hasil Pengujian Adsorpsi CO ₂ Menggunakan Tanah Liat Kasongan Sebelum Proses Sintesis.....	86
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian Adsorpsi CO ₂ Menggunakan Tanah Liat Kasongan Sesudah Proses Sintesis	87
Gambar 4. 9 Grafik Pengujian Adsorpsi CO ₂ Menggunakan Material Zeolite-Y Sesudah Sintesis dari Tanah Liat Kasongan.....	88



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Material dan metode untuk sintesis Zeolite (Abdalqadir et al., 2025b)	6
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	11
Tabel 2. 2 Perbandingan teknologi untuk penangkapan CO ₂ (CCS).....	19
Tabel 2. 3 Perbandingan Metode Sintesis Zeolit (Dongoran et al., 2021)	24
Tabel 2. 4 Contoh penerapan praktis zeolit tertentu di berbagai industri.....	33
Tabel 3. 1 Spesifikasi Timbangan Gantung Digital	42
Tabel 3. 2 Spesifikasi Kertas Saring Whatman No 1	43
Tabel 3. 3 Spesifikasi dari Timbangan Digital FA2104	44
Tabel 3. 4 Spesifikasi Microwave Sharp R220MAWH	45
Tabel 3. 5 Spesifikasi Oven Memmert.....	47
Tabel 3. 6 Spesifikasi Digital Magnetic Stirrer.....	48
Tabel 3. 7 Gas CO ₂ dan N ₂ untuk proses adsorpsi Zeolite-Y	49
Tabel 3. 8 Spesifikasi Detektor CO ₂ Sensor Gas Analyzer	50
Tabel 3. 9 Spesifikasi Digital Infrared Thermometer.....	52
Tabel 3. 10 Mini Digital Thermometer	53
Tabel 3. 11 Spesifikasi CO ₂ Mass Flowmeter.....	54
Tabel 4. 1 Tabel Hasil Pengujian FTIR Tanah Liat Kasongan Zeolite-Y	66
Tabel 4. 2 Tabel Data Peak Tanah Liat Kasongan Sebelum Proses Sintesis Microwave Assisted Hydrothermal.....	71
Tabel 4. 3 Tabel Data Peak Tanah Liat Kasongan Sesudah Proses Sintesis Microwave Assisted Hydrothermal.....	71
Tabel 4. 4 Hasil Identifikasi Candidate Phase Sampel Serbuk Tanah Liat Kasongan Yogyakarta Sebelum Sintesis MAH Berdasarkan Analisis Software Match 2026 dan Verifikasi EDS.....	72
Tabel 4. 5 Hasil Identifikasi Candidate Phase Sampel Serbuk Tanah Liat Kasongan Yogyakarta Sesudah Sintesis MAH Berdasarkan Analisis Software Match 2026 dan Verifikasi EDS.....	74
Tabel 4. 6 Tanah Liat Kasongan Perbesaran 500x dan 1000x Microwave Assisted Hydrothermal	76
Tabel 4. 7 Identifikasi Unsur Berdasarkan Puncak Spektrum EDS Tanah Liat Kasongan Sebelum Sintesis	78

Tabel 4. 8 Tabel Hasil Analisis Komposisi EDS Tanah Liat Kasongan Sebelum Sintesis	79
Tabel 4. 9 Identifikasi Unsur Berdasarkan Puncak Spektrum EDS Tanah Liat Kasongan Sintesis	80
Tabel 4. 10 Tabel Hasil Analisis Komposisi EDS Tanah Liat Kasongan Sintesis	81
Tabel 4. 11 Tabel Hasil Pengujian Zeolite-Y Sebelum Sintesis Tanah Liat Kasongan	86
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Adsorpsi CO ₂ Menggunakan Tanah Liat Kasongan Sesudah Proses Sintesis	87
Tabel 4. 13 Grafik Pengujian Adsorpsi CO ₂ Menggunakan Material Zeolite-Y Sesudah Sintesis dari Tanah Liat Kasongan	89
Tabel 4. 14 Grafik Efektivitas Adsorpsi Zeolite-Y Tanah Liat Kasongan Yogyakarta	90



DAFTAR SINGKATAN

Simbol	Keterangan
UMB	Universitas Mercu Buana
MAH	Microwave Assisted Hydrothermal
SEM - EDS	Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectroscopy
GHG	Global Green House Gas
CCS	Carbon Capture Storage
IGGC	Integrated Gasification Combined Cycle
PSA	Pressure Swing Adsorption
TSA	Temperature Swing Adsorption
ESA	Electrical Swing Adsorption
FAU	Faujite
FCC	Fluid Catalytic Cracking
FTIR	Fourier Transform Infra-Red
XRD	X-Ray Diffraction
ppm	parts per million
ICDD	International Centre for Diffraction Data
D6R	Double Six Ring

UNIVERSITAS
MERCU BUANA