



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**ANALISIS SIFAT FISIK ZEOLIT -Y BERBAHAN BAKU
LIMBAH TANAH LIAT PLERED DENGAN METODE
MICROWAVE ASSISTED HYDROTHERMAL (MAH)
DAN PEMANASAN KONVENSIONAL**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

AKMAL SATRIO FASHA WIHARDI

41322010001

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

2026



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**ANALISIS SIFAT FISIK ZEOLIT-Y BERBAHAN BAKU
LIMBAH TANAH LIAT PLERED DENGAN METODE
MICROWAVE ASSISTED HYDROTHERMAL (MAH) DAN
PEMANASAN KONVENSIONAL**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

AKMAL SATRIO FASHA WIHARDI

41322010001

PROGRAM STUDI TEKNIK

MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU

BUANA JAKARTA

2026

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Akmal Satrio Fasha Wihardi
NIM : 41322010001
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

“Analisis Sifat Zeolit-Y Berbahan Baku Limbah Tanah Liat Plered Dengan Metode Microwave Assisted Hydrothermal (MAH) dan Pemanasan Konvensional.”

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.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Jakarta, 12 Agustus 2026
METERAI TEMPEL
003DCAO10261366
rio Fasha Wihardi

HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

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

Nama : Akmal Satrio Fasha Wihardi
NIM : 41322010001
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : Analisis Sifat Fisik Zeolit-Y Berbahan baku Limbah Tanah Liat Plered dengan Metode Microwave Assisted Hydrothermal dan Pemanasan Konvensional

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Sabtu, 22 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **11 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 22 Agustus 2026

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Akmal Satrio Fasha Wihardi
NIM : 41322010001
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Sifat Zeolit-Y Berbahan Baku Limbah Tanah Liat Plered Dengan Metode Microwave Assisted Hydrothermal (MAH) dan Pemanasan Konvensional.

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 12 Agustus 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh,

Pembimbing



(Ir. Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng., Ph.D.)

NIDN/NUPTK: 0310029004

UNIVERSITAS

MERCU BUANA

Jakarta, 18 Agustus 2026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatinasari, MT
NIDN/NUPTK: 0307037202

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.
NIDN/NUPTK: 0005087502

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin
4. Ir. Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
5. Kedua Orang Tua yang saya cintai, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, motivasi, serta pengorbanan yang tidak ternilai selama penulis menjalani pendidikan hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Rekan-rekan program Studi Teknik Mesin Angkatan 2022, yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis, memberikan dukungan, semangat, bantuan, serta berbagai pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
7. Rekan-rekan Satu penelitian, yang telah bersama-sama menjalani proses penelitian, berdiskusi, saling membantu, dan memberikan dukungan selama pelaksanaan hingga penyelesaian Tugas akhir ini.
8. Diri penulis sendiri, yang tekah berusaha untuk tetap bertahan, belajar, dan menyelesaikan setiap proses serta tantangan yang dihadapi selama penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah terus berusaha dan tidak menyerah hingga tahap akhir.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

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 : Akmal Satrio Fasha Wihardi
NIM : 41322010001
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Sifat Zeolit-Y Berbahan Baku Limbah Tanah Liat Plered Dengan Metode Microwave Assisted Hydrothermal (MAH) dan Pemanasan Konvensional

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

Yang menyatakan,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



(Akmal Satrio Fasha Wihardi)

ANALISIS SIFAT FISIK ZEOLIT-Y BERBAHAN BAKU LIMBAH TANAH LIAT PLERED DENGAN METODE MICROWAVE ASSISTED HYDROTHERMAL (MAH) DAN PEMANASAN KONVENSIONAL

AKMAL SATRIO FASHA WIHARDI

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik limbah tanah liat Plered se-bagai bahan baku sintesis, mengkaji perubahan sifat fisik material hasil sintesis menggunakan kombinasi metode *Microwave Assisted Hydrothermal* (MAH) dan pemanasan konvensional, serta mengidentifikasi indikasi pembentukan fase zeolit berdasar-kan karakterisasi SEM-EDS, FTIR, dan XRD. Variabel bebas dalam penelitian ini ada-lah metode sintesis menggunakan kombinasi MAH dan pemanasan konvensional, se-dangkan variabel terikat berupa karakteristik fisik material hasil sintesis yang meliputi morfologi, komposisi unsur, gugus fungsi, dan struktur kristal. Variabel kontrol meliputi jenis bahan baku, konsentrasi larutan NaOH, suhu, dan waktu sintesis. Sampel penelitian terdiri atas dua spesimen, yaitu limbah tanah liat sebelum sintesis dan material hasil sintesis yang diperoleh dari limbah tanah liat Plered dengan teknik *purposive sam-pling*. Analisis data dilakukan secara deskriptif komparatif berdasarkan hasil karak-terisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-ray Spec-troscopy* (SEM-EDS), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses sintesis menyebabkan perubahan morfologi permukaan, penurunan rasio Si/Al dari 2,48 menjadi 1,59, serta munculnya unsur Na yang mengindikasikan reorganisasi struktur aluminosilikat. Hasil FTIR menunjukkan pita serapan khas aluminosilikat, sedangkan hasil XRD memperlihatkan munculnya puncak baru pada sudut $2\theta = 13,9920^\circ$ dan $24,4240^\circ$ yang mengindikasikan terbentuknya fase kristal baru, meskipun fase kuarsa masih dominan. Berdasarkan hasil karakterisasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa kombinasi metode MAH dan pemanasan konvensional mampu menginisiasi transformasi struktur alumi-nosilikat serta menunjukkan indikasi awal pembentukan fase zeolit, namun belum memberikan bukti yang cukup untuk menyatakan terbentuknya Zeolit-Y secara sempurna. Limbah tanah liat Plered berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif sintesis material zeolit dengan optimasi parameter sintesis lebih lanjut.

Kata Kunci : Zeolit, Tanah liat Plered, *Microwave-Assisted Hydrothermal*, Pemanasan Konvensional.

**ANALYSIS OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF ZEOLITE-Y PRODUCED
FROM WASTE PLERED CLAY USING THE MICROWAVE-ASSISTED
HYDRO-THERMAL (MAH) METHOD AND CONVENTIONAL
HEATING
AKMAL SATRIO FASHA WIHARDI**

ABSTRACT

This study aimed to analyze the characteristics of Plered clay waste as a raw material for synthesis, investigate the changes in the physical properties of the synthesized material using a combination of the Microwave-Assisted Hydrothermal (MAH) method and conventional heating, and identify the initial indication of zeolite phase formation based on SEM-EDS, FTIR, and XRD characterization. The independent variable was the synthesis method employing the combination of MAH and conventional heating, while the dependent variables were the physical characteristics of the synthesized material, including morphology, elemental composition, functional groups, and crystal structure. The controlled variables included the type of raw material, NaOH concentration, synthesis temperature, and synthesis duration. The study used two specimens, consisting of untreated Plered clay waste and the synthesized material, selected through a purposive sampling technique. Data were analyzed using a descriptive comparative approach based on the characterization results obtained from Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and X-ray Diffraction (XRD). The results showed that the synthesis process altered the material morphology, reduced the Si/Al ratio from 2.48 to 1.59, and introduced sodium (Na), indicating the reorganization of the aluminosilicate framework. FTIR analysis revealed characteristic aluminosilicate absorption bands, while XRD analysis identified new diffraction peaks at 2θ values of 13.9920° and 24.4240° , indicating the formation of a new crystalline phase, although quartz remained the dominant phase. Based on the SEM-EDS, FTIR, and XRD characterization results, it can be concluded that the combination of the MAH method and conventional heating successfully initiated the transformation of the aluminosilicate structure and indicated the early formation of a zeolite phase. However, the obtained evidence was insufficient to confirm the successful synthesis of Zeolite-Y. Therefore, Plered clay waste demonstrates considerable potential as an alternative raw material for zeolite synthesis, although further optimization of the synthesis parameters is required to improve the crystallinity of the resulting material.

Keywords: Plered clay waste, Microwave-Assisted Hydrothermal, conventional heating, zeolite

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.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Teori Dasar	10
2.1.1 Zeolit-Y.....	10
2.1.2 Tanah Liat.....	12
2.1.3 <i>Microwave-Assisted Hydrothermal (MAH)</i>	15
2.1.4 Pemanasan Konvensional / Hidrotermal	17
2.1.5 Sintesis Zeolit.....	21
2.2 Teknik Karakterisasi.....	23
2.2.2 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	25
2.2.3 <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	27

2.3	Ringkasan Kesenjangan Penelitian.....	32
BAB III METODOLOGI.....		35
3.1	Diagram Alir.....	35
3.2	Alat dan Bahan.....	38
3.2.2	Bahan Material.....	47
3.3	Karakterisasi.....	49
3.3.1	<i>Scanning Electron Microscopy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)</i> 49	
3.3.2	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	49
3.4	Proses Sintesis Tanah Liat Plered.....	50
3.4.1	Preparasi Tanah Liat.....	50
3.4.2	Proses Sintesis Tanah Liat	53
3.4.3	Proses Kristalisasi	55
4.1	KARAKTERISASI HASIL SINTESIS TANAH LIAT.....	58
4.1.1	Analisis Mekanisme Transformasi Struktur Melalui (SEM-EDS).....	58
	Tanah Liat Sebelum Sintesis Ukuran 30 μm	58
	Tanah Liat Setelah Sintesis Ukuran 30 μm	58
	(500x) pembesaran (1000x) pembesaran.....	58
4.1.1.2	<i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i>	61
	Tanah Liat Plered Setelah Proses Sintesis.....	63
4.1.2	Analisis FTIR Tanah liat Plered dari hasil proses Sintesis menggunakan Metode MAH dan pemanasan konvensional.....	69
4.1.3	Data Hasil XRD dari Sampel Tanah Liat sebelum Proses Sintesis dan Setelah Proses Sintesis Menggunakan Metode MAH dan pemanasan Konvensional.	75
BAB V PENUTUP		80
5.1	KESIMPULAN.....	80
5.2	SARAN.....	81
	Daftar Pustaka.....	82
	LAMPIRAN	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kadar Mineral Tanah Liat alam di sulawesi.	8
Tabel 3. 1 Tabel Contoh Komposisi Tanah Liat	20
Tabel 4. 1 Tabel Ikatan Kimia Tanah Liat Plered Sintesis	45
Tabel 4. 2 Tabel data peak dari Tanah Liat Plered Setelah Proses Sintesis dengan Metode MAH dan Pemanasan Konvensional.	49
Tabel 4. 3 Tabel Data Peak yang diambil Dari data XRD dari Tanah Liat Plered	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Zeolit	6
Gambar 2. 2 Gambar Tanah Liat	7
Gambar 2. 3 Microwave	9
Gambar 2. 4 Oven Laboratorium	11
Gambar 2. 5 Gambar Skematis proses sintesis Zeolit 4A, Zeolit 13X, dan Zeolit Y dari tanah liat bentonit	12
Gambar 2. 6 Contoh Pola XRD yang telah dinormalisasi dari zeolit yang disintesis	13
Gambar 2. 7 Gambar Perbandingan spektrum FTIR zeolit Y	14
Gambar 2. 8 Contoh Perbandingan mikrograf SEM 3000X zeolit Y	16
Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Penelitian	21
Gambar 3. 2 Proses Sintesis Tanah Liat	22
Gambar 3. 3 Timbangan	23
Gambar 3. 4 Botol Vial Kaca	23
Gambar 3. 5 Sarung Tangan Karet	24
Gambar 3. 6 Kertas Filter Merk Whatman	24
Gambar 3. 7 Oven Laboratorium Merk Memmert	25
Gambar 3. 8 Magnetic Stirrer	25
Gambar 3. 9 Timbangan Digital	26
Gambar 3. 10 Microwave Merk Sharp	27
Gambar 3. 11 Gelas Kimia	27
Gambar 3. 12 Mortar	28
Gambar 3. 13 Air Demineralisasi Merk ROFA	29
Gambar 3. 14 Natrium Hidroksida (NaOH)	29
Gambar 3. 15 Material Limbah Tanah Liat Plered (Purwakarta).	30
Gambar 3. 16 Bentuk Awal Tanah Liat Dari Daerah Plered (Purwakarta)	31
Gambar 3. 17 Gambar Tanah Liat Untuk Pengeringan Dengan Cahaya Matahari	32
Gambar 3. 18 Gambar Proses Penghalusan Tanah liat	32
Gambar 3. 19 Gambar Proses Pengendapan Tanah Liat menggunakan Air Demineralisasi	33
Gambar 3. 20 Gambar Proses Oven Tanah Liat yang telah Di-Endapkan.	33
Gambar 3. 21 Gambar Proses Pengayakan Setelah Oven 24 Jam	34
Gambar 3. 22 Penambahan Serbuk NaOH ke dalam Bubuk tanah Liat yang sudah di lakukan proses pengayakan	34
Gambar 3. 23 Gambar Proses Sintesis Tanah Liat Menggunakan Microwave	35
Gambar 3. 24 Gambar Proses Magnetic Stirrer	35
Gambar 3. 25 Gambar Proses Kristalisasi pada tanah liat menggunakan Oven	36
Gambar 3. 26 Gambar Proses Filtrasi serta pembersihan setelah proses Kristalisasi	36
Gambar 3. 27 Gambar proses pengeringan endapan tanah liat yang telah di lakukan proses filtrasi akhir	37
Gambar 4. 1 Gambar (A) SEM Tanah Liat Plered pembesaran 500x (30 μ m), Gambar (B) SEM Tanah Liat Plered Pembesaran 1000x (30 μ m), Gambar (C) SEM Zeolit-Y dari Tanah Liat Plered Pembesaran 500x (30 μ m), dan Gambar (D) SEM Zeolit-Y dari Tanah	

Liat Plered Pembesaran 1000x (30 μ m)	38
Gambar 4. 2 Data EDS dari Tanah Liat sebelum Sintesis	40
Gambar 4. 3 Data hasil EDS dari hasil sintesis Tanah liat Plered	41
Gambar 4. 4 Gambar Hasil Pengujian sintesis Tanah Liat Plered dengan FTIR	44
Gambar 4. 5 Gambar Ikatan D6R dari Penelitian oleh (Masoudian et al., 2013)	46
Gambar 4. 6 Gambar Grafik Perbandingan Antara Tanah liat sebelum sintesis dan setelah sintesis	48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data XRD Dari Aplikasi Match!

56



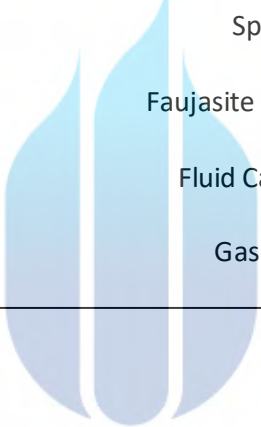
DAFTAR SIMBOL

No	Simbol	Arti Simbol
1	Si	Silikon
2	Al	Aluminium
3	Fe	Besi
4	Ca	Kalsium
5	Mg	Magnesium
6	K	Kalium
7	Na	Natrium
8	Ti	Titanium
9	P	Fosfor
10	Mn	Mangan
11	Ba	Barium
12	Zr	Zirkonium
13	Rb	Rubidium
14	Nb	Niobium
15	Mo	Molibdenum
16	Zn	Seng
17	Sn	Timah
18	In	Indium
19	Ru	Ruthenium
20	SiO ₂	Silika (Silicon Dioxide)
21	Al ₂ O ₃	Alumina (Aluminium Oxide)

No	Simbol	Arti Simbol
22	Fe_2O_3	Besi(III) Oksida
23	CaO	Kalsium Oksida
24	Na_2O	Natrium Oksida
25	MgO	Magnesium Oksida
26	K_2O	Kalium Oksida
27	TiO_2	Titanium Dioksida
28	H_2O	Air
29	NaOH	Natrium Hidroksida
30	N_2	Nitrogen
31	CO_2	Karbon Dioksida
32	Si/Al	Rasio Silika terhadap Alumina
33	μm	Mikrometer
34	$^{\circ}\text{C}$	Derajat Celcius
35	kV	Kilovolt
36	Pa	Pascal
37	θ	Sudut Difraksi
38	cm^{-1}	Bilangan Gelombang
39	CH_4	Metana
40	HFCs	Hydroflourocarbons
41	PFCs	Perfluorocarbons
42	SF_6	Sulfur Hexafluoride

DAFTAR SINGKATAN

No	Simbol	Arti Simbol / Kepanjangan
1	MAH	Microwave Assisted Hydrothermal
2	XRD	X-Ray Diffraction
3	FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
4	SEM	Scanning Electron Microscopy
5	SEM-EDS	Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy
6	FAU	Faujasite (Struktur Zeolit Y)
7	FCC	Fluid Catalytic Cracking
8	GRK	Gas Rumah Kaca



UNIVERSITAS
MERCU BUANA