



SINTESIS ZSM-23 DENGAN VARIASI RASIO $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ BESERTA KARAKTERISTIK STRUKTUR, GUGUS FUNGSI, DAN SIFAT ASAMNYA

AULIYA ISNAYNI



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Sintesis ZSM-23 dengan Variasi Rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ beserta Karakteristik Struktur, Gugus Fungsi, dan Sifat Asamnya” adalah karya saya dengan arahan dari pembimbing Pertamina dan dosen pembimbing akademik, serta belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Auliya Isnayni
G4401221078

ABSTRAK

AULIYA ISNAYNI. Sintesis ZSM-23 dengan Variasi Rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ beserta Karakteristik Struktur, Gugus Fungsi, dan Sifat Asamnya. Dibimbing oleh TRIVADILA dan RIZKI EKANANDA.

ZSM-23 berhasil disintesis secara hidrotermal menggunakan *pyrrolidine* sebagai *organic structure-directing agent* (OSDA) dengan variasi rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ aktual sebesar 45, 87, dan 137. Karakterisasi XRD menunjukkan seluruh sampel memiliki puncak difraksi khas kerangka MTT yaitu kode topologi kerangka zeolit menurut *International Zeolite Association* (IZA) tanpa ditemukannya fase pengotor, dengan kristalinitas relatif tertinggi pada Na-ZSM-23-87 sebesar 87,58%. Spektra FTIR mengkonfirmasi terbentuknya kerangka aluminosilikat ZSM-23 melalui pita serapan karakteristik pada 1218–1041, 810, dan 550 cm^{-1} , serta tidak terdeteksinya pita C–H pada 2800–3000 cm^{-1} yang mengindikasikan keberhasilan kalsinasi dalam menghilangkan molekul OSDA dari pori zeolit. Analisis NH_3 -TPD menunjukkan bahwa peningkatan rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ menyebabkan penurunan total dan kekuatan keasaman zeolit. Rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 87 menghasilkan karakteristik terbaik ditinjau dari kristalinitas tertinggi, struktur MTT yang terdefinisi baik, serta keasaman yang tetap memadai setelah konversi menjadi H-ZSM23-87.

Kata kunci: hidrotermal, MTT, *pyrrolidine*, rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, ZSM-23.

ABSTRACT

AULIYA ISNAYNI. Effect of $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Ratio on Structural Characteristics, Functional Groups, and Acidity of ZSM-23. Supervised by TRIVADILA and RIZKI EKANANDA.

ZSM-23 was successfully synthesized via the hydrothermal method using *pyrrolidine* as an organic structure-directing agent (OSDA) with actual $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratios of 45, 87, and 137. XRD characterization showed that all samples exhibited diffraction peaks characteristic of the MTT framework topology code assigned according to the International Zeolite Association (IZA) with no impurity phases detected, and the highest relative crystallinity was obtained for Na-ZSM23-87 at 87,58%. FTIR spectra confirmed the formation of the ZSM-23 aluminosilicate framework through characteristic absorption bands at 1218–1041, 810, and 550 cm^{-1} , while the absence of C–H stretching bands at 2800–3000 cm^{-1} indicated successful removal of OSDA molecules from zeolite pores upon calcination. NH_3 -TPD analysis revealed that increasing the $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio led to a decrease in both the total acidity and acid strength of the zeolite. A $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio of 87 yielded the best overall characteristics in terms of the highest crystallinity, well-defined MTT structure, and adequate acidity retained after conversion to H-ZSM23-87.

Keywords: hydrothermal, MTT, *pyrrolidine*, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio, ZSM-23.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

SINTESIS ZSM-23 DENGAN VARIASI RASIO $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ BESERTA KARAKTERISTIK STRUKTUR, GUGUS FUNGSI, DAN SIFAT ASAMNYA

AULIYA ISNAYNI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Kimia

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

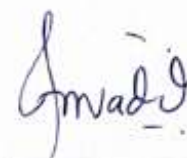
- 1 Dr. Zaenal Abidin, S.Si. M. Agr.
- 2 Dr. Drs. Muhammad Farid, M.Si.
- 3 Prof. Dr. Dra. Eti Rohaeti, MS.

Judul Skripsi : Sintesis ZSM-23 dengan Variasi Rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ beserta
Karakteristik Struktur, Gugus Fungsi, dan Sifat Asamnya

Nama : Auliya Isnayni
NIM : G4401221078

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Trivadila, S.Si., M.Si., Ph.D.



Pembimbing 2:
Dr. Rizki Ekananda, S.Si., M.T.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Kimia:
Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini Pradono, M.Sc.Agr.
NIP 196707301991032001



Tanggal Ujian: 20 juli 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Juni 2026 ini ialah eksplorasi zeolit dengan judul “Sintesis ZSM-23 dengan Variasi Rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ beserta Karakteristik Struktur, Gugus Fungsi, dan Sifat Asamnya”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Trivadila, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Dr. Rizki Ekananda, S.Si, M.T. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada staf Pertamina, Bu Nari, Mas Dwi, Mas Iman, Mas Zein, Mas Afif, Mas Barkah, dan Mba Wilda yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayahanda Zuferryzal, Ibunda Noer Ridha, Kakak Zahira Tsoraya S.Farm., Adik Khansaa Ranna Luthfiya serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Utin Khansa, Nur Rahmadani, Yolanda Salsabila, Aisya Farhana, Khalda Azhar, Gina Wardayanti, Siti Arinda, Renata Lies, Sanaya Nurhaliza, Salwa Salsabila, Wilda Na Mora, Azzahra Salsabila, Ryandra Putri, Nabila Amalia, Amanda Paramadita, Lulu Nabilah, Luthful Hakim, Adhirajasa Maximillian, Muchamad Aldi, Tria Rizqi, Arif Nugroho, Ari Himawan, Aulia Rivianti, Sri Sandra, Samuel Krishna, Diva Kamila, Firmansyah, Halim Kardinal, Daiva Kefee, Melkhior Felix, Chika Ananda, Anggi Azzahra, Intan Nadira, Alfiyan Ramadhan, Rachmad Wirahadi, Tarissa Rachelia, Shafira, dan teman-teman lainnya yang telah membantu, memberikan masukan, saran, motivasi, dan dukungan moral sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan penelitian karya ilmiah ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Auliya Isnayni



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	4
III HASIL DAN PEMBAHASAN	9
3.1 Sintesis ZSM-23	9
3.2 Karakterisasi Struktur Kristal ZSM-23 Menggunakan XRD	11
3.3 Pertukaran Ion Na-ZSM-23 menjadi H-ZSM-23	14
3.4 Karakterisasi Gugus Fungsi ZSM-23	16
3.5 Sifat Keasaman ZSM-23	20
IV SIMPULAN DAN SARAN	22
4.1 Simpulan	22
4.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	28
RIWAYAT HIDUP	36

DAFTAR TABEL

2.1 Variasi parameter rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ pada sintesis ZSM-23	5
3.1 Parameter sintesis ZSM-23 berdasarkan literatur	10
3.2 Posisi puncak XRD (2θ) Na-ZSM-23 hasil sintesis duplo	13
3.3 Kristalinitas relatif Rata-rata Na-ZSM-23 hasil sintesis duplo	13
3.4 Kristalinitas sebelum dan sesudah pertukaran ion	16
3.5 Perbandingan bilangan gelombang FTIR hasil penelitian dengan referensi ZSM-23	17
3.6 Data keasaman ZSM-23 hasil analisis NH_3 -TPD	22

DAFTAR GAMBAR

3.1 Padatan hasil sintesis Na-ZSM-23	11
3.2 Pola difraksi sinar-X Na-ZSM-23 hasil sintesis	12
3.3 Pola difraksi sinar-X ZSM-23 referensi IZA	12
3.4 Pola difraksi sinar-X H-ZSM-23	16
3.5 Spektra FTIR	17
3.6 Struktur molekul PY	19
3.7 Struktur kerangka MTT	20
3.8 Mekanisme adsorpsi NH_3 pada situs asam Brønsted zeolit	20
3.9 Mekanisme adsorpsi NH_3 pada situs asam Lewis zeolit	20
3.10 Kurva NH_3 -TPD ZSM-23 hasil sintesis	22

DAFTAR LAMPIRAN

1 Diagram alir penelitian	29
2 Komposisi massa aktual pada sampel sintesis ZSM-23 berdasarkan penimbangan	30
3 Komposisi massa aktual pada sampel sintesis ZSM-23 berdasarkan penimbangan (Lanjutan)	31
4 Posisi puncak XRD (2θ) fase pengotor yang berpotensi terbentuk pada sintesis ZSM-23	31
5 Kristalinitas Na-ZSM-23 berdasarkan luas puncak difraksi XRD	31