

SINTESIS FOTOKATALIS KOMPOSIT ZEOLIT ALAM- $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA BIRU METILENA

WILDA NA MORA SIREGAR



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 Fotokatalis Komposit Zeolit Alam–TiO₂/ZnO/CuO untuk Fotodegradasi Zat Warna Biru Metilena” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan 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

Wilda Na Mora Siregar
G4401221049

ABSTRAK

WILDA NA MORA SIREGAR. Sintesis Fotokatalis Komposit Zeolit Alam-TiO₂/ZnO/CuO untuk Fotodegradasi Zat Warna Biru Metilena. Dibimbing oleh KOMAR SUTRIAH dan SRI MULIJANI.

Industri tekstil menghasilkan limbah cair yang mengandung zat warna sintetik, salah satunya biru metilena yang bersifat karsinogenik, mutagenik, dan sukar terdegradasi secara alami, tetapi dapat diatasi melalui fotodegradasi menggunakan fotokatalis. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kesesuaian rasio optimum zeolit alam-TiO₂/ZnO pada sistem zeolit alam-TiO₂/ZnO/CuO (ZA-TZC), menentukan komposisi terbaik, dan mengkarakterisasi material serta kinetika reaksinya. Fotokatalis disintesis menggunakan metode kopresipitasi dan impregnasi dengan berbagai variasi rasio. Data fotodegradasi dianalisis menggunakan ANOVA dua arah dengan replikasi. Rasio ZA:TZC (75:25) terkonfirmasi sebagai komposisi terbaik dengan persen degradasi tertinggi sebesar 92,42% di bawah sinar UV 18 W dan sinar tampak 10 W. Hasil ANOVA membuktikan bahwa penyinaran dan komposisi fotokatalis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persen degradasi. Karakterisasi XRD menunjukkan keberhasilan sintesis. Kinetika reaksi fotodegradasi mengikuti model orde pertama. Komposit ZA:TZC (75:25) berpotensi dikembangkan sebagai fotokatalis untuk pengolahan limbah cair yang mengandung zat warna biru metilena.

Kata kunci: biru metilena, fotodegradasi, fotokatalis, komposit, zeolit alam

ABSTRACT

WILDA NA MORA SIREGAR. Synthesis of Natural Zeolite Composite Photocatalyst-TiO₂/ZnO/CuO for Photodegradation of Methylene Blue Dye. Supervised by KOMAR SUTRIAH and SRI MULIJANI.

The textile industry produces liquid waste containing synthetic dyes, one of which is methylene blue, which is carcinogenic, mutagenic and resistant to natural degradation but can be overcome through photodegradation using a photocatalyst. This research aims to evaluate the suitability of the optimum ratio of natural zeolite-TiO₂/ZnO when applied to the natural zeolite-TiO₂/ZnO/CuO (ZA-TZC) system, to determine the best composition, and to characterize the material and its reaction kinetics. The photocatalyst was synthesized using coprecipitation and impregnation methods with various ratios. Photodegradation data were analyzed using two way ANOVA with replication. The ZA:TZC ratio of 75:25 was confirmed as the best composition with the highest degradation percentage of 92,42% under 18 W UV and 10 W visible light irradiation. ANOVA results proved that irradiation and photocatalyst composition had a significant effect on the degradation percentage. XRD characterization confirmed the success of the synthesis. The photodegradation reaction kinetics followed a first-order model. The ZA:TZC (75:25) composite has the potential to be developed as a photocatalyst for the treatment of liquid waste containing methylene blue dye.

Keywords: composite, methylene blue, natural zeolite, photocatalyst, photodegradation



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 2026¹
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 FOTOKATALIS KOMPOSIT ZEOLIT ALAM- TiO₂/ZnO/CuO UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA BIRU METILENA

WILDA NA MORA SIREGAR

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Departemen Kimia

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

@Hak cipta milik 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Tetty Kemala, S.Si, M.Si.
2. Novriyandi Hanif, S.Si., M.Sc., D.Sc.
3. Dr. Wulan Tri Wahyuni, S.Si, M.Si .



@Hak cipta milik 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.

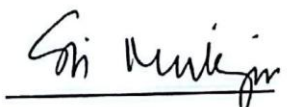
Judul Skripsi : Sintesis Fotokatalis Komposit Zeolit Alam–TiO₂/ZnO/CuO untuk
Fotodegradasi Zat Warna Biru Metilena
Nama : Wilda Na Mora Siregar
NIM : G4401221049

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Drs. Komar Sutriah, M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Dra. Sri Mulijani, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini, M.Sc. Agr
NIP 1967070301991032001



Tanggal Ujian: 30 Juni 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

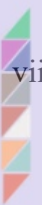
Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan April 2026 ini ialah fotokatalis dan fotodegradasi dengan judul “Sintesis Fotokatalis Komposit Zeolit Alam–TiO₂/ZnO/CuO untuk Fotodegradasi Zat Warna Biru Metilena”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Drs. Komar Sutriah, M.Si. dan Dr. Dra. Sri Mulijani, M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kemendikbudristek, melalui Beasiswa Kartu Indonesia Pintar (KIP) Kuliah yang telah memberikan dukungan dan bantuan biaya pendidikan selama penulis menempuh studi. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Ibu Riska dan Bapak Mail selaku Pranata Laboratorium Kimia Fisik IPB, Mas Rohmat selaku Pranata Laboratorium Kimia Anorganik IPB, Bapak Iyan dan Kak Hana selaku Pranata Laboratorium Terpadu IPB yang telah banyak memberikan bantuan selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ayah Basaruddin Siregar, Almh. Ibunda Mardiah Hasibuan, Ibu Rosmiati, Ayah Ahmad Panusunan, Kak Winda, Kak Yuni, Abang Fadil, Abang Andre dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Shafa Rahmayani, Esmeralda Cinthia, Hilmi Izdiyar, Ari Himawan, Farrel Rafli, Relita Anugerah, Azzahra Salsabila, Auliya Isnayni, Sanaya, Salwa, dan Ryandra yang telah membantu memberikan masukan, saran, motivasi dan dukungan sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan karya ilmiah ini.

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

Bogor, Juli 2026

Wilda Na Mora Siregar



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	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	4
2.4 Analisis Data	7
III HASIL DAN PEMBAHASAN	8
3.1 Zeolit Alam Teraktivasi	8
3.2 Sintesis $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (TZC)	10
3.3 Sintesis Komposit Zeolit Alam– $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (ZA–TZC) dengan Berbagai Variasi Rasio	13
3.4 Panjang Gelombang Maksimum Pewarna Biru Metilena	14
3.5 Kurva Standar Pewarna Biru Metilena	15
3.6 Fotodegradasi Pewarna Biru Metilena dengan Berbagai Perlakuan	16
3.7 Karakterisasi XRD Fotokatalis Komposit Zeolit Alam– $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (ZA–TZC)	23
3.8 Kinetika Zeolit alam– $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (ZA–TZC)	26
IV SIMPULAN DAN SARAN	29
4.1 Simpulan	29
4.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	36
RIWAYAT HIDUP	56

DAFTAR TABEL

3.1	Rendemen hasil sintesis fotokatalis $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (TZC)	12
3.2	Rendemen hasil sintesis fotokatalis Zeolit alam- $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (ZA-TZC) dengan variasi rasio	14
3.3	Deret standar biru metilena	16
3.4	Hasil uji kinetika Zeolit alam- $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (ZA-TZC) terhadap fotodegradasi biru metilena	27

DAFTAR GAMBAR

3.1	Zeolit alam sebelum aktivasi (A) setelah aktivasi (B)	9
3.2	Reaksi zeolit dengan HCl	10
3.3	Sintesis komposit $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (TZC)	12
3.4	Hasil sintesis fotokatalis ZA-TZC 85:15 (A), 65:35 (B), dan 75:25 (C)	13
3.5	Struktur biru metilena	15
3.6	Panjang gelombang maksimum pewarna biru metilena	15
3.7	Kurva standar pewarna biru metilena	16
3.8	Hasil pengujian zeolit alam teraktivasi terhadap biru metilena	18
3.9	Hasil fotodegradasi biru metilena dengan penyinaran dan tanpa fotokatalis	19
3.10	Perbandingan fotodegradasi dengan dan tanpa penyinaran	20
3.11	Mekanisme aktivitas fotokatalitik dari komposit $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (TZC) (Taufik <i>et al.</i> 2017)	21
3.12	Difraktogram Fotokatalis Zeolit alam- $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (ZA:TZC), (a) 100:0, (b) 0:100, dan (c) 75:25	24
3.13	Kurva linear dari persamaan orde satu pada kinetika reaksi fotodegradasi oleh komposit ZA-TZC	27

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir penelitian	37
2	Pehitungan rendemen zeolit alam teraktivasi	38
3	Perubahan warna larutan $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$	38
4	Reaksi dan perhitungan rendemen fotokatalis komposit $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ hasil sintesis	39
5	Massa prekursor $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ yang harus ditimbang	39
6	Perhitungan rendemen fotokatalis $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$	40
7	Perhitungan rendemen fotokatalis komposit Zeolit alam- $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ hasil sintesis	40
8	Data biru metilena dengan zeolit alam teraktivasi	41
9	Fotodegradasi biru metilena dengan penyinaran tanpa fotokatalis	41
10	Data fotodegradasi biru metilena dengan fotokatalis tanpa penyinaran	42
11	Data fotodegradasi biru metilena dengan fotokatalis dan penyinaran	44
12	Hasil fotodegradasi biru metilena setelah koreksi	45
13	Anova <i>two way</i> fotodegradasi biru metilena	46
14	Difraktogram menggunakan HKL	49
15	Ukuran kristalit zeolit alam teraktivasi (ZA)	49
16	Ukuran kristalit $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (TZC)	49
17	Ukuran kristalit Zeolit alam- $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$ (ZA-TZC)	50
18	Data kinetika reaksi fotodegradasi komposit Zeolit alam- $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$	50
19	Data kinetika reaksi fotodegradasi komposit Zeolit alam- $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$	51
20	Kurva linear dari persamaan kinetika Zeolit alam- $\text{TiO}_2/\text{ZnO}/\text{CuO}$	51
21	Database IZA mordenit dan analisis data Highscore	53
22	Mekanisme Zeolit- TiO_2	55