

**Sintesis Fotokatalis Nanokomposit ZnO-Xanthan Gum dengan Metode
Sol-Gel dan Uji Aktivitasnya dalam Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagai persyaratan

Mencapai derajat Sarjana S-1



Oleh:

Rayhan Rabbani

20106030053

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2024



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1570/Un.02/DST/PP.00.9/08/2024

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Fotokatalis Nanokomposit ZnO-Xanthan Gum dengan Metode Sol-Gel dan Uji Aktivitasnya dalam Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : RAYHAN RABBANI
Nomor Induk Mahasiswa : 20106030053
Telah diujikan pada : Selasa, 20 Agustus 2024
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc
SIGNED

Valid ID: 66c48e9455dd6



Penguji I

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 66c7e644a038e



Penguji II

Khamidinal, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 66c7eb695043f



Yogyakarta, 20 Agustus 2024
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si
SIGNED

Valid ID: 66cct86c248f9f



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Rayhan Rabbani
NIM : 20106030053
Judul Skripsi : Sintesis Fotokatalis Nanokomposit ZnO-Xanthan Gum dengan Metode Sol-Gel dan Uji Aktivitasnya dalam Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru

sudah dapat diajukan kembali kepada Fakultas Program Studi Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Yogyakarta, 29 Juli 2024

Pembimbing

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc

NIP. 19811111 201101 1 007

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rayhan Rabbani

NIM : 20106030053

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Sintesis Fotokatalis Nanokomposit ZnO-Xanthan Gum dengan Metode Sol-Gel dan Uji Aktivitasnya dalam Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 14 Agustus 2024

Penulis



BFA9EALX335217550

Rayhan Rabbani

NIM. 20106030053

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

Anas Ra. Meriwayatkan bahwa Rasullullah Saw. Bersabda:

“Menuntut ilmu itu hukumnya wajib untuk setiap orang muslim”



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

*Allah SWT, , atas segala rahmat, hidayah, dan kesempatan yang telah
Engkau berikan.*

*Rasulullah SAW, suri teladan, atas ilmu dan akhlak mulia yang menjadi
inspirasi.*

*Kedua orang tua tersayang, yang selalu memberikan doa, dukungan, dan
kasih sayang tanpa batas.*

Keluarga besar, yang selalu memberikan semangat dan motivasi.

*Para guru dan dosen pembimbing, yang telah sabar membimbingku dalam
menuntut ilmu.*

Serta para rekan seperjuangan, dan teman-teman sekalian

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kelancaran sehingga skripsi yang berjudul “Sintesis Fotokatalis Nanokomposit ZnO-Xanthan Gum dengan Metode Sol-Gel dan Uji Aktivitasnya dalam Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru” dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, semangat, doa maupun ide sehingga tahap demi tahap penyusunan tugas akhir ini dapat dilalui. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi.
3. Bapak Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar serta ikhlas meluangkan waktunya untuk membimbing selama penelitian dan banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membimbing dan mengajarkan banyak hal selama studi terutama dalam bidang kimia.
5. Seluruh Staf Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta terutama Bapak A. Wijayanto, S.Si., Indra Naviyanto, S.Si., dan Ibu Isni Gustanti, S.Si. yang telah membantu dalam penelitian sehingga dapat berjalan dengan lancar.
6. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.

7. Kedua orang tua, Bapak dan Ibu serta keluarga yang tak pernah lupa mendoakan demi kelancaran penyusunan skripsi ini.
8. Seluruh teman-teman *Hydroxl* kimia angkatan 2020 yang telah banyak memberikan semangat dan dukungan selama ini.
9. Teman-teman di laboratorium penelitian kimia UIN Sunan Kalijaga atas saran dan bantuannya.
10. Tim riset fotokatalis, Nada Hamida dan Heti Hermawati yang selama ini telah banyak membantu dalam pengerjaan di laboratorium.
11. Semua pihak yang tidak bisa disebut satu per satu atas bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.

Demi kesempurnaan skripsi ini, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penyusun berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khususnya.

Yogyakarta, 27 Juli 2024

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

SURAT PENGESAHAN	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTOv	
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	17
A. Latar Belakang	17
B. Rumusan Masalah	19
C. Tujuan Penelitian	19
D. Batasan Penelitian	20
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	21
A. Tinjauan Pustaka.....	21
B. Landasan Teori.....	22
1. Fotokatalis.....	22
2. Zinc Oxide (ZnO)	23
3. Xanthan Gum	24
4. Metode Sintesis Sol-Gel	25
5. Sintesis ZnO-XG dengan Metode Sol-Gel	27
6. Metilen Biru.....	30
7. Analisis Instrumen	34
a. <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR)	34
b. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	35
c. Spektroskopi Difusi Reflektansi (DRS).....	36
d. Spektrofotometer UV-Vis	37

8. Studi Kinetika Fotokatalis	38
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis	39
1. Hipotesis karakterisasi ZnO-Xanthan gum.....	39
2. Hipotesis aktivitas fotokatalis.....	41
3. Hipotesis kinetika fotodegradasi.....	41
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	43
A. Waktu dan Tempat Penelitian	43
B. Alat-alat Penelitian.....	43
C. Bahan Penelitian.....	43
D. Cara Kerja Penelitian	43
1. Preparasi Gel Xanthan Gum	43
2. Pembuatan Komposit ZnO-Xanthan Gum.....	44
3. Uji Aktivitas ZnO-Xanthan Gum	44
a. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Metilen biru ...	44
b. Pembuatan Kurva Standar Larutan Standar Metilen biru	44
c. Pengaruh Variasi Waktu Kontak.....	45
d. Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal Larutan Metilen biru..	45
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
A. Karakterisasi Material Fotokatalis ZnO-XG	46
1. Hasil karakterisasi FTIR	46
2. Hasil karakterisasi XRD	47
3. Hasil karakterisasi UV-Vis DRS	51
B. Hasil Uji Aktivitas Fotokatalis	53
C. Kinetika Reaksi Degradasi Metilen Biru dengan ZnO-XG.....	57
1. Penentuan Orde Laju Degradasi Metilen Biru.....	57
2. Hasil Uji Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal Metilen Biru terhadap Kinetika Reaksi.....	61
BAB V. PENUTUP	64
A. Kesimpulan	64
B. Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66

LAMPIRAN-LAMPIRAN	72
Daftar Riwayat Hidup	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Mekanisme degradasi polutan dalam air dengan fotokatalis (Hamad <i>et al.</i> , 2020).....	23
Gambar II.2	Aplikasi ZnO dalam berbagai industri (Kołodziejczak-Radzimska and Jesionowski, 2014)	24
Gambar II.3.	Struktur utama dari xanthan gum (Chaturvedi <i>et al.</i> , 2021)	25
Gambar II.4	Proses sintesis metode sol-gel (Bokov <i>et al.</i> , 2021)	26
Gambar II.5	Rute sintesis sol-gel nonhidrolitik.....	27
Gambar II.6	Ilustrasi kesetimbangan kimia pada proses hidrolisis dan kondensasi sol-gel pada sistem etanolik (L. Znaidi <i>et al.</i> , 2003)	27
Gambar II.7	Proses Pelarutan Xanthan Gum dengan Air.....	28
Gambar II.8	Disosiasi $\text{Zn}(\text{Ac})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	29
Gambar II.9	Proses reaksi pembentukan ZnO melalui esterifikasi Zn asetat dan etanol (Du <i>et al.</i> , 2004)	29
Gambar II.10	Mekanisme sol-gel sintesis ZnO-Xanthan gum	30
Gambar II.11	Struktur metilen biru dalam keadaan teroksidasi dan tereduksi (Khan <i>et al.</i> , 2022)	31
Gambar II.12	Efek bahaya cemaran metilen biru (Khan <i>et al.</i> , 2022).....	32
Gambar II.13	Mekanisme jalur degradasi metilen biru melalui proses fotokatalisis (Khan <i>et al.</i> , 2022).....	33
Gambar II.14	Spektrum FTIR ikatan M-O (Zn-O) (Yao <i>et al.</i> , 2016).....	34
Gambar II.15	Difraktogram ZnO hasil sintesis yang dibandingkan dengan data standar JCPDS ZnO heksagonal (Guo <i>et al.</i> , 2015).....	35
Gambar IV.1	Spektrum FTIR ZnO-XG, ZnO, dan Xanthan gum	46
Gambar IV.2	Spektrum difraktogram XRD ZnO-XG, ZnO bulk, dan ZnO JCPDS 35-1451.....	48
Gambar IV.3	Plot energi <i>Band Gap</i> (E_g) ZnO-XG dan ZnO (bulk).....	51
Gambar IV.4	Skema eksitasi elektron pada fotokatalis ZnO-Xanthan gum (Aulia, 2022)	53
Gambar IV.5	Grafik penentuan lambda maks metilen biru.	54
Gambar IV.6	Kurva kalibrasi larutan standar metilen biru.....	55

Gambar IV.7	Persentase degradasi metilen biru dengan dan tanpa paparan UV pada variasi waktu kontak.....	56
Gambar IV.8	Tingkat penghilangan metilen biru dengan ZnO-XG pada variasi konsentrasi	57
Gambar IV.9	Grafik penurunan konsentrasi metilen biru dengan ZnO-XG pada variasi waktu kontak.	58
Gambar IV.10	Penentuan Orde Reaksi Degradasi Metilen Biru (merah: dengan UV, biru: tanpa UV).....	58
Gambar IV.11	Grafik olah data model kinetika Ho	60
Gambar IV.12	Penurunan konsentrasi metilen biru pada variasi konsentrasi awal menggunakan ZnO-XG.....	61
Gambar IV.13	Kinetika laju reaksi orde 2 dari fotokatalis ZnO-XG pada variasi konsentrasi awal metilen biru.....	62
Gambar IV.14	Perbandingan variasi konsentrasi awal metilen biru terhadap nilai k laju fotodegradasi.	63

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1	Tabel perbandingan sudut 2θ pola difraksi ZnO, ZnO-XG, dan JCPDS	49
Tabel IV.2	Data penentuan ukuran partikel ZnO-Xanthan gum	50
Tabel IV.3	Data penentuan ukuran partikel ZnO bulk	50
Tabel IV.4	Perbandingan nilai energi band gap dan ukuran partikel ZnO....	52
Tabel IV.4	Perbandingan koefisien korelasi (R^2).....	59
Tabel IV.5	Perbandingan konstanta laju variasi konsentrasi metilen biru	62



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Dokumentasi penelitian.....	72
Lampiran 2	Data spektrum FTIR ZnO-XG, ZnO, dan XG	73
Lampiran 3	Diffraktogram XRD ZnO-XG, ZnO, dan JCPDS 36-1451.....	74
Lampiran 4	Plot energi band gap ZnO bulk dan ZnO-XG dengan metode tauc plot	74
Lampiran 5	Database Diffraktogram JCPDS 36-1451	75
Lampiran 6	Perhitungan ukuran partikel dengan persamaan Scherrer.....	76
Lampiran 7	Data kurva kalibrasi standar metilen biru	77
Lampiran 8	Grafik lamda maks metilen biru.....	78
Lampiran 9	Perhitungan uji aktivitas fotokatalis terhadap metilen biru.....	78
Lampiran 10	Pengaruh variasi waktu kontak dan perlakuan penyinaran UV terhadap aktivitas fotokatalis.....	79
Lampiran 11	Kinetika penentuan orde laju	81
Lampiran 12	Penentuan nilai k model kinetika Ho	82
Lampiran 13	Pengaruh variasi konsentrasi awal metilen biru terhadap aktivitas fotokatalis.....	83

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK

Sintesis Fotokatalis Nanokomposit ZnO-Xanthan Gum dengan Metode Sol-Gel dan Uji Aktivitasnya dalam Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru

Oleh:

Rayhan Rabbani
NIM. 20106030053

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc
NIP. 19811111 201101 1 007

Nanokomposit ZnO-Xanthan Gum telah disintesis sebagai fotokatalis untuk fotodegradasi zat warna metilen biru. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sintesis ZnO-Xanthan Gum dengan metode sol-gel, struktur molekul, energi band gap (Eg), fasa kristal, mempelajari aktivitas fotokatalisis terhadap fotodegradasi zat warna metilen biru pada variasi waktu kontak dan konsentrasi zat warna. Kemudian menganalisis kinetika fotodegradasi metilen biru untuk menentukan orde laju reaksi pada variasi waktu kontak dan pengaruh variasi konsentrasi metilen biru terhadap laju reaksi.

Preparasi sintesis ZnO-Xanthan Gum dilakukan melalui metode sol-gel menggunakan prekursor Zn-asetat dihidrat ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan Xanthan Gum sebagai aditif penstabil dalam pelarut etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Kondisi sintesis ZnO-Xanthan Gum dikalsinasi pada suhu 700°C selama 1 jam dan penambahan Xanthan Gum 0,4%. Hasil kristal ZnO-Xanthan Gum dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, XRD, FTIR, dan DRS UV-Vis. Aktivitas fotokatalisis diuji dalam kondisi dengan dan tanpa penyinaran UV pada variasi waktu kontak 1, 2, 3, 4, 5, dan 6; variasi konsentrasi metilen biru 1, 2, dan 3 ppm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kristal ZnO-Xanthan Gum telah terbentuk pola difraksi sesuai dengan data difraksi ZnO murni dan standar JCPDS 36-1451 yang menunjukkan fasa kristal wurztite heksagonal. Serapan khas xanthan gum muncul pada bilangan gelombang $2931,80 \text{ cm}^{-1}$ dan keberadaan ikatan keberadaan Zn-O pada serapan $493,78 \text{ cm}^{-1}$. Besar energi band gap komposit ZnO-Xanthan Gum yaitu sebesar 3,16 eV. Hasil uji aktivitas menunjukkan kondisi optimal persentase degradasi didapat pada variasi waktu kontak 4 jam baik pada perlakuan dengan UV ataupun tanpa UV, kinetika reaksi fotodegradasi mengikuti persamaan laju pseudo orde 2. Laju fotodegradasi menurun seiring bertambahnya konsentrasi zat warna metilen biru.

Kata kunci: $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Fotokatalis, ZnO, Xanthan gum, Metilen Biru, Sol-Gel.

BAB I.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Riset tentang nanoteknologi (Nurbaya Sari et al., 2017) oksida logam, banyak dimanfaatkan dalam beragam bidang seperti konversi energi matahari, katalisis, dan sensor (Joshi et al., 2023). ZnO (ZnO), merupakan semikonduktor, ditemukan secara alami di mineral zincate. Sifat-sifat ZnO diantaranya memiliki ketahanan termal yang tinggi, konduktivitas listrik yang minim, dan kemampuan antibakteri serta antikorosi, menjadikannya material yang bernilai dalam berbagai aplikasi industri (Alias and Mohamad, 2014). ZnO banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti pembuatan kapasitor, pelapis pelindung, fotolitografi, teknologi sel surya, elektrofotografi. Sifat-sifat unik ini juga menjadikan nanopartikel ZnO sebagai material yang berpotensi sebagai fotokatalisis, sensor, dan elektronika (Vishwakarma and Singh, 2020). ZnO relatif mudah terdispersi dalam air dan berakhir sebagai Zn di ekosistem sehingga tidak berpotensi mencemari lingkungan. ZnO memiliki *Energi Gap* (Eg) sekitar 3,2 – 3,37 eV sehingga hanya bisa diaplikasikan dibawah sinar UV ($\lambda < 387$ nm) (Hakim dan Haris, 2016). Menurut Hussien (2007) ZnO merupakan fotokatalisis yang memiliki kemampuan bagus dalam fotodegradasi zat warna. Menurut Sakthivel dkk. (2003) ZnO merupakan fotokatalisis yang paling aktif dalam mendegradasi zat warna Azo.

Pembuatan bubuk ZnO berukuran nano dengan metode sol-gel sangat diminati karena prosesnya mudah, murah, dapat diandalkan, bisa diulang, dan dilakukan dalam kondisi yang tidak terlalu ekstrem. Metode ini memungkinkan untuk mengubah permukaan ZnO dengan bahan organik tertentu. Perubahan ini membuat sifat-sifat ZnO menjadi berbeda dan bisa digunakan untuk berbagai macam aplikasi (Kołodziejczak-Radzimska and Jesionowski, 2014). Proses sintesis sol-gel secara garis besar terdiri dari homogenisasi, hidrolisis, polikondensasi, aging, drying, dan dekomposisi termal (Bokov et al., 2021). Sintesis ZnO sebagai fotokatalis pada penelitian terkini menunjukkan pengaruh peningkatan suhu kalsinasi yakni memberikan hasil peningkatan aktivitas

fotokatalis (Kumar, Rao, and Rao, 2022), peningkatan luas permukaan partikel, peningkatan sifat kristalinitas (Sangchay and Ubolchollakhat, 2016), penyerapan cahaya bergeser ke panjang gelombang (λ) yang lebih panjang, dan energi celah pita (E_g) lebih rendah (Sugihartono *et al.*, 2019).

Peningkatan kinerja fotokatalisis pada proses sintesis ZnO dibutuhkan penambahan penstabil homogen dan terdispersi sempurna. Penambahan stabilizer dietanolamin (DEA) atau monoetanolamin (MEA) seperti yang dilakukan L. Znaidi *et al.* (2003) kurang ramah lingkungan karena bersifat karsinogen, sehingga dibutuhkan stabilizer yang lebih ramah lingkungan. Xanthan Gum merupakan polisakarida yang dapat menggantikan DEA ataupun MEA sebagai stabilizer karena memiliki rantai utama terdiri dari D-glukonat yang dapat berperan sebagai agen pengontrol pertumbuhan nano partikel serta sebagai agen polimerasi (Liu *et al.*, 2015). Penambahan stabilizer xanthan gum berfungsi secara langsung dalam memodifikasi struktur material ZnO menjadi ukuran nano yang terdistribusi secara merata dan hal ini menjadi sebab peningkatan aktivitas fotokatalis dalam mendegradasi polutan.

Sintesis ZnO-Xanthan gum pada penelitian ini menggunakan Zn-Asetat dihidrat sebagai prekursor dengan Xanthan Gum sebagai stabilizer dalam pelarut etanol. Konsentrasi Xanthan Gum yang digunakan 0,4% dan temperatur kalsinasi 700⁰C selama 1 jam. Penentuan kondisi sintesis dalam penelitian ini dalam rangka mempelajari pengaruh perbedaan kondisi kalsinasi dengan hasil penelitian yang telah dilakukan penelitian sebelumnya (Ningrum, 2019; Suryaningrum, 2019; Azis, 2020; Aulia, 2022). Analisis karakterisasi hasil sintesis ZnO-Xanthan Gum dilakukan menggunakan instrumen Spektrofotometer Difusi Reflektansi (DRS) UV-Vis, *X-Ray Diffraction* (XRD), dan Spektroskopi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). Pengukuran hasil uji fotokatalis ZnO-Xanthan Gum terhadap aktivitas fotodegradasi metilen biru menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis. Penelitian ini juga mempelajari aktivitas fotokatalis ZnO-Xanthan Gum terhadap kinetika reaksi

fotodegradasi zat warna metilen biru berdasarkan variasi konsentrasi awal larutan metilen biru.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas disusun rumusan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik gugus fungsi, fasa kristal, dan sifat elektronik fotokatalis nanokomposit ZnO-Xantan gum hasil sintesis dengan FTIR, XRD dan DRS-UV?
2. Bagaimana aktivitas fotokatalitik dari fotokatalis nanokomposit ZnO-Xanthan Gum hasil sintesis pada variasi waktu kontak dan konsentrasi zat warna metilen biru.
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi awal larutan zat warna metilen biru yang terhadap perubahan laju reaksi fotodegradasi metilen biru dengan fotokatalis ZnO-Xanthan Gum?

C. Tujuan Penelitian

Merujuk pada latar belakang dan rumusan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari karakteristik gugus fungsi, fasa kristal, dan sifat elektronik fotokatalis nanokomposit ZnO-Xantan gum hasil sintesis dengan FTIR, XRD dan DRS-UV
2. Mempelajari aktivitas fotokatalitik dari fotokatalis nanokomposit ZnO-Xanthan Gum hasil sintesis pada variasi waktu kontak dan konsentrasi zat warna metilen biru.
3. Mempelajari kinetika fotodegradasi pengaruh variasi konsentrasi awal larutan zat warna terhadap laju reaksi fotodegradasi metilen biru dengan fotokatalis ZnO-Xanthan Gum.

D. Batasan Penelitian

Fokus ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada aspek-aspek berikut:

1. Senyawa prekursor yang digunakan adalah $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
2. Metode yang digunakan dalam sintesis ZnO-Xanthan Gum adalah metode *sol-gel* dengan pelarut etanol.
3. Konsentrasi Xanthan Gum 0,4% (w/v)
4. Kalsinasi dilakukan pada temperatur 700°C selama 1 jam.
5. Uji aktivitas fotodegradasi diamati pada parameter: variasi waktu kontak (1, 2, 3, 4, 5, dan 6 jam), dan variasi konsentrasi metilen biru (1, 2, dan 3 ppm) pada waktu kontak optimal.
6. Kinetika pengaruh aktivitas fotodegradasi terhadap laju reaksi diamati pada aspek : (1) perubahan konsentrasi metilen biru (1, 2, 3 ppm) pada waktu kontak 1, 2, 3, 4 jam ; (2) faktor perlakuan paparan sinar UV dan tanpa sinar UV.

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian sintesis fotokatalis ZnO-Xanthan gum melalui metode sol gel pada pelarut etanol dengan perlakuan kalsinasi 700°C untuk mengamati aktivitas fotodegradasi terhadap metilen biru dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil karakterisasi ZnO-Xanthan memberikan hasil:
 - a. Serapan gugus fungsi FTIR di sekitar 3300-3500 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus -OH dari gugus fenolik Xanthan gum. Serapan tajam 447,49 mengindikasikan terbentuknya ikatan logam-oksigen Zn-O.
 - b. Puncak difraksi yang sesuai dengan data difraksi ZnO bulk dan juga JCPDS no. 36-1451 berupa fasa wurztite hexagonal. Ukuran partikel rata-rata 77,15 nm dan ukuran kristal pada puncak dominan sebesar 44,54 nm.
 - c. Nilai energi *band gap* 3,16 eV yang lebih rendah dari data ZnO bulk teoritis 3,2-3,4 eV, namun lebih tinggi dari energi band gap ZnO bulk 2,98 eV.
2. Aktivitas fotokatalitik ZnO-Xanthan gum terhadap degradasi metilen biru mengalami peningkatan persentase degradasi pada waktu kontak 1-4 jam, kemudian terjadi penurunan persentase degradasi setelahnya. Hasil pengujian aktivitas pada variasi konsentrasi metilen biru didapatkan penurunan aktivitas seiring penurunan konsentrasi, hasil ini dimungkinkan kurang akurat karena selisih konsentrasi metilen biru tidak begitu jauh
3. Kinetika fotokatalis dipelajari untuk menentukan pada orde laju mana yang sesuai dalam proses fotodegradasi dan juga menganalisa pengaruh variasi konsentrasi awal metilen biru terhadap konstanta laju.
 - a. Berdasarkan plotting data penurunan konsentrasi metilen biru variasi waktu kontak ke persamaan laju orde 0, 1, dan 2, didapatkan orde 2 paling

sesuai baik pada perlakuan dengan UV dan tanpa UV dengan nilai R^2 yang paling mendekati 1 masing-masing sebesar 0,9853 dan 0,931. Penentuan nilai k dengan persamaan *pseudo second order* model kinetika Ho diperoleh sebesar $1,197 \times 10^{-1}$ g/mg menit⁻¹.

- b. Pengaruh variasi konsentrasi awal metilen biru terhadap laju didapatkan hasil, seiring dengan penurunan konsentrasi metilen biru dari 3 ppm ke 1 ppm terjadi peningkatan konstanta laju.

B. Saran

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan berikut saran yang dapat digunakan untuk diterapkan penelitian berikutnya:

1. Uji fotodegradasi dilakukan secara aplikatif langsung ke limbah cair dengan kandungan zat warna untuk melihat kemampuannya secara praktis
2. Melakukan sintesis fotokatalis dengan kombinasi penstabil lain yang memiliki sifat ramah lingkungan seperti xanthan gum.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, Sabiu., *et al.* (2016). "Simple Method For The Determination of Band Gap of a Nanopowdered Sample Using Kubelka Munk Theory". *Journal of the Nigerian Association of Mathematical Physics*. 35. pp. 241–246.
- Alias, Siti Salwa., and Mohamad, Ahmad Azmin. (2014). *Synthesis of Zinc Oxide by Sol–Gel Method for Photoelectrochemical Cells*. Singapore: Springer Singapore (SpringerBriefs in Materials). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-77-1>.
- Ashraf, Robina., *et al.* (2015). "Effect of Calcination on Properties of ZnO Nanoparticles". *Materials Today: Proceedings*. 2(10). pp. 5468–5472. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.11.071>.
- Aulia, Rizka. (2022). "Sintesis ZnO-Xanthan Gum dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue". *Skripsi*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga. Available at: <https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/56153/> (Accessed: 29 November 2023).
- Azis, Ainun Thamami. (2020). "Sintesis Komposit ZnO-Xanthan Gum sebagai Fotokatalis untuk Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange". *Skripsi*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga. Available at: <https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/42653/> (Accessed: 30 November 2023).
- Barzinjy, Azeez Abdullah., Hamad, Samir., and Azeez, Himdad. (2020). "Structure, Synthesis and Applications of ZnO Nanoparticles: A Review". *JJP*. 13(2). pp. 123–135. Available at: <https://doi.org/10.47011/13.2.4>.
- Bokov, Dmitry., *et al.* (2021). "Nanomaterial by Sol-Gel Method: Synthesis and Application". *Advances in Materials Science and Engineering*. 2021. Available at: <https://doi.org/10.1155/2021/5102014>.
- Bunaciu, Andrei A., Udriștioiu, Elena Gabriela., and Aboul-Enein, Hassan Y. (2015). "X-ray diffraction: instrumentation and applications". *Crit Rev Anal Chem*. 45(4). pp. 289–299. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.949616>.
- Chaturvedi, Surabhi., *et al.* (2021). "A Review on Properties and Applications of Xanthan Gum", in A. Vaishnav and D.K. Choudhary (eds) *Microbial Polymers*. pp. 87–107. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-16-0045-6_4.
- Cisilya, Theresia., Lestario, Lydia., and Cahyanti, Margareta. (2017). "Kinetika Degradasi Serbuk Antosianin Daun Miana (*Coleous scutellarioides* L. Benth) Var. *Crispa* Hasil Mikroenkapsulasi". *Chimica et Natura Acta*. 5. p. 146. Available at: <https://doi.org/10.24198/cna.v5.n3.16063>.

- Dachriyanus (2017). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas. Available at: <https://doi.org/10.25077/car.3.1>.
- Darroudi, Majid., *et al.* (2013). "Sol-gel synthesis, characterization, and neurotoxicity effect of zinc oxide nanoparticles using *gum tragacanth*". *Ceramics International*. 39(8). pp. 9195–9199. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.05.021>.
- Du, Hongchu., *et al.* (2004). "A New Reaction to ZnO Nanoparticles". *Chemistry Letters - CHEM LETT*. 33. pp. 770–771. Available at: <https://doi.org/10.1246/cl.2004.770>.
- Ghasemi, Ali. (2022). "Chapter 7 - Nanoferrite photocatalysts", *Micro and Nano Technologies in A. Ghasemi (ed.) Magnetic Ferrites and Related Nanocomposites*. Elsevier (Micro and Nano Technologies). pp. 521–585. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824014-4.00006-8>.
- Guo, Hong-Li., *et al.* (2015). "Oxygen Deficient ZnO_{1-x} Nanosheets with High Visible Light Photocatalytic Activity". *Nanoscale*. 7(16). pp. 7216–7223. Available at: <https://doi.org/10.1039/C5NR00271K>.
- Hamad, Hesham., *et al.* (2020). "Cellulose-TiO₂ composites for the removal of water pollutants", in *Bio-Based Materials and Biotechnologies for Eco-Efficient Construction*. Elsevier. pp. 329–358. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819481-2.00016-7>.
- Hembram, K., Sivaprahasam, D., and Rao, T.N. (2011). "Combustion synthesis of doped nanocrystalline ZnO powders for varistors applications". *Journal of the European Ceramic Society*. 31(10). pp. 1905–1913. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2011.04.005>.
- Ho, Y. (2006). "Review of second-order models for adsorption systems". *Journal of Hazardous Materials*. 136(3). pp. 681–689. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.12.043>.
- Hong, R.Y., *et al.* (2009). "Synthesis, surface modification and photocatalytic property of ZnO nanoparticles". *Powder Technology*. 189(3). pp. 426–432. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2008.07.004>.
- Husna, Nurul., *et al.* (2024). "Pengaruh Suhu Kalasinasi Pada Sintesis dan Karakterisi SnO₂ Menggunakan Metode Sol-gel". 8.
- Joshi, Niravkumar., *et al.* (2023). "Metal Oxide Nanoparticles: Synthesis, Properties, Characterization, and Applications", in *Nanomaterials Advances and Applications*. pp. 103–144. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-19-7963-7_5.

- Jumardin., *et al.* (2022). "KARAKTERISTIK SIFAT OPTIK NANOPARTIKEL KARBON (CARBON DOTS) DENGAN METODE UV-VIS DRS (ULTRAVIOLET-VISIBLE DIFFUSE REFLECTANCE SPECTROSCOPY)". *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*. 9(1). pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.24252/jft.v9i1.28815>.
- Kang, X.D., *et al.* (2018). "Improving the photocatalytic activity of graphitic carbon nitride by thermal treatment in a high-pressure hydrogen atmosphere". *Progress in Natural Science: Materials International*. 28. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2018.02.006>.
- Khan, Idrees., *et al.* (2022). "Review on Methylene Blue: Its Properties, Uses, Toxicity and Photodegradation". *Water*. 14(2). p. 242. Available at: <https://doi.org/10.3390/w14020242>.
- Khan, Shahid., *et al.* (2018). "Fourier Transform Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Application in Functional Groups and Nanomaterials Characterization", in *Handbook of Materials Characterization*. Springer International Publishing AG. pp. 317–344. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_9.
- Khatun, Mamotaj., Mitra, Partha., and Mukherjee, Sanjoy. (2023). "Effect of band gap and particle size on photocatalytic degradation of NiSnO₃ nanopowder for some conventional organic dyes". *Hybrid Advances*. 4. p. 100079. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2023.100079>.
- Kołodziejczak-Radzimska, Agnieszka., and Jesionowski, Teofil. (2014). "Zinc Oxide—From Synthesis to Application: A Review". *Materials*. 7(4). pp. 2833–2881. Available at: <https://doi.org/10.3390/ma7042833>.
- Kumar, S. Siva., Rao, V. Ranga., and Rao, G. Nageswara. (2022). "Effect of Morphology, Crystallite Size and Optical Band Gap on Photocatalytic Activity of ZnO Nanostructures for Decolorization of R6G". *Materials Today: Proceedings*. 62. pp. 5494–5502. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.220>.
- Liu, Ting-Ting., *et al.* (2015). "Sol–Gel Synthesis of Doped Nanocrystalline ZnO Powders using Xanthan Gum and Varistor Properties Study". *J Mater Sci: Mater Electron*. 26(11). pp. 9056–9062. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10854-015-3590-2>.
- Malka, Iwona., *et al.* (2019). "Novel Photocatalytic Nanocomposite Made of Polymeric Carbon Nitride and Metal Oxide Nanoparticles". *Molecules*. 24. Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules24050874>.
- Maywontiana, Dwi Jayanti Putri. (2018). "PENGARUH SUHU KALSINASI TERHADAP STRUKTUR DAN ENERGI CELAH PITA PADA

KOMPOSIT ZSM-5-TiO₂ YANG DIBUAT DENGAN METODE NONAQUEOUS SOL GEL". *Skripsi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

- Ng, Law Yong., *et al.* (2013). "Polymeric membranes incorporated with metal/metal oxide nanoparticles: A comprehensive review". *Desalination*. 308. pp. 15–33. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.11.033>.
- Niederberger, Markus., and Pinna, Nicola. (2009). *Metal Oxide Nanoparticles in Organic Solvents*. London: Springer London (Engineering Materials and Processes). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-671-7>.
- Ningrum, Rizki Bangun Setia. (2019). "Pengaruh Temperatur Kalsinasi dalam Sintesis ZnO-Xanthan Gum sebagai Fotokatalis untuk Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange.". *Skripsi*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga. Available at: <https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/34514/> (Accessed: 30 November 2023).
- Ningsih, Sherly Kasuma Warda. (2017). "SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL ZnO DOPED Cu²⁺ MELALUI METODA SOL-GEL". *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*. 18(02). pp. 39–51. Available at: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/51>.
- Panthoko, Norbert Egan Christo., *et al.* (2023). "Synthesis of Tin Oxide Nanocrystallites with Various Calcination Temperatures Using Co-Precipitation Method with Local Tin Chloride Precursor". *Metalurgi*. 38(1). pp. 9–18. Available at: <https://doi.org/10.55981/metalurgi.2023.687>.
- Patil, Sandeep R. (2022). "18 - Metal Oxide-Based Composites as Photocatalysts", Metal Oxides in S.D. Delekar (ed.) *Advances in Metal Oxides and Their Composites for Emerging Applications*. Elsevier (Metal Oxides). pp. 633–672. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85705-5.00005-1>.
- Sanderson, G.R. (1982). "The interactions of xanthan gum in food systems Food additive". *Prog Food Nutr Sci*. 6. pp. 77–87. Available at: <https://eurekamag.com/research/017/413/017413927.php> (Accessed: 21 January 2024).
- Sangchay, Weerachai., and Ubolchollakhat, Kornkanok. (2016). "Photocatalytic and antibacterial activity of ZnO powders prepared via sol-gel method". *KKU Engineering Journal*. 43. Available at: <https://doi.org/10.14456/kkuenj.2016.4>.
- Sangeetha, A., *et al.* (2019). "Correlation Between Calcination Temperature and Optical Parameter of Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles". *J Sol-Gel Sci*

- Technol.* 91(2). pp. 261–272. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10971-019-05000-8>.
- Sarma, Hiten., Chakraborty, Dhruva., and Sarma, K.C. (2014). "Structural and Optical Properties of ZnO Nano Particles". *IOSRJAP*. 6(4). pp. 08–12. Available at: <https://doi.org/10.9790/4861-06420812>.
- Sharma, Surender., *et al.* (2018). *Handbook of Materials Characterization*. Springer International Publishing AG
- Sugihartono, Iwan., *et al.* (2019). "The influence of calcination temperature on optical properties of ZnO nanoparticles". *AIP Conference Proceedings*. 2169(1). p. 060010. Available at: <https://doi.org/10.1063/1.5132688>.
- Suryaningrum, Ambar. (2019). "Pengaruh Massa Xanthan Gum dalam Sintesis ZnO-Xanthan Gum sebagai Fotokatalis untuk Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange". *Skripsi*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga. Available at: <https://digilib.uin-suka.ac.id/id/eprint/34509/> (Accessed: 30 November 2023).
- Tehubijuluw, Hellna., *et al.* (2023). "Characterization and Kinetic Study of Methylene Blue Photocatalytic on ZnO/ZSM-5". *Indo. J. Chem. Res.* 11. pp. 156–162. Available at: <https://doi.org/10.30598/ijcr.2023.11-hln>.
- Usman, Mohammad Rofik. (2013). "KINETIKA FOTOKATALISIS DIAZINON DENGAN TITANIUM DIOKSIDA (TiO₂)". *Skripsi*. Jember: Universitas Jember
- Vishwakarma, Aditya., and Singh, Satya. (2020). "Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticle by Sol-Gel Method and Study its Characterization". *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 8. Available at: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.4265>.
- Viter, Roman., Katoch, Akash., and Kim, Sang Sub. (2014). "Grain size dependent bandgap shift of SnO₂ nanofibers". *Met. Mater. Int.* 20(1). pp. 163–167. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12540-013-6027-6>.
- Yao, Haiqing., *et al.* (2016). "High-performance photocatalyst based on nanosized ZnO-reduced graphene oxide hybrid for removal of Rhodamine B under visible light irradiation". *AIMSMATES*. 3(4). pp. 1410–1425. Available at: <https://doi.org/10.3934/matricsci.2016.4.1410>.
- Znaidi, L., *et al.* (2003). "Oriented ZnO thin films synthesis by sol–gel process for laser application". *Thin Solid Films*. 428(1–2). pp. 257–262. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0040-6090\(02\)01219-1](https://doi.org/10.1016/S0040-6090(02)01219-1).

Znaidi, Lamia., *et al.* (2003). "Elaboration of ZnO Thin Films with Preferential Orientation by a Soft Chemistry Route". *J Sol-Gel Sci Technol.* 26. pp. 817–821. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1020795515478>.

