

**FOTODEGRADASI ZAT WARNA METIL VIOLET MENGGUNAKAN  
FOTOKATALIS  $\text{ZnO}$  – SELULOSA DARI AMPAS TEBU (*SACCHARUM  
OFFICINARUM L*)**

**Skripsi**  
**Untuk memenuhi sebagian persyaratan**  
**mencapai derajat Sarjana Kimia**

**Oleh :**

**Rikma Noviyantii**  
**21106030039**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

**JURUSAN KIMIA**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**  
**YOGYAKARTA**

## HALAMAN PENGESAHAN



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-2208/Un.02/DST/PP.00.9/10/2025

Tugas Akhir dengan judul : Fotodegradasi Zat Warna Metil Violet Menggunakan Fotokatalis ZnO-Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : RIKMA NOVIYANTII  
Nomor Induk Mahasiswa : 21106030039  
Telah diujikan pada : Kamis, 25 September 2025  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 68f6e73d55c4

Ketua Sidang

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.  
SIGNED



Valid ID: 68e5785a5b6d

Penguji I

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



Valid ID: 68f591c287d77

Penguji II

Khamidinal, S.Si., M.Si  
SIGNED



Valid ID: 68f7213758f66

Yogyakarta, 25 September 2025  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

**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 : Rikma Noviyantii

NIM : 21106030039

Judul Skripsi : Fotodegradasi Zat Warna Metil Violet Menggunakan Fotokatalis ZnO-Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L)

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

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

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 8 September 2021

Pembimbing

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.

NIP: 19750725 200003 2 001

**SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI****SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Rikma Noviyantii  
NIM : 21106030039  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Fotodegradasi Zat Warna Metil Violet Menggunakan Fotokatalis ZnO-Selulosa dari Ampas Tebu (Saccharum Officinarum L)”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 9 September 2025



Rikma Noviyanti  
NIM. 21106030039

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

## MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”  
(Q.S. Al-Insyirah: 6)

*“we went too far in thinking and forgot that destinies are written”*  
(Mahmoud Darwish)

*“Have Sabr, when things aren’t working out as you wish, Allah has perfect timing.”*



## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim*

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

*Mama, Bapak, dan kedua saudara yang telah memberikan doa,  
dorongan dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini  
Serta almamater program studi Kimia UIN Sunan Kalijaga.*



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Alhamdulillahirabbilalamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kelancaran sehingga skripsi yang berjudul *“Fotodegradasi Zat Warna Metil Violet Menggunakan Fotokatalis ZnO – Selulosa Dari Ampas Tebu (Saccharum Officinarum L)”* ini dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia,

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan dukungan sehingga penyusunan skripsi dapat selesai dengan baik. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Ibu Prof. Dr, Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.
2. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga.
3. Ibu Dr. Imelda fajriati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang ikhlas dan sabar dalam membimbing dan membantu dari awal penelitian hingga penulisan skripsi ini selesai.
4. Seluruh Dosen Kimia UIN Sunan Kalijaga yang telah membimbing dan mengajarkan banyak hal selama perkuliahan.
5. Mama dan Bapak yang selalu berusaha memberikan yang terbaik kepada penulis, mengusahakan segala kebutuhan penulis, dan selalu mendoakan serta memberi dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan studi ini.
6. Kedua saudara penulis, Fatma dan Reza serta keponakan tersayang, Adnan yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan kepada penulis.
7. Teman semasa perkuliahan Antin, Nilam, Levi, serta teman-teman yang lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu namun senantiasa memberikan dukungan dan semangat, serta berjuang bersama-sama dari awal perkuliahan hingga penulisan skripsi ini selesai.
8. Teman Kos, Rosyi dan Mulia yang telah menjalin persahabatan ketika masih menjadi mahasiswa baru hingga selesai masa kuliah. Terima kasih sudah menjadi tempat curhat dan teman di tanah perantauan.
9. Teman satu penelitian, Ana yang telah bersama-sama saling membantu dari awal hingga penelitian ini selesai.
10. Katingku, Mba Nada yang selalu bersedia membantu dan memberikan arahan serta semangat kepada penulis selama masa penelitian.
11. Teman-teman “Scandium” Kimia Angkatan 2021 yang telah memberikan banyak dukungan dan motivasi selama perkuliahan.
12. Semua pihak yang belum bisa disebutkan satu persatu atas bantuannya dalam menyelesaikan skripsi.



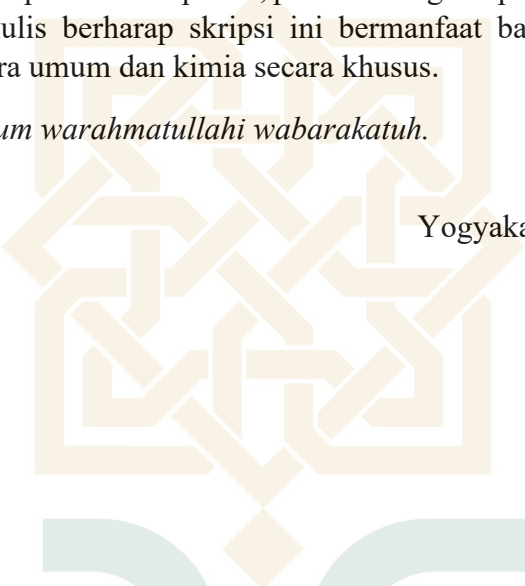
13. Terima kasih kepada penulis, diriku sendiri Rikma Noviyantii yang telah sabar dan ikhlas melalui proses panjang, tetap melangkah meskipun ragu, dan menerima setiap kegagalan sebagai sebuah pelajaran. Semoga Allah SWT selalu meridhoi setiap langkahmu, mengganti setiap kehilangan dengan yang lebih baik. Semoga segala usaha, perjuangan, dan pelajaran yang telah dilewati menjadi bekal berharga untuk langkah berikutnya.

Demi kesempurnaan skripsi ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 5 September 2025

Penulis



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



## DAFTAR ISI

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| HALAMAN SAMPUL .....                            | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                        | ii   |
| SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....      | iii  |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....         | iv   |
| MOTTO .....                                     | v    |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                       | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                            | vii  |
| DAFTAR ISI.....                                 | ix   |
| DAFTAR GAMBAR.....                              | xi   |
| DAFTAR TABEL.....                               | xii  |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                            | xiii |
| ABSTRAK.....                                    | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN.....                          | 1    |
| A. Latar Belakang .....                         | 1    |
| B. Batasan Masalah.....                         | 5    |
| C. Rumusan Masalah .....                        | 5    |
| D. Tujuan Penelitian.....                       | 6    |
| E. Manfaat Penelitian.....                      | 6    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... | 7    |
| A. Tinjauan Pustaka .....                       | 7    |
| B. Landasan Teori.....                          | 10   |
| 1. Fotodegradasi .....                          | 10   |
| 2. Fotokatalis .....                            | 11   |
| 3. Zinc Oxide (ZnO) .....                       | 13   |
| 4. Selulosa Ampas Tebu .....                    | 15   |
| 5. Preparasi Selulosa.....                      | 16   |
| 6. Sintesis ZnO-Selulosa .....                  | 17   |
| 7. Zat Warna Metil Violet .....                 | 19   |
| 8. Kinetika Fotodegradasi.....                  | 21   |
| 9. X-Ray Diffraction (XRD).....                 | 21   |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 10. Fourier Transform Infrared (FTIR) .....                   | 23 |
| 11. UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)..... | 24 |
| 12. UV-Vis Spectroscopy .....                                 | 25 |
| C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian .....           | 26 |
| BAB III METODE PENELITIAN .....                               | 29 |
| A. Waktu dan Tempat Penelitian .....                          | 29 |
| B. Alat-alat Penelitian.....                                  | 29 |
| C. Bahan Penelitian.....                                      | 29 |
| D. Cara Kerja Penelitian .....                                | 30 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                             | 33 |
| A. Sintesis Komposit ZnO-Selulosa .....                       | 33 |
| B. Karakterisasi Komposit ZnO-Selulosa.....                   | 35 |
| C. Uji Aktivitas Fotokatalis ZnO-Selulosa .....               | 42 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....                              | 52 |
| A. Kesimpulan.....                                            | 52 |
| B. Saran.....                                                 | 53 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                          | 54 |
| LAMPIRAN.....                                                 | 60 |
| CURRICULUM VITAE .....                                        | 69 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Degradasi Polutan Organik .....                                                                  | 11 |
| Gambar 2. 2 Mekanisme Fotokatalis .....                                                                     | 12 |
| Gambar 2.3 Struktur Kristal ZnO (a) Rocksalt (b) Zincblende (c) Wurzite (Astuti et al., 2021).....          | 15 |
| Gambar 2. 4 Struktur selulosa (Larasati et al., 2023).....                                                  | 16 |
| Gambar 2. 5 Reaksi Delignifikasi (Fengel & Wegener, 1995) .....                                             | 17 |
| Gambar 2.6 Strukur nanokomposit CNC-ZnO .....                                                               | 18 |
| Gambar 2. 7 Struktur Molekul Metil Violet .....                                                             | 19 |
| Gambar 2.8 Mekanisme Fotodegradasi Metil Violet.....                                                        | 20 |
| Gambar 2.9 Proses difraksi akibat dari interferensi konstruktif (Setiabudi et al., 2012) .....              | 22 |
| Gambar 2.10 Spektrum FTIR CNC-ZnO (Cumba et al., 2022).....                                                 | 24 |
| Gambar 4.1 Spektra FTIR ZnO Bulk, Selulosa Ampas Tebu, dan ZnO.....                                         | 35 |
| Selulosa .....                                                                                              | 35 |
| Gambar 4.2 Difraktogram XRD ZnO Bulk (a) dan ZnO-Selulosa (b) .....                                         | 37 |
| Gambar 4.3 Plot energi celah pita (Eg) ZnO Bulk dan ZnO-Selulosa.....                                       | 41 |
| Gambar 4.4 Kurva kalibrasi larutan standar metil violet .....                                               | 43 |
| Gambar 4.5 Fotodegradasi Zat Warna Metil Violet dengan Fotokatalis ZnO-Selulosa .....                       | 45 |
| Gambar 4.6 Plot Hubungan Waktu Kontak dengan Persentase Penghilangan Zat Warna ( <i>Dye Removal</i> ) ..... | 47 |
| Gambar 4.7 Plot Hubungan Konsentrasi Awal Metil Violet dengan Persentase.. Degradasi.....                   | 48 |
| Gambar 4.8 Penentuan Orde Reaksi Fotodegradasi Metil Violet .....                                           | 50 |

**DAFTAR TABEL**

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Karakteristik Senyawa ZnO .....                                                                                | 13 |
| <b>Tabel 2.2</b> Sifat Fisik dan Kimia Metil Violet .....                                                                       | 19 |
| <b>Tabel 4.1</b> Tabel Perbandingan sudut $2\theta$ pola difraksi ZnO Bulk, ZnO-Selulosa, dan JCPDS .....                       | 38 |
| <b>Tabel 4.2</b> Nilai Ukuran Kristal ZnO Bulk .....                                                                            | 39 |
| <b>Tabel 4.3</b> Nilai Ukuran Kristal ZnO-Selulosa .....                                                                        | 39 |
| <b>Tabel 4.4</b> Perbandingan Nilai Band Gap dan Ukuran Kristal (D) Antara ZnO Bulk dengan ZnO-Selulosa .....                   | 41 |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengurangan Konsentrasi Zat Warna Metil Violet pada Variasi Kontak dengan Sinar dan Tanpa Sinar UV ..... | 46 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Lampiran 1.</b> Data Hasil Perhitungan Ukuran Kristal ZnO .....                                   | 60 |
| <b>Lampiran 2.</b> JCPDS ZnO Bulk dan Selulosa .....                                                 | 60 |
| <b>Lampiran 3.</b> Panjang Gelombang Maksimum Metil Violet .....                                     | 61 |
| <b>Lampiran 4.</b> Pengukuran Larutan Standar Metil Violet .....                                     | 61 |
| <b>Lampiran 6.</b> Perhitungan Pengaruh Waktu Kontak dan Penyinaran Fotodegradasi Metil Violet ..... | 64 |
| <b>Lampiran 7</b> Perhitungan Pengaruh Konsentrasi Larutan Proses Fotodegradasi Metil Violet .....   | 66 |
| <b>Lampiran 8</b> Perhitungan Kinetika Reaksi Fotodegradasi .....                                    | 66 |
| <b>Lampiran 9</b> Dokumentasi Penelitian .....                                                       | 68 |

**ABSTRAK****FOTODEGRADASI ZAT WARNA METIL VIOLET MENGGUNAKAN  
FOTOKATALIS ZnO-SELULOSA DARI AMPAS TEBU (*SACCHARUM  
OFFICINARUM L*)****Oleh:****Rikma Noviyantii  
21106030039****Pembimbing:  
Dr. Imelda Fajriati, M.Si.**

Penggunaan fotokatalis berbasis ZnO telah banyak diteliti untuk mendegradasi zat warna, namun penggunaan ZnO yang dimodifikasi dengan selulosa sebagai fotokatalis dan penerapannya terhadap zat warna metil violet masih jarang ditemukan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit ZnO-Selulosa dari limbah ampas tebu menggunakan metode sonikasi untuk fotodegradasi zat warna metil violet. Sintesis dilakukan dengan metode sonikasi menggunakan prekursor seng asetat dihidrat dan selulosa dari ampas tebu sebagai material pendukung dalam komposit. Sintesis ZnO-Selulosa disonikasi selama 2 jam. Hasil sintesis yang diperoleh dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-Vis DRS). Uji aktivitas fotokatalis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan variasi waktu kontak 60, 90, 120, dan 150 menit. Dan variasi konsentrasi metil violet 1, 5, 9, 12, dan 15 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit ZnO-Selulosa memiliki serapan yang khas pada bilangan gelombang  $894,97\text{ cm}^{-1}$  dan  $416-563\text{ cm}^{-1}$ . Struktur ZnO-Selulosa memiliki ukuran kristal 8,52 nm. Energi band gap yang diperoleh sebesar 3,24 eV. Uji aktivitas ZnO-Selulosa berada pada proses fotodegradasi dengan variasi waktu kontak optimum pada 120 menit dan konsentrasi optimum pada konsentrasi 9 ppm. Kinetika reaksi fotodegradasi mengikuti reaksi orde satu dengan nilai konstanta laju sebesar  $0,0303\text{ menit}^{-1}$ .

**Kata Kunci : Fotokatalis, Komposit ZnO-Selulosa, Metil Violet, Selulosa,  
Ampas Tebu, Fotodegradasi.**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Perkembangan industrialisasi yang pesat dalam beberapa dekade terakhir, menghasilkan sejumlah besar limbah beracun yang di buang ke badan air (Ansari *et al.*, 2015). Industri seperti tekstil, pengolahan makanan, bahan kulit, percetakan dan kertas merupakan penghasil limbah zat warna sintetis paling banyak yang dapat merusak lingkungan terutama lingkungan perairan. Sekitar 10 – 15 % zat pewarna yang digunakan dalam industri ini tidak dapat digunakan ulang sehingga dibuang ke aliran limbah. Pembuangan limbah zat warna ke perairan tanpa melalui proses pengolahan dapat mengurangi penetrasi sinar matahari, sehingga menghambat proses fotosintesis di dalam air dan merusak ekosistem perairan (Subagyo *et al.*, 2022). Selain itu, sifat zat warna yang beracun dan karsinogenik juga dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti mutagenik dan kanker (Youssef *et al.*, 2016).

Zat warna dapat menghalangi penetrasi cahaya masuk ke dalam air dan terdegradasi sangat lambat di bawah sinar matahari. Hal ini dikarenakan sebagian besar zat warna memiliki struktur aromatik yang stabil, ukuran molekul yang besar dan sulit untuk didegradasi secara biologis (Anwar & Mulyadi, 2015). Metil violet merupakan salah satu zat warna yang sering digunakan dalam industri tekstil. Metil violet bersifat presisten, dan sulit didegradasi. Selain itu, zat warna ini dapat meningkatkan risiko kanker kandung kemih manusia karena memiliki kandungan senyawa anilin yang bersifat toksik, karsinogen, dan mutagenik. Oleh karena itu, diperlukan



penanganan yang serius untuk mengatasi limbah zat warna tersebut (Sanjaya et al., 2018 dan Suthakaran et al., 2019).

Berbagai metode yang telah dilakukan untuk meminimalisir kandungan zat warna dalam limbah industri tekstil antara lain biodegradasi, klorinasi, ozonisasi, koagulasi, dan adsorpsi (Saraswati et al., 2015). Namun, metode-metode tersebut membutuhkan biaya operasional yang sangat besar. Selain itu, metode adsorpsi yang sering digunakan juga kurang efektif karena limbah organik yang teradsorpsi tetap terakumulasi di dalam adsorben sehingga dapat menimbulkan persoalan baru bagi lingkungan. Diantara metode-metode yang digunakan untuk mengurangi limbah zat warna metode fotodegradasi adalah metode yang relatif murah dan sederhana (D. N. Sari, 2022). Fotodegradasi adalah proses penguraian senyawa yang organik menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dengan bantuan energi foton yang berasal dari sinar *ultraviolet* (UV). Proses fotodegradasi memerlukan suatu katalis. Bahan fotokatalis yang biasanya digunakan dalam fotodegradasi merupakan suatu bahan semikonduktor seperti  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{ZnO}$  (Setyawan & Suryani, 2024).

$\text{ZnO}$  merupakan salah satu bahan semikonduktor tipe-n yang banyak digunakan sebagai fotokatalis (Inovasari, 2023).  $\text{ZnO}$  memiliki keunggulan seperti *band gap* (energi celah pita) yang lebar yaitu 3,37 eV dengan energi ikat eksiton sebesar 60 meV pada suhu ruang (Kamarulzaman et al., 2015), aktivitas fotokatalik tinggi, biaya rendah, toksisitas rendah dan ramah lingkungan (Rori & Syabila, 2022). Namun,  $\text{ZnO}$  memiliki kelemahan yaitu

kemampuan adsorpsinya yang rendah (Saraswati et al., 2015). Adsorpsi merupakan salah satu faktor yang menentukan kemampuan fotokatalis dalam mendegradasi zat polutan. Hal ini dikarenakan pada proses fotodegradasi, zat warna dapat teradsorpsi terlebih dahulu pada permukaan partikel fotokatalis, kemudian disertai dengan proses oksidasi fotokatalis (Chasanah, 2023). Oleh karena itu, untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya ZnO dapat dikombinasikan dengan suatu material adsorben seperti ampas tebu (Subagyo et al., 2024).

Ampas tebu adalah residu padat yang dihasilkan dari ekstraksi sari tebu pada industri gula yang dapat menjadi masalah lingkungan karena dianggap sebagai limbah (Harahap, 2018). Kandungan kimiawi dalam ampas tebu terdiri dari selulosa (35 – 59 %), hemiselulosa (18 – 26 %), dan lignin (16 – 25 %) dan banyak digunakan untuk produksi bahan bakar, surfaktan, karbon aktif, dan adsorben. Ampas tebu dapat digunakan sebagai adsorben yang cukup efisien untuk menghilangkan polutan karena mengandung gugus hidroksil (-OH) dan asam karboksilat (Subagyo et al., 2024). Gugus hidroksil (-OH) yang terkandung dalam suatu senyawa dapat mengadsorpsi zat-zat organik yang bersifat polar. Hal ini dikarenakan gugus hidroksil mampu mengikat molekul-molekul polar melalui ikatan hidrogen (Rahmayani et al., 2020).

Perpaduan antara semikonduktor ZnO sebagai fotokatalis dan selulosa dari ampas tebu sebagai adsorben dapat efektif untuk menghilangkan zat warna dari larutan. Telah banyak penelitian yang melaporkan modifikasi pada semikonduktor yang digabungkan dengan material pendukung seperti selulosa

untuk mencapai sinergi antara adsorpsi dan fotokatalisis. Sinergi ini dapat meningkatkan efisiensi degradasi zat warna secara signifikan karena dapat mencegah koagulasi semikonduktor dan memfasilitasi pemisahan fotokatalis (Subagyo et al., 2024). Beberapa metode yang dapat digunakan untuk preparasi komposit ZnO-Selulosa yaitu metode presipitasi (Khefanny, 2023), sonikasi (Jamal et al., 2020), sol-gel (Amri & Utomo, 2017), dan kalsinasi (Hidayat, 2020). Diantara metode-metode tersebut sonikasi adalah metode yang relatif sederhana serta memiliki kelebihan diantaranya: alatnya sederhana, waktu yang dibutuhkan relatif cepat, suhu yang digunakan rendah, dan menghasilkan partikel dengan ukuran partikel yang sangat kecil (Inggarwati et al., 2020).

Prince Richard, *et al* (2017) mengungkapkan bahwa katalis nanorod ZnO yang disintesis pada suhu 400 °C dapat mendegradasi zat warna metil violet sebesar 81,30 % selama 90 menit. Namun, penelitian tersebut masih memerlukan material pendukung untuk dapat meningkatkan kinerja fotokatalitik. Menurut penelitian yang dilakukan Jamal, *et al* (2020) menunjukkan bahwa fotokatalis ZnO-Selulosa dari ampas tebu cukup efisien dalam mendegradasi zat warna *congo red*. Penelitian tersebut menunjukkan hasil persentase efisien fotodegradasi sebesar 98% dengan kondisi optimum diperoleh konsentrasi 20 ppm, waktu kontak 120 menit, massa katalis 0,075 g dan pH optimum sebesar 5,5. Sedangkan penelitian yang dilakukan Eke, *et al* (2019) menunjukkan hasil bahwa komposit ZnO-Selulosa merupakan katalis terbaik dibandingkan dengan komposit selulosa dan ZnO, karena efisiensi

degradasi warna maksimum terjadi dalam waktu kurang dari 120 menit dengan jumlah katalis 50 mg/20 mL untuk 20 ppm larutan metilen biru.

Berdasarkan pemaparan tersebut, akan dilakukan penelitian mengenai sintesis komposit ZnO-Selulosa untuk fotodegradasi zat warna metil violet. Selulosa didapatkan dari limbah pertanian yaitu ampas tebu. Metode sonikasi digunakan dalam pembuatan ZnO-Selulosa untuk mendapatkan sifat komposit yang diharapkan dapat berpengaruh terhadap perubahan band gap, luas permukaan, serta dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik. Penelitian ini juga akan menentukan kondisi optimum proses fotodegradasi metil violet yang meliputi waktu kontak dan massa katalis. Selain itu juga akan dipelajari laju reaksi fotodegradasi zat warna metil violet menggunakan fotokatalis ZnO-Selulosa.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Senyawa prekursor yang digunakan adalah  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .
2. Selulosa dari Ampas tebu digunakan sebagai material pendukung dalam komposit ZnO-Selulosa
3. Metode yang digunakan dalam sintesis ZnO-Selulosa adalah Sonikasi.
4. ZnO-Selulosa dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-Vis DRS).

## **C. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sintesis ZnO-Selulosa dari ampas tebu dengan metode sonikasi?
2. Bagaimana karakteristik ZnO-Selulosa yang dihasilkan dengan metode sonikasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-Vis DRS)?
3. Bagaimana aktivitas fotokatalis ZnO-Selulosa terhadap fotodegradasi zat warna metil violet dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi larutan metil violet?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis ZnO-Selulosa dari ampas tebu dengan metode sonikasi.
2. Menganalisis karakteristik ZnO-Selulosa yang dihasilkan dengan metode sonikasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), dan *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-Vis DRS).
3. Mengkaji aktivitas fotokatalis dengan variasi waktu dan konsentrasi larutan metil violet serta kinetika reaksi proses fotodegradasi zat warna metil violet menggunakan fotokatalis ZnO-Selulosa.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan pengetahuan terkait sintesis fotokatalis ZnO-Selulosa dengan metode sonikasi, karakterisasi ZnO-Selulosa, serta kemampuan aktivitas fotokataliknya untuk menghilangkan zat warna metil violet.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. ZnO-Selulosa dari prekursor  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan material pengemban selulosa dari ampas tebu berhasil disintesis menggunakan metode sonikasi.
2. Hasil karakterisasi ZnO-Selulosa menggunakan FTIR menunjukkan bahwa terdapat serapan khas ZnO dan Selulosa. Serapan di daerah puncak 416-563  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan serapan ZnO dan serapan pada puncak 894,97  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan pita serapan dari ikatan  $\beta$ -glikosida dari selulosa. Sedangkan hasil XRD menunjukkan bahwa komposit ZnO-Selulosa memiliki rata-rata ukuran kristal sebesar 8,52 nm. Sementara itu, hasil analisis dengan DRS UV-Vis menunjukkan bahwa komposit ZnO-Selulosa memiliki nilai energi celah pita sebesar 3,24 eV.
3. Hasil uji aktivitas fotokatalis ZnO-Selulosa terhadap zat warna metil violet dengan menggunakan sinar UV pada variasi waktu kontak menunjukkan waktu optimum pada 120 menit. Sedangkan pada variasi waktu kontak tanpa sinar UV pada 90 menit. Variasi kontak tanpa sinar UV menghasilkan persentase yang cukup tinggi, tetapi tidak lebih tinggi daripada kontak dengan sinar UV. Sementara itu, hasil fotodegradasi dengan variasi konsentrasi didapatkan konsentrasi optimum pada konsentrasi 9 ppm. Uji aktivitas dengan variasi konsentrasi menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi metil violet maka persentase degradasi akan semakin menurun.

Kinetika reaksi fotodegradasi metil violet mengikuti reaksi orde satu dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,9626.

## **B. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian berikutnya;

1. Uji fotodegradasi diaplikasikan secara langsung ke limbah cair yang mengandung zat warna.
2. Karakterisasi dilakukan dengan penambahan analisis instrumen *Particle Size Analyzers* (PSA) agar dapat mengetahui ukuran material sampel.



### DAFTAR PUSTAKA

- Abriyani, E., Syalomita, D., Apriani, I. P., Puspawati, I., & Adiputra, S. (2024). Pengaruh Pengolahan Termal Terhadap Struktur Molekul Material Polimer Studi Dengan Spektroskopi FTIR. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 3424–3432.
- Abriyani, E., Widyaningsih, A., Pangestu, An. D., Dewi, S. R., & Setiawan, S. (2023). Literatur Riview : Penetapan Kadar Salbutamol Sedian Tablet Secara Spektrofotometri Ultraviolet. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 5(1), 813–822.
- Almu'minin, A. S., Haryati, T., & Mulyono, T. (2016). Sintesis dan Karakterisasi Film Lapis Tipis TiO<sub>2</sub> Sebagai Pendegradasi Pewarna Tekstil Procion Red MX-8B Synthesis and Characterization Thin Film TiO<sub>2</sub> As Degrading Procion Red MX-8B Tekstile Dye. *Jurnal ILMU DASAR*, 17(2), 65–72.
- Ameta, R., Solanki, M. S., Benjamin, S., & Ameta, S. C. (2018). Photocatalysis. In *Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment: Emerging Green Chemical Technology*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810499-6.00006-1>
- Amri, S., & Utomo, M. P. (2017). Preparasi dan Karakterisasi Komposit ZnO-Zeolit untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Jurnal Kimia Dasar*, 6(2), 29–36.
- Andari, I. G. A. A. U., Arnata, I. W., & Dewi Anggreni, A. A. M. (2022). Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida Dan Waktu Proses Bleaching Terhadap Karakteristik Selulosa Serat Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(3), 237. <https://doi.org/10.24843/jrma.2022.v10.i03.p01>
- Anggita, S. R., & Habik, S. (2021). *Fotokatalis ZnO:Ag dan Aplikasinya* (M. N. Zaki (ed.)). Alinea Media Dipantara.
- Ansari, M. O., Khan, M. M., Ansari, S. A., & Cho, M. H. (2015). Polythiophene nanocomposites for photodegradation applications: Past, present and future. *Journal of Saudi Chemical Society*, 19(5), 494–504. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2015.06.004>
- Anwar, D. I., & Mulyadi, D. (2015). Synthesis of Fe-TiO<sub>2</sub> Composite as a Photocatalyst for Degradation of Methylene Blue. *Procedia Chemistry*, 17, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.12.131>
- Astuti, B., Hamid, N., Marwoto, P., Fianti, & Sugianto. (2021). *Sintesis Film Tipis ZnO:Cu Dengan Metode Sol Gel Spin Coating: Pengaruh Spinning Rate & Konsentrasi Doping* (Andriyanto (ed.)). Lakeisha.
- Astuti, W., Dwi Handayani, A., & Wulandari, D. A. (2018). Adsorpsi Methyl Violet oleh Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl<sub>2</sub> Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. *Jurnal Rekayasa Kimia &*



- Lingkungan*, 13(2), 189–199. <https://doi.org/10.23955/rkl.v13i2.11945>
- Chang, R. (2003). *Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti*. Erlangga.
- Chasanah, S. N. (2023). *Sintesis dan Karakterisasi Grafit Oksida (GO) dan GO:ZnO sebagai Fotokatalis dalam Mendekolorisasi Larutan Rhodamin B*. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.
- Cumba, R. M. T., Ligalig, C. B., Tinson, J. M. D., Molina, M. P., Alguno, A. C., Deocariz, C. C., Latayada, F. S., Primadona, I., & Capangpangan, R. Y. (2022). Photocatalytic Activity of Cellulose Nanocrystals/Zinc Oxide Nanocomposite Against Thiazine Dye under UV and Visible Light Irradiation. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 22(1), 168–177. <https://doi.org/10.22146/ajche.72331>
- Dawwam, G. E., Al-Shemy, M. T., & El-Demerdash, A. S. (2022). Green synthesis of cellulose nanocrystal/ZnO bio-nanocomposites exerting antibacterial activity and downregulating virulence toxigenic genes of food-poisoning bacteria. *Scientific Reports*, 12(1), 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21087-6>
- Eke, U. B., Degni, S. K., Amusan, T. O., & Abubakar, T. A. (2019). Degradation Studies of Methylene Blue on the Surface of Zinc Oxide Composite of Cellulose. *International Journal of Photochemistry*, 5(1), 1. [www.journalspub.com](http://www.journalspub.com)
- Fatamawati, A. (2024). *Pengantar Analisis Regresi Linier Sederhana dalam Penelitian Farmasi*. Jejak Pustaka.
- Fengel, D., & Wegener, G. (1995). *Kayu : Kimia, Ultrastruktur*. UGM Press.
- Fikriandini, N., & Khair, M. (2023). Penentuan Celah Pita Katalis ZnO/Zeorlit Yang Disintesis Dengan Metoda Sonikasi. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7(1), 40–44. <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.6609>
- George, J., & Sabapathi, S. N. (2015). Cellulose nanocrystals: Synthesis, functional properties, and applications. *Nanotechnology, Science and Applications*, 8, 45–54. <https://doi.org/10.2147/NSA.S64386>
- Hakim, L., Dirgantara, M., & Nawir, M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 1(1), 44–51. <http://e-journal.upr.ac.id/index.php/JMS>
- Harahap, S. (2018). *Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue dan Malachite Green*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Hidayat, A. (2020). *Pengaruh suhu kalsinasi pada sintesis komposit ZnO/SiO<sub>2</sub> dari limbah baterai dan abu sekam padi serta aplikasinya untuk menangani metilen biru secara fotokatalitik*. UIN Sunan Gunung Djati Bandung.

- Hikmah, M., & Wahyuni, N. (2023). Sintesis Fotokatalis TiO<sub>2</sub> untuk Degradasi Zat Warna Sintetis Metilen Biru dengan Bantuan Sinar Tampak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(3), 878. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v11i3.70903>
- Inggawati, E. D., Istighfarini, V. N., & Prasetyo, A. (2020). Sintesis Komposit Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>/TiO<sub>2</sub> dengan Metode Sonikasi. *Jurnal Ilmu Dasar*, 21(2), 81–86. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1521-3862\(199812\)04:06<213::aid-cvde213>3.0.co;2-6](https://doi.org/10.1002/(sici)1521-3862(199812)04:06<213::aid-cvde213>3.0.co;2-6)
- Inovasari, I. (2023). *Sintesis Material ZnO:Al/TiO<sub>2</sub> Beserta Karakterisasinya Sebagai Senyawa Fotokatalis*. Universitas Padjajaran.
- Jamal, N., Radhakrishnan, A., Raghavan, R., & Bhaskaran, B. (2020). Efficient photocatalytic degradation of organic dye from aqueous solutions over zinc oxide incorporated nanocellulose under visible light irradiation. *Main Group Metal Chemistry*, 43(1), 84–91. <https://doi.org/10.1515/mgmc-2020-0009>
- Jeyasubramanian, K., Hikku, G. S., & Sharma, R. K. (2015). Photo-catalytic degradation of methyl violet dye using zinc oxide nano particles prepared by a novel precipitation method and its anti-bacterial activities. *Journal of Water Process Engineering*, 8, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.08.007>
- Jumardin. (2021). Pengaruh Suhu Dan Waktu Microwave Terhadap Perubahan Sifat Optik Daun Bidara (*Ziziphus Mauritiana*) Dengan Metode Spektroskopi Uv-Vis. *Jurnal Sains Fisika*, 1, 14–23. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis>
- Jumardin, Maddu, A., Santoso, K., & Isnaeni. (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), 1–15. <https://doi.org/10.24252/jft.v9i1.28815>
- Kamarulzaman, N., Kasim, M. F., & Rusdi, R. (2015). Band Gap Narrowing and Widening of ZnO Nanostructures and Doped Materials. *Nanoscale Research Letters*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s11671-015-1034-9>
- Khafanny, Y. C. (2023). *Sintesis dan Karakterisasi Komposit ZnO/Selulosa Asetat serta Aktivitasnya sebagai Agen Antibakteri*. Institut Pertanian Bogor.
- Kustiningsih, I., Restiani, R., Raharja, T., Hasna, A., & Kartika Sari, D. (2020). Degradation of Methyl Violet Using TiO<sub>2</sub>-Bayah Natural Zeolite Photocatalyst. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 15(1), 10–20. <https://doi.org/10.23955/rkl.v15i1.11953>
- Larasati, E. D., Driananta, R., Dewi, T., Zahirah, A., Rahmatullah, O. N., & Herawati, N. (2023). Selulosa dan glukosa. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 6(1), 1–10.
- Mawarni, T., Fadarina, H. C., Aznury, M., & Taufik, M. (2021). Degradasi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Sintesis Fotokatalis ZnO/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan

- Diaplikasikan pada Limbah Cair Industri Pulp dan Kertas. *Jurnal Kinetika*, 12(03), 44–50. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/indexTelp>.
- Mello, B. L., Thue, P. S., da Silva, P. V., Saucier, C., dos Reis, G. S., Machado, F. M., de Avila Delucis, R., Naushad, M., Sher, F., Seliem, M. K., & Lima, E. C. (2024). Hybrid nanocellulose material as an adsorbent to remove reactive yellow 2 dye. *Scientific Reports*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70906-5>
- Nang An, V., Van, T. T. T., Nhan, H. T. C., Van Hieu, L., & Alcântara, A. C. S. (2020). Investigating Methylene Blue Adsorption and Photocatalytic Activity of ZnO/CNC Nanohybrids. *Journal of Nanomaterials*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/6185976>
- Nasseh, N., Taghavi, L., Barikbin, B., & Nasser, M. A. (2018). Synthesis and characterizations of a novel FeNi<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>/CuS magnetic nanocomposite for photocatalytic degradation of tetracycline in simulated wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 179, 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.052>
- Ong, C. B., Ng, L. Y., & Mohammad, A. W. (2018). A review of ZnO nanoparticles as solar photocatalysts: Synthesis, mechanisms and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(March 2017), 536–551. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.020>
- Oyewo, O. A., Adeniyi, A., Sithole, B. B., & Onyango, M. S. (2020). Sawdust-Based Cellulose Nanocrystals Incorporated with ZnO Nanoparticles as Efficient Adsorption Media in the Removal of Methylene Blue Dye. *ACS Omega*, 5(30), 18798–18807. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c01924>
- Prince Richard, J., Kartharinal Punithavathy, I., Johnson Jeyakumar, S., Jothibas, M., & Praveen, P. (2017). Effect of morphology in the photocatalytic degradation of methyl violet dye using ZnO nanorods. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 28(5), 4025–4034. <https://doi.org/10.1007/s10854-016-6016-x>
- PubChem. (2024). *Methyl violet*. Pubchem Database. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methyl-violet>.
- Punithavathy, I. K., Richard, J. P., Jeyakumar, S. J., Jothibas, M., & Praveen, P. (2016). Photodegradation of methyl violet dye using ZnO nanorods. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 28(3), 2494–2501. <https://doi.org/10.1007/s10854-016-5823-4>
- Rahmayani, I., Zaharah, T. A., & Alimuddin, A. H. (2020). Karakterisasi Adsorben Komposit Selulosa-Limbah Karet Alam Untuk Penurunan Kadar Cod Dan Minyak Lemak Lcpks. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 8(3), 16–22.
- Rani, S. R. A. (2022). Studi Analisis Data Difraksi Sinar-X Pada Material Zircon Pasir Alam Melalui Metode Rietveld. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*,

9(1), 16–22. <https://doi.org/10.24252/jft.v9i1.25470>

- Rori, D. C., & Syabila, M. (2022). Pengaruh Variasi Konsentrasi ZnO Pada Karbon Aktif Terhadap Band Gap Setelah Impregnasi. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 3(9), 973–980. <https://doi.org/10.36418/jist.v3i9.493>
- Rusdiana, I. A., Hambali, E., & Rahayuningsih, D. M. (2018). Pengaruh Sonikasi Terhadap Sifat Fisik Formula Herbisida yang Ditambahkan Surfaktan Dietanolamida. *Agroradix*, 1(2), 34–41.
- Saeed, K., Khan, I., Gul, T., & Sadiq, M. (2017). Efficient photodegradation of methyl violet dye using TiO<sub>2</sub>/Pt and TiO<sub>2</sub>/Pd photocatalysts. *Applied Water Science*, 7(7), 3841–3848. <https://doi.org/10.1007/s13201-017-0535-3>
- Sanjaya, H., Hardeli, & Syafitri, R. (2018). Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis ZnO-TiO<sub>2</sub> Secara Fotosonolisis. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(1), 91–99. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/131>
- Santika, Y. E. (2024). Kajian Pencemaran Air Analisis Status Mutu Air dengan Metode Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Sungai Beji, Desa Pondok, Kecamatan Karangnom, Kabupaten Klaten. *Jurnal Ekosains*, 16(1), 30–43.
- Saraswati, I. G. A. A., Diantariani, N. putu, & Suarya, P. (2015). Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red Dengan Fotokatalis ZnO-Arang Aktif Dan Sinar Ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia*, 9(2), 175–182.
- Sari, D. N. (2022). *Fotodegradasi Zat Warna Titan Kuning Dan Fenol Merah Menggunakan Katalis Cu/ZnO Dan Ag/TiO<sub>2</sub>*. Universitas Hasanuddin.
- Sari, R., Sanjaya, H., Yohandri, Y., Amran, A., & Putra, A. (2022). Degradasi Zat Warna Methyl Violet dengan Katalis ZnO/Ag Menggunakan Metode Fotosonolisis. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(1), 24. <https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113261>
- Sari, W. N., Fajri, M. Y., & Anjas W. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L.)). *Ijobb*, 2(1), 30.
- Setiabudi, A., Hardian, R., & Muzakir, A. (2012). Karakterisasi Material: Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia. In *UPI Press* (1th ed, Vol. 1). UPI Press.
- Setyawan, H. P., & Suryani, O. (2024). Modified Titanium Oxide with Metal Doping as Photocatalyst in Photochemical Water Splitting. *Jurnal Sains Natural*, 14(1), 01–12. <https://doi.org/10.31938/jsn.v14i1.652>
- Shobirin, M., & Pranjoto, Utomo, M. (2018). Preparasi Karakterisasi dan Aplikasi Ca<sub>2-x</sub>Zn<sub>x</sub>SiO<sub>4</sub> Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Congo Red. *Jurnal Kimia Dasar*, 7(5), 237.
- Subagyo, R., Tehubijuluw, H., Utomo, W. P., Rizqi, H. D., Kusumawati, Y.,



- Bahruji, H., & Prasetyoko, D. (2022). Converting red mud wastes into mesoporous ZSM-5 decorated with TiO<sub>2</sub> as an eco-friendly and efficient adsorbent-photocatalyst for dyes removal. *Arabian J*, 15(5), 103754. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103754>
- Subagyo, R., Diakana, A. R., Anindika, G. R., Akhlus, S., Juwono, H., Zhang, L., Arramel, N., & Kusumawati, Y. (2024). Modification of Sugar Cane Bagasse with CTAB and ZnO for Methyl Orange and Methylene Blue Removal. *ACS Omega*, 9(23), 25251–25264. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c02938>
- Sugiyana, D., & Notodarmojo, S. (2015). Studi Mekanisme Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Azo Acid Red 4 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO<sub>2</sub>. *Arena Tekstil*, 30(2), 83–94.
- Sutanto, H., & Wibowo, S. (2015). Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis , Deposisi dan Aplikasi). In A. Luthfia (Ed.), *Penerbit Telescope*. Penerbit Telescope.
- Suthakaran, S., Dhanapandian, S., Krishnakumar, N., & Ponpandian, N. (2019). Hydrothermal synthesis of SnO<sub>2</sub> nanoparticles and its photocatalytic degradation of methyl violet and electrochemical performance. *Materials Research Express*, 6(8). <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab29c2>
- Tang, N. F. R., Tahir, D., & Heryanto, H. (2022). Sintesis Komposit ZnO/Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> menggunakan metode Sol-gel sebagai Material Fotokatalis Limbah Cair Industri (Metilen Biru). *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 19(1), 31. <https://doi.org/10.20527/flux.v19i1.11824>
- Terea, H., Rebiai, A., Selloum, D., & Tedjani, M. L. (2024). Cellulose/ZnO nanoparticles (CNC/ZnO NPs): synthesis, characterization, and evaluation of their antibacterial and antifungal activities. *Cellulose*, 31(8), 5027–5042. <https://doi.org/10.1007/s10570-024-05912-x>
- Utomo, S. B. (2020). Aplikasi Lignoselulosa Sulfonat Ampas Tebu Untuk Adsorpsi Zat Warna Tekstil Kationik Basic Violet 10. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v1i1.10096>
- Wulandari, W. T., Rochliadi, A., & Arcana, I. M. (2016). Nanocellulose prepared by acid hydrolysis of isolated cellulose from sugarcane bagasse. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 107, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/107/1/012045>
- Youssef, N. A., Shaban, S. A., Ibrahim, F. A., & Mahmoud, A. S. (2016). Degradation of methyl orange using Fenton catalytic reaction. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(3), 317–321. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.07.017>
- Zainul, R., Aziz, H., & Arief, S. (2020). Fotokatalis dan Fototransformasi Asam Humat. In D. Kurniawati (Ed.), *CV Berkah Prima*. CV Berkah Prima.