

**Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  dengan Metode Sol-gel  
Menggunakan Prekursor Titanium (IV) Isopropoksida (TTIP) dan  
Tembaga (II) Nitrat ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ )**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*



**Oleh:**

**ZULFIYANTI RAHMI**

**19036167/2019**

**PROGRAM STUDI KIMIA**

**DEPARTEMEN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2024**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

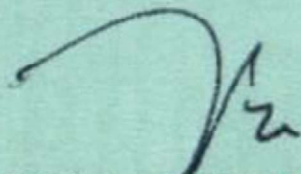
**Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  dengan Metode Sol-gel  
Menggunakan Prekursor Titanium (IV) Isopropoksida (TTIP) dan  
Tembaga (II) Nitrat ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ )**

Nama : Zulfiyanti Rahmi  
NIM : 19036167  
Program Studi : Kimia NK  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Januari 2024

Mengetahui :

Kepala Departemen Kimia



Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D  
NIP. 19721024 199803 1 001

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing



Okta Suryani, S.Pd., M.Sc., Ph.D  
NIP. 19891018 202012 2 014

## PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

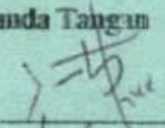
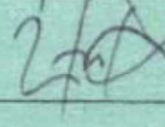
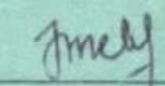
Nama : Zulfiyanti Rahmi  
NIM : 19036167  
Program Studi : Kimia NK  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ dengan Metode Sol-gel Menggunakan Prekursor Titanium (IV) Isopropoksida (TTIP) dan Tembaga (II) Nitrat ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ )

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi  
Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, Januari 2024

#### Tim Penguji

| No | Jabatan | Nama                                   | Tanda Tangan   |
|----|---------|--|--|
| 1  | Ketua   | Okta Suryani, S.Pd., M.Sc., Ph.D.      | 1.  |
| 2  | Anggota | Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D. | 2.  |
| 3  | Anggota | Melindra Mulia, S.Si., M.Si.           | 3.  |



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini

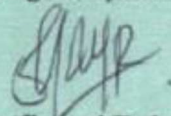
Nama : Zulfiyanti Rahmi  
NIM : 19036167  
Tempat/Tanggal Lahir : Bukittinggi, 14 Agustus 2000  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : **Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  dengan Metode Sol-gel Menggunakan Prekursor Titanium (IV) Isopropoksida (TTIP) dan Tembaga (II) Nitrat ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ )**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 22 Januari 2024  
Yang Menyatakan



**Zulfiyanti Rahmi**  
NIM:19036167

# Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ dengan Metode Sol-gel Menggunakan Prekursor Titanium (IV) Isopropoksida (TTIP) dan Tembaga (II) Nitrat ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ )

## ABSTRAK

$\text{TiO}_2$  sebagai fotokatalis pada *photochemical water splitting system* masih memiliki area serapan cahaya pada daerah UV, salah satu cara untuk meningkatkan serapan cahaya oleh  $\text{TiO}_2$  adalah dengan menambahkan doping logam seperti logam Cu. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  dengan metode yang sederhana dan ramah lingkungan. Sintesis fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  dilakukan dengan mencampur titanium tetraisopropoxide (TTIP), etanol, dan asam asetat dalam perbandingan volume 1:8:1, mengacu pada metode yang telah dijelaskan sebelumnya oleh Karthik et al. (2019). Selanjutnya, larutan  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  dengan konsentrasi 0,1 M dan 0,5 M ditambahkan sebagai dopan untuk sintesis sampel  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ . Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  (0,1 M dan 0,5 M) memiliki struktur kristal anatase. *Band gap* energi fotokatalis ini adalah 2,92 eV dan 2,81 eV, yang lebih rendah dibandingkan dengan  $\text{TiO}_2$  yang tidak mengalami doping, dengan *band gap* sebesar 3,2 eV. Penyerapan cahaya oleh  $\text{TiO}_2$  terjadi pada panjang gelombang 332 nm, sementara  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  (0,1 M) menunjukkan penyerapan pada panjang gelombang 346 nm dan  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  (0,5 M) pada 335 nm. Lebih penting lagi,  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  mampu menyerap lebih banyak cahaya dibandingkan  $\text{TiO}_2$  tanpa doping, menunjukkan potensi sebagai fotokatalis yang efektif dalam reaksi fotokimia. Penelitian ini menawarkan sintesis yang sederhana dan ramah lingkungan untuk meningkatkan kemampuan fotokatalitik  $\text{TiO}_2$  melalui doping dengan Cu, dengan potensi aplikasi dalam berbagai aplikasi fotokimia dan pengolahan air.

Kata kunci; *Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ , Band Gap Energi, doping Cu, Serapan cahaya.*

# Synthesis and Characterization Cu/TiO<sub>2</sub> Photocatalyst by Sol-gel Method using Titanium (IV) Isopropoxide (TTIP) and Copper (II) Nitrate (Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) Precursors.

## ABSTRACT

TiO<sub>2</sub> as a photocatalyst in the photochemical water splitting system still has a light absorption area in the UV region, one way to increase light absorption by TiO<sub>2</sub> is to add metal doping such as Cu metal. This research aims to synthesize and characterize TiO<sub>2</sub>/Cu photocatalyst with a simple and environmentally friendly method. The synthesis of TiO<sub>2</sub>/Cu photocatalyst was carried out by mixing titanium tetraisopropoxide (TTIP), ethanol, and acetic acid in a volume ratio of 1:8:1, referring to the method previously described by Karthik et al. (2019). Furthermore, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> solutions with concentrations of 0.1 M and 0.5 M were added as dopants for the synthesis of TiO<sub>2</sub>/Cu samples. The characterization results show that TiO<sub>2</sub>/Cu (0.1 M and 0.5 M) has an anatase crystal structure. The band gap energy of this photocatalyst is 2,92 eV and 2,81 eV, which is lower than that of TiO<sub>2</sub> without doping, with a band gap of 3.27 eV. Light absorption by TiO<sub>2</sub> occurs at a wavelength of 332 nm, while TiO<sub>2</sub>/Cu (0.1 M) shows absorption at a wavelength of 346 nm and TiO<sub>2</sub>/Cu (0.5 M) at 335 nm. More importantly, TiO<sub>2</sub>/Cu was able to absorb more light than TiO<sub>2</sub> without doping, showing potential as an effective photocatalyst in photochemical reactions. This study offers a simple and environmentally friendly synthesis to enhance the photocatalytic ability of TiO<sub>2</sub> through doping with Cu, with potential applications in various photochemical and water treatment applications.

Keywords; *TiO<sub>2</sub> photocatalyst, Band Gap Energy, Cu doping, light absorption.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis TiO<sub>2</sub>/Cu dengan Metode Sol-gel Menggunakan Prekursor Titanium (IV) Isopropoksida (TTIP) dan Tembaga (II) Nitrat (Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)”** sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains.

Dalam kesempatan ini, penulis juga menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Okta Suryani, S.Pd., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing
2. Bapak/Ibu dosen pembahas, Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Ibu Melindra Mulia, S.Si., M.Si.
3. Bapak dan Ibu staff pengajar, laboran, karyawan/karyawati Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
4. Kedua orang tua, Alm. Bapak Amilus dan Ibu Nurlis, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan kasih sayang, do'a dan dukungan kepada penulis.
5. Teman-teman yang selalu mendukung dan bekerjasama dengan baik dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Penulis memohon maaf apabila masih terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat dilanjutkan ke tahap penelitian selanjutnya, aamiin.

Padang, Januari 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| KATA PENGANTAR .....   | iii  |
| DAFTAR ISI.....  | iv   |
| DAFTAR GAMBAR .....  | vi   |
| DAFTAR TABEL.....  | vii  |
| DAFTAR LAMPIRAN.....   | viii |
| BAB I PENDAHULUAN.....   | 1    |
| A. Latar Belakang .....  | 1    |
| B. Identifikasi Masalah.....   | 3    |
| C. Batasan Masalah.....  | 3    |
| D. Rumusan Masalah .....   | 4    |
| E. Tujuan Penelitian .....   | 4    |
| F. Manfaat Penelitian .....  | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....  | 5    |
| A. <i>Photochemical water splitting system</i> .....                             | 5    |
| B. TiO <sub>2</sub> /Cu .....  | 7    |
| C. Metode Sintesis TiO <sub>2</sub> .....  | 10   |
| D. Instrumen.....  | 11   |
| 1. <i>X-ray Difraktometer (XRD)</i> .....  | 11   |
| 2. <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy UV-Vis Spectroscopy (DR-UV-Vis)</i> ..... | 12   |
| 3. <i>X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometry</i> .....                            | 13   |
| BAB III METODE PENELITIAN .....  | 16   |
| A. Waktu dan Tempat .....  | 16   |
| B. Objek Penelitian .....  | 16   |
| C. Variabel Penelitian .....   | 16   |
| D. Alat dan Bahan .....  | 16   |
| E. Prosedur Kerja.....   | 16   |
| 1. Sintesis Fotokatalis TiO <sub>2</sub> .....                                   | 16   |
| 2. Sintesis Fotokatalis TiO <sub>2</sub> /Cu .....                               | 16   |
| 3. Karakterisasi Fotokatalis .....   | 17   |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....  | 19   |
| A. Karakteristik Fotokatalis TiO <sub>2</sub> .....                              | 19   |



|   |    |
|---|----|
| 1. Karakterisasi XRD .....  | 19 |
| 2. Karakterisasi DR-UV-Vis .....  | 21 |
| B. Karakteristik Fotokatalis TiO <sub>2</sub> /Cu.....                        | 24 |
| 1. Karakterisasi XRF .....  | 24 |
| 2. Karakterisasi DR-UV-Vis .....  | 24 |
| C. Perbandingan Karakteristik TiO <sub>2</sub> dan TiO <sub>2</sub> /Cu ..... | 28 |
| BAB V PENUTUP .....   | 31 |
| A. Kesimpulan .....   | 31 |
| B. Saran.....   | 31 |
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 32 |
| LAMPIRAN.....   | 34 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1. Struktur Pita Elektronik Insulator, Semikonduktor dan Logam .....                                | 9  |
| Gambar 2. Pengenalan Metode Sol-Ge.....  | 10 |
| Gambar 3. Diagram X-Ray Difraktometer .....  | 11 |
| Gambar 4 . Diagam prinsip kerja <i>XRF Spectrometry</i> .....  | 14 |
| Gambar 5. Pola difraksi XRD fotokatalis $\text{TiO}_2$ .....   | 19 |
| Gambar 6. (a) Grafik absorbansi cahaya $\text{TiO}_2$ , (b) grafik reflektansi cahaya $\text{TiO}_2$ ..... | 22 |
| Gambar 7. Grafik <i>band gap</i> $\text{TiO}_2$ .....  | 23 |
| Gambar 8. Grafik absorbansi $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ .....   | 25 |
| Gambar 9. Grafik reflektansi $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ .....  | 26 |
| Gambar 10. Grafik <i>band gap</i> $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ .....   | 27 |
| Gambar 11. Perbandingan absorbansi dan reflektansi $\text{TiO}_2$ dan $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ .....       | 29 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1. Aplikasi Rutile, Anatase dan Brookite .....  | 8  |
| Tabel 2. <i>Peak list</i> difraksi XRD fotokatalis TiO <sub>2</sub> .....                           | 20 |
| Tabel 3. Kadar TiO <sub>2</sub> yang didoping Cu .....  | 24 |
| Tabel 4. Perbandingan band gap TiO <sub>2</sub> dengan TiO <sub>2</sub> /Cu (0,1 M dan 0,5 M) ..... | 30 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1. Anggaran biaya penelitian..... | 34 |
| Lampiran 2. Desain penelitian. ....        | 35 |
| Lampiran 3. Jadwal penelitian. ....        | 36 |
| Lampiran 4. Dokumentasi penelitian.....    | 37 |
| Lampiran 5. Hasil karakterisasi .....      | 39 |
| Lampiran 6. Perhitungan.....               | 46 |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Energi matahari merupakan sumber energi terbarukan dengan jumlah yang paling tidak terbatas di alam. Menurut (S & Dinahkandy, 2018). Indonesia adalah negara tropis yang dilalui oleh garis katulistiwa, sehingga memiliki potensi menerima panas matahari yang besar yaitu sekitar 1700-1950 kWh/m<sup>2</sup>/tahun atau sama dengan 4,66-5,34 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Sementara itu, menurut data dari artikel yang diterbitkan oleh (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2012), potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m<sup>2</sup> atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp.

Pemanfaatan energi matahari dengan pengonversian menjadi energi kimia adalah pilihan yang menarik. Energi kimia memiliki kelebihan dengan densitas energi yang tinggi dan relatif lebih mudah untuk ditransportasikan. Energi kimia yang telah dijadikan bahan bakar diantaranya seperti hidrogen, metana dan diesel. Diantara sumber energi tersebut hanya hidrogen yang jika dibakar tidak menghasilkan CO<sub>2</sub> dan memiliki densitas energi yang paling besar. Memanen energi matahari untuk memecah molekul air adalah salah satu teknologi yang paling menjanjikan untuk produksi hidrogen karena jalurnya yang bersih, tidak ada produksi produk sampingan yang tidak diinginkan, dan pasokan air yang melimpah (Bashiri et al., 2015).

Sistem yang sudah dikembangkan sebagai salah satu solusi alternatif adalah *photochemical water splitting system* dimana proses fotokatalisis yang berbasis semikonduktor. Sistem ini diakui sebagai salah satu teknologi yang menjanjikan karena dapat secara langsung mengubah energi matahari yang bersih dan tidak habis-habisnya menjadi bahan bakar kimia yang berharga, yakni hidrogen. Produksi gas hidrogen melalui proses water splitting merupakan reaksi redoks sederhana yang terdiri dari setengah reaksi oksidasi dua molekul air menjadi  $O_2$  dan setengah reaksi reduksi dua ion  $H^+$  menjadi  $H_2$  (Suryani et al., 2019). Di antara berbagai semikonduktor yang telah diselidiki oleh Honda dan Fujishima pada tahun 1972 adalah fotokatalis titanium dioksida ( $TiO_2$ ) (Li et al., 2020).

$TiO_2$  telah banyak menarik perhatian peneliti untuk digunakan sebagai semikonduktor dan fotokatalis yang masih dikembangkan hingga saat sekarang. Efisiensi  $TiO_2$  perlu ditingkatkan agar dapat digunakan sebagai fotokatalis untuk produksi hidrogen pada *photochemical water splitting system*. Daerah serapan cahaya matahari oleh  $TiO_2$  adalah berkisar antara 200-400 nm atau pada daerah UV (Rusique, 2021). Berdasarkan informasi tersebut dapat diketahui bahwa cahaya matahari yang telah dimanfaatkan adalah sekitar 30%, dalam hal ini masih banyak cahaya matahari yang belum digunakan.

Area serapan cahaya matahari oleh  $TiO_2$  perlu ditingkatkan, salah satu kelemahan  $TiO_2$  ialah memiliki celah pita 3.2 eV (relatif tinggi), hal ini menunjukkan bahwa aktivitas fotokatalitiknya yang sangat rendah di bawah cahaya tampak (Rusique, 2021). Beberapa upaya telah dilaporkan untuk meningkatkan sifat fotokatalis  $TiO_2$  yaitu salah satunya dengan mendoping ion

logam transisi. Diantara logam transisi, logam Cu dengan biaya relatif lebih rendah dianggap sebagai dopan yang sesuai untuk  $\text{TiO}_2$ , dopan logam Cu dalam bentuk oksida tembaga ( $\text{Cu}_2\text{O}$  dan  $\text{CuO}$ ) dapat meningkatkan kinerja fotokatalitik karena energi celah pita yang sempit (2,2 dan 1,7 eV), posisi konduksi negatif (1,13 dan 0,22 V) dan koefisien penyerapan cahaya yang tinggi (Bashiri et al., 2015).

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di latar belakang, peneliti melakukan penelitian tentang sintesis dan karakterisasi  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ . Fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  akan disintesis menggunakan metode sol-gel dan dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD, XRF dan DR-UV-Vis.

### **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yaitu:

1. Dibutuhkannya sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan energi matahari menjadi energi kimia.
2. Masih perlu meningkatkan efisiensi fotokatalis  $\text{TiO}_2$
3. Mensintesis dan mengkarakterisasi fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ .

### **C. Batasan Masalah**

Pada penelitian ini masalah dibatasi hingga mensintesis dan mengkarakterisasi fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  dengan variasi konsentrasi larutan logam Cu yaitu 0,1 M dan 0,5 M.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada identifikasi masalah dan batasaan masalah, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mensintesis fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ ?
2. Bagaimana hasil karakterisasi fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$ ?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Meningkatkan efisiensi fotokatalis  $\text{TiO}_2$
2. Mengkarakterisasi fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$

#### **F. Manfaat Penelitian**

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi dalam sintesis  $\text{TiO}_2/\text{Cu}$  sebagai fotokatalis pada sistem water splitting untuk menghasilkan gas hidrogen sebagai pengganti bahan bakar fosil.