

**DEGRADASI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN ZnO
TERDOPING Cu SEBAGAI FOTOKATALIS DENGAN
BANTUAN CAHAYA MATAHARI**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains*



NAFIKA NURULLITA

17036080/2017

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM**

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

PERSETUJUAN SKRIPSI

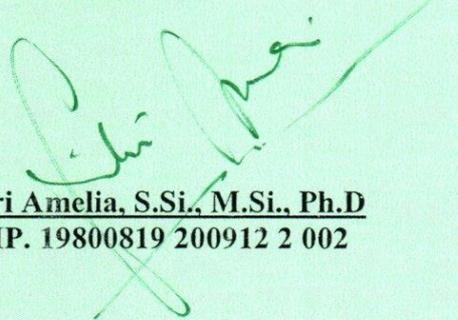
**DEGRADASI *METHYLENE BLUE* MENGGUNAKAN ZnO TERDOPING
Cu SEBAGAI FOTOKATALIS DENGAN BANTUAN CAHAYA
MATAHARI**

Nama : Nafika Nurullita
NIM : 17036080
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 25 Mei 2022

Mengetahui:

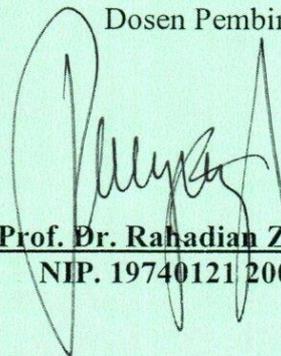
Ketua Jurusan



Fitri Amelia, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19800819 200912 2 002

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Rahadian Z., S.Pd., M.Si
NIP. 19740121 200012 1 001

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

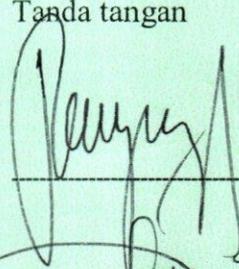
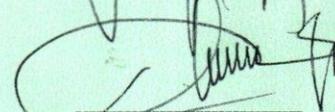
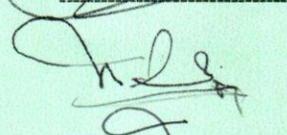
Nama : Nafika Nurullita
NIM : 17036080
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

DEGRADASI *METHYLENE BLUE* MENGGUNAKAN ZnO TERDOPING Cu SEBAGAI FOTOKATALIS DENGAN BANTUAN CAHAYA MATAHARI

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 25 Mei 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Prof. Dr. Rahadian Z., S.Pd., M.Si	
Anggota	: Ananda Putra, M.Si., Ph.D	
Anggota	: Miftahul Khair, M.Sc., Ph.D	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

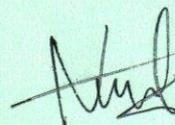
Nama : Nafika Nurullita
NIM : 17036080
Tempat/Tanggal lahir : Pariaman/ 21 November 1999
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Degradasi *Methylene Blue* Menggunakan ZnO Terdoping Cu sebagai Fotokatalis dengan Bantuan Cahaya Matahari**

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/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan 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, 25 Mei 2022
Yang menyatakan



Nafika Nurullita
NIM : 17036080

**DEGRADASI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN ZnO TERDOPING
Cu SEBAGAI FOTOKATALIS DENGAN BANTUAN CAHAYA
MATAHARI**

Nafika Nurullita

ABSTRAK

Zat warna *methylene blue* merupakan senyawa hidrokarbon aromatik beracun dan cukup sulit terdegradasi secara biologis. Penggunaan *methylene blue* dapat menimbulkan dampak berupa iritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi kulit. Berdasarkan dampak yang ditimbulkan dari penggunaan *methylene blue* ini, menjadikan alasan mengapa pentingnya menghilangkan *methylene blue* dari perairan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan degradasi metilen biru menggunakan metode fotokatalisis. Fotokatalisis merupakan degradasi *methylene blue* menggunakan cahaya dengan adanya fotokatalis pada proses reaksi. Fotokatalis yang digunakan pada penelitian ini adalah ZnO doping Cu 10%, yang memiliki nilai band gap sebesar 2,91eV dan ukuran partikel nya 11,34-31,47 nm. Pada penelitian ini proses degradasi *methylene blue* menggunakan reaktor *mobile hexagonal* dengan variasi kecepatan pengadukan 500 rpm, 1000 rpm, dan 1500 rpm. Degradasi dilakukan dengan menggunakan cahaya matahari. Intensitas cahaya diukur menggunakan *lightmeter* pada bagian depan dan belakang reaktor. Proses degradasi menggunakan variasi waktu penyinaran 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 jam. Hasil degradasi diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk melihat absorbansi sebelum dan sesudah degradasi. Hasil penelitian ini didapatkan persen degradasi tertinggi yaitu sebesar 73,29% dengan kecepatan pengadukan 1500 rpm selama 5 jam. Kecepatan pengadukan, lama waktu penyinaran, dan intensitas cahaya memberikan pengaruh terhadap hasil persentase degradasi yang didapatkan.

Kata kunci : *methylene blue*, fotokatalisis, ZnO didoping Cu, degradasi.

DEGRADATION OF METHYLENE BLUE USING ZnO DOPED Cu AS A PHOTOCATALYST WITH THE HELP OF SUNLIGHT

Nafika Nurullita

ABSTRACT

Methylene blue is a toxic aromatic hydrocarbon compound and is quite difficult to degrade biologically. The use of methylene blue can cause irritation of the digestive tract if swallowed, cause cyanosis if inhaled, and skin irritation. Based on the impact caused by the use of methylene blue, this is the reason why it is important to remove methylene blue from water. This study aims to degrade methylene blue using photocatalysis method. Photocatalysis is the degradation of methylene blue using light in the presence of a photocatalyst in the reaction process. The photocatalyst used in this study was 10% Cu-doped ZnO, which has a band gap of 2.91 eV and a particle size of 11.34-31.47 nm. In this study, the degradation process of methylene blue used a hexagonal mobile reactor with variations in stirring speed of 500 rpm, 1000 rpm, and 1500 rpm. Degradation is done by using sunlight. The light intensity was measured using *lightmeters* at the front and back of the reactor. The degradation process uses variations in irradiation time of 1, 2, 3, 4, 5, and 6 hours. The degradation results were measured using UV-Vis spectrophotometry to see the adsorption before and after degradation. The results of this study obtained the highest percentage of degradation that is equal to 73.29% with a stirring speed of 1500 rpm for 5 hours. Stirring speed, irradiation time, and light intensity have an effect on the percentage of degradation obtained.

Keywords : methylene blue, photocatalyst, ZnO doped Cu, degradation.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Degradasi methylene Blue menggunakan ZnO Terdoping Cu sebagai Fotokatalis dengan Bnatuan Cahaya Matahari”**. Shalawat serta salam untuk Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap kegiatan kita.

Laporan hasil penelitian ini penulis ajukan sebagai suatu syarat dalam memenuhi mata kuliah seminar hasil untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan laporan hasil penelitian ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan saran yang sangat berharga dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Rahadian Zainul, S.Pd, M.Si selaku dosen pembimbing dan penasihat akademik yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama proses pengerjaan laporan hasil penelitian.
2. Ibu Fitri Amelia S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Prodi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Ananda Putra, M.Si, Ph.D dan Bapak Miftahul Khair M.Sc, Ph.D Selaku dosen pembahas.

5. Orang tua serta kakak-kakak yang telah memberikan dukungan, semangat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan laporan hasil penelitian ini.
6. Teman-teman Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang Angkatan 2017 yang telah memberikan masukan dan dorongan selama pelaksanaan penelitian.

Penulis menyadari laporan hasil penelitian ini masih belum lengkap dan belum sempurna. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati serta besar harapan penulis dalam menerima kritikan dan saran. Atas masukan dan saran yang diberikan, penulis mengucapkan terimakasih.

Padang, 05 Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Methylene blue.....	7
B. ZnO	9
C. Dopan Cu	11
D. Fotokatalis.....	12
E. Metode Sol-Gel.....	16
F. Instrumentasi.....	18
1. XRD (X-Ray Diffraction).	18
2. UV-Vis DRS (Diffuse Reflectance Spectroscopic)	21
3. Spektrofotometri Ultraviolet-Visible (UV-Vis)	22
BAB III METODE PENELITIAN	25
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
B. Objek Penelitian.....	25
C. Variabel Penelitian.....	25

E.	Prosedur Penelitian	26
1.	Preparasi katalis ZnO-Cu melalui metode Sol-Gel	26
2.	Preparasi larutan Methylene blue 10 ppm.....	27
3.	Pengujian Aktivitas Katalis ZnO-Cu 10%	27
4.	Karakterisasi Katalis	27
F.	Skema Alat.....	29
G.	Teknik Analisa Data	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
A.	Preparasi ZnO Doping Cu dengan Menggunakan Metoda Sol-Gel.....	30
B.	Karakterisasi Katalis	31
1.	Karakterisasi Katalis Menggunakan XRD	31
2.	Karakterisasi Katalis Menggunakan Spektrofotometri UV-DRS	34
C.	Panjang gelombang yang digunakan untuk pengukuran absorban.....	35
D.	Degradasi <i>Methylene Blue</i> Menggunakan Reaktor <i>Mobile Hexagonal</i> dan Fotokatalis ZnO-Cu 10%	36
1.	Tanpa Pengadukan	40
2.	Pengadukan 500 rpm.....	41
3.	Pengadukan 1000 rpm.....	42
4.	Pengadukan 1500 rpm.....	43
E.	Degradasi <i>Methylene Blue</i> Menggunakan Reaktor <i>Mobile Hexagonal</i> dan Fotokatalis ZnO.....	46
F.	Degradasi <i>Methylene Blue</i> Menggunakan Reaktor <i>Mobile Hexagonal</i>	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		48
A.	Kesimpulan	48
B.	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN.....		52

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
1. Struktur Kimia <i>methylene blue</i>	7
2. Struktur Kristal ZnO (a) rocksalt; (b) Zinc Blende; (c) Wurtzite	10
3. mekanisme fotokatalitik	15
4. Instrumen XRD	18
5. Difraksi Sinar-X oleh Kristal	20
6. Desain dasar penyerapan sinar ultraviolet atau cahaya tampak	23
7. Reaktor mobile hexagonal yang digunakan	29
8. Pola XRD Pada Katalis ZnO-Cu 10%	31
9. Grafik <i>band gap</i> katalis ZnO-Cu 10% dengan menggunakan spektrofotometer UV-DRS	34
10. Spektrum Panjang Gelombang Maksimum Methylene Blue 10 ppm	36
11. Grafik degradasi <i>methylene blue</i> tanpa pengadukan (0 rpm)	40
12. Grafik Degradasi <i>Methylene Blue</i> dengan pengadukan 500 rpm	41
13. Grafik Degradasi <i>Methylene Blue</i> dengan pengadukan 1000 rpm	42
14. Grafik Degradasi <i>Methylene Blue</i> dengan pengadukan 1500 rpm	43
15. Perbandingan Degradasi methylene blue menggunakan fotokatalis ZnO-Cu 10%	44

DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
1. sifat fisika ZnO	9
2. Parameter Proses Sol-Gel	17
3. kekurangan dan kelebihan spektrofotometer UV-Vis.....	24
4. Analisa XRD pada Katalis ZnO-Cu10%	32
5. Nilai Band Gap dari katalis ZnO dan ZnO doping Cu 10%	35

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	HALAMAN
1. Perhitungan preparasi katalis	52
2. Perhitungan pembuatan larutan metil biru 10 ppm.....	53
3. Absorbansi larutan metil biru sebelum didegradasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis	54
4. Absorbansi <i>Methylene blue</i> setelah didegradasi dengan variasi waktu radiasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis	55
5. Gambar Reaktor mobile hexagonal yang digunakan	57
6. Data Degradasi methylene blue	58
7. perhitungan %degradasi methylene blue	60
8. Skema sintesis ZnO-Cu menggunakan metode Sol-Gel 10%	63
9. Skema Degradasi Metil Biru Menggunakan Katalis ZnO-Cu	63
10. Dokumentasi Hasil Penelitian.....	65
11. Difraktogram XRD katalis ZnO-CuO 10%	70
12. Perhitungan penentuan ukuran partikel kristal ZnO-Cu 10% Menggunakan Persamaan Scherrer.....	71
13. Data reflektan ZnO-CuO menggunakan spektrofotometer UV- DRS	79
14. skema preparasi larutan methylene blue 10 ppm.....	84

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri merupakan komponen penting dari perekonomian suatu negara dan parameter penting dalam kemajuan suatu negara. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia, salah satu industri yang masih berkembang adalah industri tekstil. Dalam industri tekstil tidak terlepas dari dampak negatif yang ditimbulkan oleh zat warna yang dihasilkannya, yaitu dalam proses pewarnaan dan proses pencelupan. Zat warna yang digunakan pada industri tekstil ini dapat merusak ekosistem sungai dan mempengaruhi kesehatan manusia, yang memanfaatkan sungai sebagai kebutuhan sehari-hari, sehingga diperlukan proses degradasi (penguraian) limbah sebelum dibuang ke sungai (Ertugay & Acar, 2016)

Industri tekstil menghasilkan limbah berupa zat warna cair yang mengandung campuran bahan organik dan anorganik yang berbahaya dan beracun bagi organisme air dan kesehatan manusia. Zat warna tekstil biasanya mengandung senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzena, senyawa yang sulit didegradasi (diuraikan), bersifat toksik, karsinogenik, dan mutagenik (Saptaaji, 2007).

Salah satu zat warna yang digunakan dalam industri tekstil yaitu *methylene blue*. Senyawa *methylene blue* memiliki struktur benzena yang sulit terurai secara alami, bersifat toksik, karsinogenik, dan mutagenik (Ljubas, Ćurković, & Dobrović, 2010). Pada industri tekstil, *methylene blue* merupakan zat warna thiazine yang umum digunakan, karena harganya ekonomis dan mudah

diperoleh. Zat warna *methylene blue* adalah pewarna dasar yang digunakan dalam proses pewarnaan kulit, kain, dan tannin. Penggunaan *methylene blue* dapat menimbulkan dampak berupa iritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi kulit (Hamdaoui & Chiha, 2007).

Berdasarkan dampak yang ditimbulkan dari penggunaan *methylene blue* ini, menjadikan alasan mengapa pentingnya menghilangkan *methylene blue* dari perairan. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam mengatasi masalah limbah zat warna cair ini, diantaranya: menggunakan metode klorinasi, biodegradasi, dan ozonasi. Beberapa metode ini membutuhkan biaya operasional yang cukup mahal, sehingga kurang efisien untuk diterapkan. salah satu metode yang relatif murah dan mudah diterapkan yaitu menggunakan metode fotodegradasi, metode ini digunakan untuk menguraikan zat warna menjadi komponen yang lebih sederhana, sehingga aman dibuang ke lingkungan. Prinsipnya menggunakan fotokatalis yang berasal dari bahan semikonduktor, seperti TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , CdS , dan lainnya (Wijaya, Sugiharto, Fatimah, Sudiono, & Kurniaysih, 2006)

Penelitian ini menggunakan fotokatalis semikonduktor Zinc Oxide (ZnO), karena ZnO memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih baik dan lebih efisien sebagai fotokatalis pada larutan berair. Diantara berbagai jenis semikonduktor, ZnO merupakan semikonduktor anorganik yang tidak berbahaya yang dapat memberikan mobilitas tinggi dan stabilitas termal yang baik. Energi celah pita ZnO adalah 3,37 eV, energi ikatan pada suhu ruang yaitu 60 MeV, struktur yang stabil yaitu Wurtzite. Karena sifatnya yang serbaguna, kemudahan pada

pembuatannya dan biaya yang digunakan relatif murah, banyak penelitian yang telah dilakukan dengan sesama logam maupun didoping dengan senyawa non logam (Natori, Kobayashi, & Takahashi, 2009)

Doping merupakan proses penyisipan nanostruktur logam transisi pada semikonduktor yang tujuannya untuk dapat mengefisiensikan fungsi semikonduktor. Salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik maupun sifat optik bahan semikonduktor yaitu dengan cara meningkatkan konsentrasi doping logam transisi untuk mengubah tingkat energinya. Manfaat dilakukan pendopingan ini adalah untuk meningkatkan jumlah elektron yang ditangkan, sehingga menghambat proses rekombinasi elektron-hole selama radiasi. Dengan adanya penurunan rekombinasi ini, aktivitas fotokatalitiknya dapat ditingkatkan

ZnO memiliki dua tipe karakteristik yaitu tipe-p dan tipe-n. Material doping untuk ZnO tipe-p antara lain: kalium, litium, tembaga, fosfor, dan arsen. Sedangkan material dopingan untuk ZnO tipe-n antara lain yaitu boron, aluminium, dan flourin. Menyisipkan logam Cu pada semikonduktor ZnO yaitu Cu memiliki kesamaan dalam struktur luar elektronik dengan Zn, memiliki konduktivitas yang sangat tinggi, murah, dan banyak tersedia di kerak bumi.

Metode sol-gel adalah metode yang cukup sederhana untuk mensintesis nanopartikel. Prosesnya melibatkan dua tahap yaitu pembentukan sol dan gel. Proses gel dimulai dengan pembentukan koloid yang memiliki padatan tersuspensi didalam larutannya. Kemudian sol ini akan mengalami perubahan fase menjadi gel, yaitu koloid yang memiliki fraksi padat yang lebih besar dari

pada sol. Gel ini akan mengeras dan bisa dipanaskan hingga membentuk kerak (Yeatman & Dawnay, 1997)

Nanopartikel yang telah disintesis akan dikarakterisasi kristalinitasnya dengan X-Ray Difraktometri (XRD) dan Scanning Electron Microscope (SEM) yang umumnya beberapa penelitian yang telah menghasilkan material-material nano. Kemudian, akan digunakan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi zat warna sintetik metilen biru (Abdullah, Khairurrijal, & Khairurrijal, 2009)

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi ZnO terdoping Cu menggunakan metode sol-gel sebagai fotokatalis untuk degradasi *methylene blue*.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diidentifikasi beberapa masalah yaitu;

1. *Methylene blue* merupakan jenis pewarna sintesis yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri, tetapi bersifat toksik sehingga perlu dilakukan penanganan yang serius karena sulit untuk didegrasi.
2. Terdapat beberapa metode yang telah dilakukan dalam meminimalisir bahaya dari zat warna sintesis, namun upaya tersebut masih kurang efektif dalam mendegradasi.

C. Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan dalam sintesis ZnO-Cu menggunakan metode sol-gel.
2. Konsentrasi doping Cu yang digunakan pada sintesis ZnO-Cu yaitu 10%.

3. Suhu saat pemanasan yaitu 100°C dan suhu pada saat kalsinasi yaitu 500°C .
4. Larutan *methylene blue* yang dipakai sebagai model limbah zat warna dengan konsentrasi 10 ppm.
5. Variasi waktu degradasi terhadap metil biru dimulai dari 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kemampuan katalis ZnO-Cu 10% dalam mendegradasi larutan *methylene blue* dibawah sinar matahari?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu penyinaran terhadap degradasi *methylene blue* menggunakan katalis ZnO-Cu 10% ?
3. Bagaimana pengaruh kecepatan pengadukan terhadap degradasi *methylene blue* menggunakan katalis ZnO-Cu 10% ?
4. Bagaimana karakterisasi katalis ZnO-Cu 10% menggunakan spektrofotometer UV-DRS dan XRD ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang didapatkan berdasarkan rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kemampuan katalis ZnO-Cu 10% dalam mendegradasi larutan *methylene blue* dibawah sinar matahari.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu penyinaran terhadap degradasi *methylene blue* menggunakan katalis ZnO-Cu 10%.

3. Mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan terhadap degradasi *methylene blue* menggunakan katalis ZnO-Cu 10%.
4. Mengetahui karakterisasi katalis ZnO-Cu 10% menggunakan spektrofotometer UV-DRS dan XRD.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

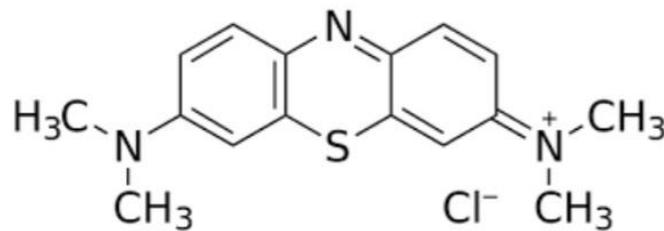
1. Memberikan informasi ilmiah bagaimana proses sintesis ZnO-Cu menggunakan metode sol-gel.
2. Memberikan informasi ilmiah mengenai karakteristik ZnO-Cu yang dikarakterisasi menggunakan UV-DRS dan XRD.
3. Memberikan informasi ilmiah mengenai aktivitas katalis ZnO-Cu terhadap degradasi *methylene blue*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Methylene blue

Methylene blue mempunyai rumus kimia $C_{16}H_{18}ClN_3S$, yang merupakan senyawa hidrokarbon aromatik beracun dan pewarna kationik dengan daya adsorpsi yang kuat. Umumnya metilen biru digunakan sebagai pewarna untuk sutra, wol, tekstil, kertas, peralatan kantor, dan kosmetik. Senyawa metilen biru berupa kristal berwarna hijau gelap. Ketika dilarutkan, metilen biru dalam air atau alkohol akan menghasilkan larutan berwarna biru. Berat molekul metilen biru adalah 319,86 gr/mol, dengan titik leleh $105^{\circ}C$ dan kelarutan sebesar $4,36 \times 10^4$ mg/L (Palupi, 2006).

Struktur metilen biru tertera pada Gambar 1



Gambar 1 Struktur Kimia *methylene blue* (Hamdaoui & Chiha, 2007).

Methylene blue merupakan salah satu jenis warna basa yang banyak digunakan pada industri tekstil. Meskipun tidak tergolong sebagai senyawa yang sangat berbahaya, metilen biru dapat bersifat toksik bagi lingkungan dan manusia. Pada lingkungan, kandungan *methylene blue* yang pekat dapat menghalangi penetrasi sinar matahari kedalam perairan dan mengganggu kehidupan ekosistem tersebut. Pada manusia, *methylene blue* dapat menyebabkan mata terbakar, sulit bernafas, mual, muntah, keringat

berlebihan, kebingungan mental, dan methemoglobinemia (Tan, Ahmad, & Hameed, 2008).

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI yaitu Nomor P.68/MENLHKSetjenKum1/8/2016 tentang baku mutu air limbah domestik, konsentrasi maksimum *methylene blue* yang diperbolehkan berada di perairan yaitu 5,0-10 mg/L. limbah yang dibuang keperairan tanpa di olah dulu, secara langsung limbah ini dapat membahayakan kesehatan, dan menimbulkan efek samping toksik dan mengurangi penetrasi cahaya di perairan yang tercemar zat warna tertentu akan menimbulkan perubahan pada lingkungan dan apabila zat warna tersebut memiliki konsentrasi yang relatif tinggi akan mengakibatkan dampak bagi kesehatan berupa iritasi pada kulit, saluran pernafasan, dan bahaya kanker pada hati (Hadayani, Riwayati, & Ratnani, 2015).

Senyawa *methylene blue* mempunyai struktur benzena yang sulit untuk diuraikan secara alami, bersifat toksik, karsinogenik, dan mutagenik. Dalam industri tekstil, *methylene blue* merupakan salah satu zat warna thiazine yang sering digunakan, karena harganya ekonomis dan mudah diperoleh. Zat warna *methylene blue* ini merupakan zat warna dasar yang penting dalam proses pewarnaan kulit, kain mori, kain katun, dan tannin. Penggunaan *methylene blue* dapat menimbulkan beberapa efek, seperti iritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup dan iritasi pada kulit jika tersentuh oleh kulit. Beberapa efek tersebut merupakan alasan yang menyebabkan perningnya menghilangkan *methylene blue* dari perairan (Ljubas et al., 2010).

B. ZnO

Zinc Oxide (ZnO) adalah bahan semikonduktor. ZnO adalah bubuk heksagonal berbentuk padat (*amorf*) (*wurtzite*), serbuk ZnO akan berwarna putih jika dingin (dibawah temperatur ruang) dan akan berwarna kuning bila panas (pada temperatur tinggi), berasa pahit, tidak berbau dan tidak beracun. ZnO larut dalam garam ammonium, asam dan basa tetapi sulit larut dalam alcohol ataupun air. ZnO digunakan dalam industry sebagai pelarut, penetral dan agen pelindung (Firdausi, Setia Budi, & Adi, 2007).

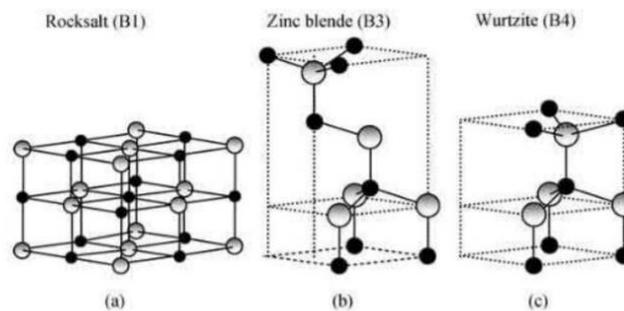
Tabel 1 sifat fisika ZnO

Sifat	Nilai
Struktur Kristal	Wurtzite (stabil pada 300 K), <i>Zinc blende</i> dan <i>rocksalt</i>
Energi Gap	3.37 Ev
Energi ikat eksitasi	60 meV
kerapatan	5.606 g/cm ³
Titik lebur	1975 °C
Parameter kisi a ₀	0.32495 nm
C ₀	0.52069 nm
C ₀ /A ₀	1.60
Konduktivitas termal	0.6, 1-12
Koefisien linear ekspansi (°C)	a ₀ : 6.5x10 ⁻⁶ , C ₀ : 3.0x10 ⁻⁶
Konstanta dielektrik relatif	8.656
Indeks bias	2.008, 2.029

ZnO merupakan kristal senyawa ionic yang tersusun secara teratur dan berulang (*periodik*). ZnO merupakan semikonduktor tipe-n dalam golongan II-IV,

terletak di batas antara semikonduktor yang bersifat ionik dan kovalen. ZnO mempunyai kisi kristal dengan struktur *wurtzite*, memiliki *band gap* 3,37 eV dengan energi ikatan eksitasinya (*excitation binding*) yang besar yaitu 60 meV dan melimpah di alam serta ramah lingkungan (K. M. Lee, Lai, Ngai, & Juan, 2016).

Susunan dalam kristal menghasilkan kisi kristal dengan bentuk struktur tertentu. ZnO memiliki struktur kristal berupa *wurtzite*, *zinc blende*, dan *rocksalt*. *Wurtzite* adalah struktur ZnO paling stabil karena mengkristal pada suhu ruang (K. M. Lee et al., 2016). Struktur *wurtzite* terbentuk pada kondisi tekanan normal dan fase termodinamika yang stabil, struktur ZnO *zinc blende* terbentuk pada substrak kubik, dan struktur ZnO *rocksalt* terbentuk pada kondisi dengan tekanan tinggi (Wibowo, 2015).



Gambar 2 Struktur Kristal ZnO (a) rocksalt; (b) Zinc Blende; (c) Wurtzite (K. M. Lee et al., 2016).

Penelitian ini menggunakan fotokatalis semikonduktor seng oksida (ZnO) karena ZnO lebih efisien dan memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik. Memiliki band gap sebesar 3,37 eV dan energi ikat sebesar 60 MeV. Diantara berbagai macam semikonduktor, ZnO merupakan salah satu semikonduktor

anorganik yang tidak bersifat toksik yang dapat memberikan mobilitas tinggi dan stabilitas termal yang baik. ZnO memiliki jarak pita 3,37 eV dengan energi ikatan 60 meV pada suhu ruang dengan struktur yang stabil yaitu wurtzite. Banyak penelitian yang dilakukan dengan menggunakan ZnO sebagai fotokatalis, baik ZnO sebagai monokatalis, maupun ZnO yang didoping dengan sesama logam (metal-metal) maupun didoping dengan senyawa non logam (metal-non logam-metal) karena sifatnya yang serbaguna, kemudahan dalam pembuatan, dan biaya yang relatif murah (W. Lee, Jeong, & Myoung, 2004).

Penelitian telah menunjukkan bahwa ZnO menunjukkan efisiensi fotokatalitik yang lebih baik daripada TiO₂ untuk menghilangkan senyawa organik dalam matriks air. ZnO memiliki kemampuan menyerap spektrum cahaya lebih banyak dibandingkan dengan TiO₂. Fotokatalis berbasis ZnO telah mendapat banyak perhatian karena sifatnya yang sangat baik, yang meliputi kestabilan dan termalitas yang tinggi pada suhu kamar, tidak beracun, koefisien pasangan elektrokimia yang tinggi, wilayah penyerapan radiasi yang luas, dan merupakan bahan untuk banyak aplikasi termasuk sel surya, pelapis optik, perangkat listrik dan fotokatalis. ZnO telah terbukti sebagai bahan fotokatalis, karena menunjukkan efisiensi katalitik yang tinggi dan berbiaya rendah serta ramah lingkungan (K.-s. Yu, Shi, Zhang, Liang, & Liu, 2013).

C. Dopan Cu

Menyisipkan nanostruktur logam transisi pada semikonduktor yang dikenal sebagai doping merupakan salah satu metode yang efektif untuk

mengefisienkan fungsi semikonduktor. Hal tersebut efektif untuk menyesuaikan tingkat energi semikonduktor tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan sifat fisik maupun sifat optis dari bahan semikonduktor tersebut dengan meningkatkan konsentrasi doping logam transisi sehingga tingkat energinya pun akan berubah. Manfaat dilakukannya doping logam transisi adalah meningkatkan jumlah elektron yang terjebak agar menghambat proses rekombinasi elektron-hole selama radiasi. Dengan adanya penurunan proses rekombinasi ini dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya (Zaleska, 2008).

Beberapa penelitian dengan beberapa metode telah dilakukan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari ZnO, salah satu diantaranya adalah dengan mendoping nanostruktur logam transisi kedalam ZnO. Dengan meningkatkan konsentrasi doping ZnO, maka tingkat energinya akan berubah sehingga dapat meningkatkan sifat fisik maupun sifat optiknya (Ahmad et al., 2018).

ZnO memiliki 2 tipe karakteristik yaitu tipe-p dan tipe-n. Material doping untuk ZnO tipe-p antara lain: kalium, litium, tembaga, fosfor, dan arsen. Sedangkan material doping untuk ZnO tipe-n antara lain yaitu boron, aluminium, dan flourin. Menyisipkan logam Cu pada semikonduktor ZnO yaitu Cu memiliki konduktivitas yang sangat tinggi, murah, dan banyak tersedia di kerak bumi (W. Lee et al., 2004).

D. Fotokatalis

Fotokatalis yaitu dimana bahan bereaksi dengan bantuan energi, iradiasi UV, dan katalis padat. Adanya fotokatalis disebabkan oleh cahaya dan bahan katalis. Katalis merupakan zat yang mempengaruhi proses laju reaksi tanpa

mengalami perubahan secara kimia. Katalis dapat meningkatkan proses fotoreaksi dengan berinteraksi dengan matriksnya, adalah matriks dalam keadaan dasar ataupun keadaan tereksitasi, tergantung pada mekanisme fotoreaksinya (Sani, Rosita, & Rakhmawaty, 2009).

Fotokatalis merupakan kombinasi dari proses fotokimia dan katalis, keduanya diperlukan untuk mempercepat reaksi kimia, sehingga fotokatalis dapat didefinisikan sebagai reaksi cahaya yang dipercepat dengan adanya katalis. Penambahan katalis selama fotolisis dapat meningkatkan pemecahan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana yang disebut fotokatalitik (Mandar & Zainul, 2019).

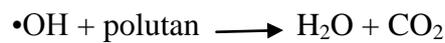
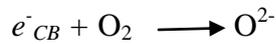
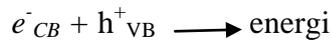
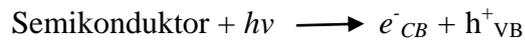
Fotokatalis biasanya dapat didefinisikan proses reaksi kimia oleh tambahan bantuan cahaya dan katalis padat. Dimana melibatkan pasangan *elektron-hole* (e^- dan h^+) pada langkah reaksi. Definisi fotokatalis memiliki beberapa arti tahap fotokatalitik yaitu reaksi redoks yang melibatkan pasangan e^- dan h^+ . Sistem fotokatalis tersusun dari partikel semikonduktor yang bisa bereaksi dengan medium cairan ataupun gas. Proses fotokatalis ini adalah ketika suatu partikel semikonduktor berada dalam bentuk cairan ataupun gas dan terkena sinar ultraviolet maka akan menghasilkan pasangan *elektron* dan *hole*. Pasangan elektron dan *hole* akan berpindah ke permukaan partikel semikonduktor dan menyebabkan proses tersebut mengarah pada oksidasi dan reduksi polutan dalam medium

Teknologi fotokatalisis saat sekarang ini dianggap sebagai teknologi permurnian air yang menjanjikan dibandingkan dengan metode tradisional lainnya. Teknologi ini menggunakan fotokatalis sebagai pendegradasi polutan

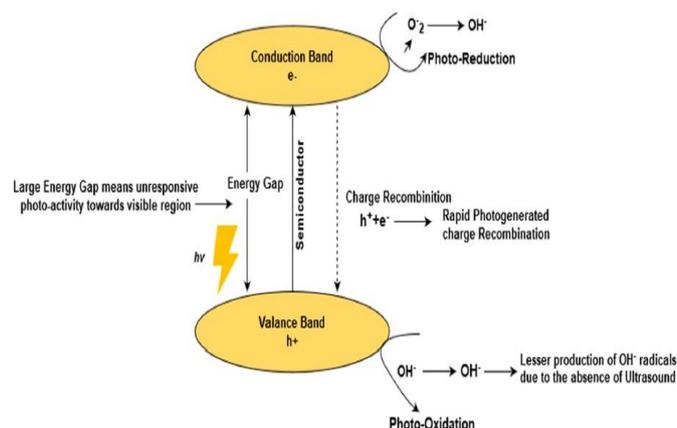
dengan menggunakan bantuan cahaya (foton). Proses fotokatalis ini menggunakan prinsip semikonduktor dengan jumlah energi celah pita yang dimiliki semikonduktor. Proses fotokatalitik terjadi saat bahan semikonduktor dengan energi celah pita tertentu diberi energi cahaya, maka akibatnya akan terjadi transformasi kimiawi yang dapat mengubah senyawa organik dan anorganik yang menempel pada bahan menjadi karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) (Anggita, 2020).

Reaksi fotokatalis dimulai ketika katalis semikonduktor terkena cahaya energi yang lebih besar dari celah pita semikonduktor. Elektron dari pita valensi (VB) dapat tereksitasi dan melompat ke pita konduksi (CB) dimana lubang ($h\nu$) terbentuk, pasangan lubang elektron yang difotogenerasi dapat bergabung kembali setelah melepaskan energi. Rekombinasi ini dianggap berasal dari efisiensi kuantum rendah dari semikonduktor. Jika rekombinasi tidak terjadi pasangan lubang elektron yang dihasilkan kemudian dipisahkan dan dipindahkan ke permukaan bahan dan memulai reaksi sekunder dengan bahan yang diserap. Akseptor seperti O_2 yang berada pada permukaan katalis atau dilarutkan dalam air dan mereduksinya menjadi anion radikal superoksida O_2^- , secara bersamaan lubang positif dapat mengoksidasi polutan secara langsung atau molekul H_2O untuk menghasilkan radikal hidroksil $\bullet\text{OH}$. Kedua radikal reaktif ini ($\bullet\text{OH}$, O_2^-) adalah agen pengoksidasi yang sangat reaktif dalam proses fotokatalitik yang dapat mendegradasi polutan organik menjadi air dan karbondioksida dibawah paparan sinar UV (Behnajady, Modirshahla, Daneshvar, & Rabbani, 2007).

Reaksi fotokatalitik secara umum yaitu:



Katalis yang umumnya digunakan dalam fotokatalisis yaitu material semikonduktor karena mampu menyerap foton seperti katalis ZnO. Kelebihan dari fase fotokatalitik ini adalah menghemat energi, dan tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar. Mekanisme pada fotokatalis ini terjadi pada saat cahaya mengenai permukaan ZnO yang menyebabkan terbentuknya hole pada pita valensi dan electron akan berada pada pita konduksi yang kemudian disebut dengan photo excitation state. Hasil akhir yang diperoleh didapatkan yaitu terbentuknya senyawa superoksida yang melepaskan O_2 dan $\bullet\text{OH}$ yang dapat mendegradasi polutan organik (Naimah, Jati, Aidha, & Cahyaningtyas, 2014)



Gambar 3 mekanisme fotokatalitik

E. Metode Sol-Gel

Metode sol-gel melibatkan 2 tahap yaitu pembentukan sol dan gel. Sol merupakan sistem koloid yang padatnya tersuspensi dalam cairan, bentuknya cair tetapi berwarna keruh karena banyaknya padatan. Partikel yang diperoleh berdiameter berkisar 1-100 nm. Gel merupakan sistem koloid yang cairannya sudah bercampur dengan padatan, bentuknya padat tapi mengandung air.

Metode sol-gel merupakan salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana. Proses gel diawali dengan pembentukan koloid yang memiliki padatan tersuspensi didalam larutannya. Sol ini kemudian akan mengalami perubahan fase menjadi gel, yaitu koloid yang memiliki fraksi solid yang lebih besar dari pada sol. Gel ini akan mengalami kekakuan dan dapat dipanaskan sehingga menjadi serbuk (Yeatman & Dawnay, 1997).

Menurut (Brinker & Scherer, 1990) proses sol-gel terdiri dari :

- a. Hidrolisis, pada tahap ini prekursor yang digunakan akan dilarutkan dalam alkohol dan akan terhidrolisis dengan penambahan air. Semakin banyak air yang ditambahkan akan mengakibatkan proses hidrolisis semakin cepat sehingga proses gelasi juga akan menjadi lebih cepat
- b. Kondensasi, pada tahap ini akan terjadi transisi dari sol menjadi gel. Molekul-molekul yang telah mengalami kondensasi akan saling bergabung sehingga menghasilkan gel yang mempunyai kerapatan massa yang besar dan akan menghasilkan kristal logam oksida

- c. Aging merupakan tahap pematangan dari gel yang terbentuk dari proses kondensasi. Proses pematangan ini, terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kaku, kuat, dan menyusut didalam larutan.
- d. Tahap terakhir ialah proses penguapan pelarut yang digunakan dan cairan yang tidak diinginkan untuk mendapatkan struktur sol-gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi.

Teknik sol-gel lebih umum digunakan dalam sintesis nanopartikel dan memiliki beberapa kelebihan sebagai berikut: berdasarkan produk yang dihasilkan dengan proses sol-gel diperoleh homogenitas yang lebih baik, kemurnian tinggi dan proses pembentukan kristalin cepat. Berdasarkan energi yang digunakan, teknik sol-gel dapat berlangsung pada suhu rendah. Oleh karena reaksi berlangsung pada suhu rendah, fasa pemisahan dan proses pembentukan kristal lebih cepat maka dari segi biaya operasional pada proses sol-gel ekonomis. Dari segi lingkungan proses sol-gel termasuk ramah lingkungan karena limbah yang dihasilkan cukup rendah (Widodo,2010).

Tabel 2 Parameter Proses Sol-Gel (Ningsih, 2016).

Tahapan Proses	Tujuan Proses	Parameter Proses
Larutan Kimia	Membentuk gel	Tipe precursor, tipe pelarut, kadar air, konsentrasi prekursor, temperature, pH.
<i>Aging</i>	Mendiamkan gel untuk mengubah sifat	Waktu, temperature, komposisi cairan, lingkungan aging
Pengeringan (<i>drying</i>)	Menghilangkan air dari gel	Metode pengeringan (<i>ovaporative, supercritical dan freeze drying</i>), temperature, tekanan, dan waktu
Kalsinasi	Mengubah sifat-sifat fisika atau kimia	Temperature, waktu, gas (inert atau reaktif)

	padatan, sering menghasilkan kristalisasi dan densifikasi	
--	---	--

F. Instrumentasi

1. XRD (X-Ray Diffraction).

X-Ray Diffraction merupakan suatu instrumen analisis suatu material dimana terdapat hubungan antara sinar-X dengan susunan atom pada kristal atau material padat yang akan dianalisis. Analisis XRD dapat mengetahui keberadaan suatu sampel ketika pembiasan cahaya dari material terjadi. Ada beberapa fungsi dalam karakterisasi menggunakan XRD yaitu analisis XRD berfungsi untuk mengetahui fase kristal dalam material dan juga dapat dilakukan untuk mengukur ukuran partikel dan sampel. Pada analisis XRD dapat menghasilkan data dalam bentuk data kualitatif maupun semikualitatif pada material padat atau sampel yang akan dianalisis



Gambar 4 Instrumen XRD

Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang $0,5 \text{ \AA} - 2,0 \text{ \AA}$. Sinar-X diproduksi dengan menembakkan logam dengan electron berenergi tinggi. Electron akan melambat saat memasuki

logam dan menyebabkan electron di kulit atom logam memantul membentuk ruang hampa. Electron berenergi lebih tinggi memasuki ruang hampa dengan memancarkan foton sinar-X sebagai kelebihan energinya (Zakaria, 2003).

Difraksi sinar-X merupakan teknik untuk mengidentifikasi keberadaan fasa kristal dalam materi dan bahan bubuk, serta mengetahui sifat struktur dan cacat kristal pada setiap fasa. Difraksi sinar-X menggunakan sinar-X yang terdifraksi seperti sinar yang dipantulkan dari setiap bidang, yang dibentuk secara berurutan oleh atom kristal material (Zakaria, 2003).

Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik yang menunjukkan gejala difraksi jika cahaya jatuh pada jarak antar atom yang kurang lebih sama dengan panjang gelombang cahaya. Ketika berkas electron jatuh pada kristal, maka sinar-X yang terbentuk akan tersebar (Sibilia, 1988).

XRD adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis bentuk kristal dari padatan dengan mengukur perbedaan antara bidang kristal. Ketika berkas electron berenergi tinggi mengenai bahan target, akan terjadi interaksi antara electron dari bahan target tersebut. Pancarannya sesuai dengan energi maksimum electron untuk menembus atom target. Electron di kulit pada material atom akan memantul lalu kekosongan akan di isi oleh electron berenergi tinggi sambil memancarkan kelebihan energinya sebagai foton sinar-X. Energi yang hilang akan diubah menjadi radiasi sinar-X disebut *Bremsstrahlung*.

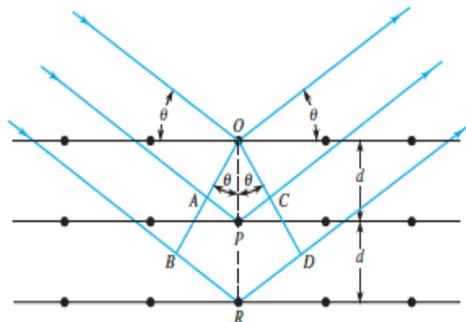
Hukum *Bragg* didasarkan pada persamaan :

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

n adalah orde difraksi (bilangan bulat), λ adalah panjang gelombang sinar yang sefasa, d adalah jarak antar bidang *Bragg* yang dipilih sebagai bidang hambur dan θ adalah sudut datang terhadap bidang *Bragg* (Weller, 1994). Persamaan diatas adalah hubungan antara bidang dalam kristal dan sudut yang pantulan radiasinya pada intensitas maksimum untuk panjang gelombang tertentu.

Beberapa kegunaan difraksi sinar-X adalah :

1. Mengetahui struktur kristal
2. Mendapatkan informasi, komposisi dan keadaan material polikristalin
3. Menentukan ukuran dan derajat kristal serta konstanta kisi kristalografi dengan tepat (Weller,1994).



Gambar 5 Difraksi Sinar-X oleh Kristal

Berdasarkan persamaan Bragg, jika sebatas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor, kemudian diterjemahkan sebagai puncak difraksi. Semakin banyak bidang kristal yang sama terdapat dalam sampel, semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD

mewakili satu puncak bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi.

2. UV-Vis DRS (Diffuse Reflectance Spectroscopic)

Karakterisasi UV-Vis DRS digunakan untuk menentukan nilai celah energi Zinc Oxide hasil sintesis. Prinsip Spektrofotometer UV-Vis DRS berdasarkan teori Kubelka-Munk, jika suatu lapisan material dengan ketebalan x , diradiasikan dengan sejumlah energi foton, maka material tersebut akan menyerap atau menghamburkan foton. Flux radiasi dapat berada dalam arah positif (I) atau negatif (J). Jika radiasi foton melewati lapisan material setebal dx , maka flux radiasi I , akan berkurang sebesar $KI dx$, karena adanya absorpsi, dan akan bertambah sebesar $SI dx$ karena adanya proses penghamburan, sehingga dapat dituliskan

$$\frac{-dI}{dx} = -(K + S)I + SJ$$

$$\frac{dJ}{dx} = -(K + S)J + SI$$

Dengan K merupakan konstanta absorpsi dan S merupakan konstanta hamburan.

Dengan menyelesaikan persamaan tersebut, maka didapatkan :

$$R = \frac{1 - R_g(a - b \coth bSX)}{a - R_g + b \coth bSX}$$

Dengan R : reflektan

R_g : background reflektan

a : $1 + K/S$

$$b : (a^2-1)^{0.5}$$

Jika ketebalan lapisan material besar, maka reflektan akan menjadi R_∞ , sehingga persamaan diatas disusun ulang sebagai berikut:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R_\infty)^2}{2R_\infty} = F(R_\infty)$$

Dimana $F(R_\infty)$: faktor Kubelka-Munk (KM)

Nilai $F(R_\infty)$ mempunyai hubungan dengan energi foton melalui persamaan berikut :

$$F(R) = A (hv-E_g)^{m^2}$$

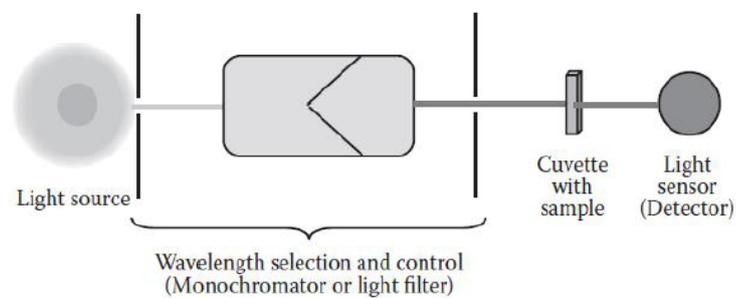
Dengan A : konstanta proporsional

Dengan memplotkan nilai $F(R)$ terhadap hv dan ekstrapolasi daerah liniernya, maka dapat ditentukan nilai hv pada $F(R) = 0$ yang merupakan nilai energi celah dari material (Torrent & Barrón, 2008).

3. Spektrofotometri Ultraviolet-Visible (UV-Vis)

Spektrofotometri UV-Vis merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk pengukuran energi cahaya pada panjang gelombang tertentu. Spektrum elektromagnetik berkisar dari panjang gelombang yang sangat pendek (10-4nm) hingga panjang gelombang yang sangat panjang (1010nm). Daerah UV-Vis biasanya mengacu pada wilayah panjang gelombang 200-780 nm, yang berada di antara wilayah sinar-X dan NIR. Penyerapan cahaya di daerah ini lebih banyak menyerappigmen seperti antosianin, karotenoid, dan klorofil (J. Yu, Wang, Zhan, & Huang, 2018).

Methylene blue merupakan salah satu zat warna dasar yang sering digunakan dalam industri maupun laboratorium sebagai indikator warna. *Methylene blue* memiliki warna komplementer berupa warna biru yang mempunyai spektrum cahaya pada panjang gelombang daerah tampak yaitu sekitar 500-700 nm, sehingga penentuan panjang gelombang maksimumnya digunakan range pada daerah panjang gelombang tersebut (Rofiqoh, 2020).



Gambar 6 Desain dasar penyerapan sinar ultraviolet atau cahaya tampak (Kenkel, 2002).

Pengukuran spektrofotometri menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorban pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Gandjar & Rohman, 2012).

Berdasarkan hukum Lambert-Beer, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang hamburkan:

$$T = \frac{I_t}{I_0} \quad \text{atau} \quad \%T = \frac{I_t}{I_0} \times 100\%$$

dan absorbansi dinyatakan dengan rumus:

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_0}$$

dimana I_0 merupakan intensitas cahaya datang dan I_t atau I_1 adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel. Rumus yang diturunkan dari Hukum Beer dapat ditulis sebagai:

$$A = a \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = \varepsilon \cdot b \cdot c$$

dimana:

A = absorbansi

b = tebal larutan (tebal kuvet diperhitungkan juga umumnya 1 cm)

c = konsentrasi larutan yang diukur

ε = tetapan absorptivitas molar (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam molar)

a = tetapan absorptivitas (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm)

Tabel 3 kekurangan dan kelebihan spektrofotometer UV-Vis.

No	Kelebihan Spektrofotometer UV-Vis	Kekurangan Spektrofotometer UV-Vis
1.	Panjang gelombang dari sinar putih dapat lebih terseleksi.	Absorbs dipengaruhi oleh pH larutan, suhu adanya zat pengganggu dan kebersihan dari kuvet.
2.	Prinsip penggunaan alatnya sederhana.	Pemakaian hanya pada gugus fungsional yang mengandung electron valensi dengan energi eksitasi rendah
3.	Dapat menganalisa larutan dengan konsentrasi yang sangat kecil.	Sinar yang dipakai harus monokromatis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Katalis ZnO-Cu 10% dikarakterisasi menggunakan XRD didapatkan ukuran partikel 11,34-31,47 nm, dan nilai band gap diukur dengan spektrofotometer UV-DRS didapatkan 2,91 eV.
2. Persentase degradasi methylene blue maksimal menggunakan fotokatalis ZnO-Cu 10% didapatkan pada masing-masing kecepatan pengadukan adalah 500 rpm sebesar, pengadukan 1000 rpm sebesar dan pada pengadukan 1500 rpm sebesar.
3. Persentase degradasi methylene blue maksimal tanpa menggunakan pengadukan adalah sebesar 13,58%.
4. Hasil maksimum dari variasi kecepatan pengadukan dan lama penyinaran didapatkan dengan persentase degradasi sebesar 73,29%.
5. Pengaruh lama waktu penyinaran dan kecepatan pengadukan pada degradasi maka persentase degradasi yang dihasilkan semakin tinggi.

B. Saran

1. Mempelajari degradasi zat warna dengan menggunakan katalis dan dopingan berbeda sehingga mengetahui fotokatalis dan dopingan apa yang cocok untuk degradasi zat warna tersebut.
2. Mempelajari sifat optik dari katalis ZnO terdoping Cu dalam mendegradasi suatu zat warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Khairurrijal, K., & Khairurrijal, K. (2009). Karakterisasi nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1), 1-9.
- Ahmad, I., Ahmed, E., Ullah, M., Rana, A., Manzoor, M., Rasheed, M., . . . Mehtab, U. (2018). SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SILVER DOPED ZnO NANOPARTICLES FOR HYDROGEN PRODUCTION. *Journal of Ovonic Research*, 14(6).
- Aji, N. R., Wibowo, E. A. P., Ujiningtyas, R., Wirasti, H., & Widiarti, N. (2016). Sintesis komposit TiO₂-bentonit dan aplikasinya untuk penurunan BOD dan COD Air Embung UNNES. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(2), 114-119.
- Anggita, S. R. (2020). Deposisi ZnO Doping Ag pada Substrat Alumunium Foil untuk Degradasi Methylene Blue. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 8(1), 51-60.
- Behnajady, M., Modirshahla, N., Daneshvar, N., & Rabbani, M. (2007). Photocatalytic degradation of CI Acid Red 27 by immobilized ZnO on glass plates in continuous-mode. *Journal of hazardous materials*, 140(1-2), 257-263.
- Brinker, C. J., & Scherer, G. W. (1990). The physics and chemistry of sol-gel processing. *Sol-Gel Science*, 3, 115-119.
- Djasli, Y. A. P. 2019. *Fototransformasi Asam Humat menggunakan Plat Tembaga (11) Oksida (CuO) sebagai Katalis*. Universitas Negeri Padang
- Duan, L., Lin, B., Zhang, W., Zhong, S., & Fu, Z. (2006). Enhancement of ultraviolet emissions from ZnO films by Ag doping. *Applied Physics Letters*, 88(23), 232110.
- Ertugay, N., & Acar, F. N. (2016). Decolorization of Direct Blue 71 using UV irradiation and ultrasound in the presence of TiO₂ catalyst. *Desalination and Water Treatment*, 57(20), 9318-9324.
- Firdausi, K. S., Setia Budi, W., & Adi, M. (2007). Efek Magneto Optis pada Lapisan Tipis (ZnO). *Berkala Fisika*, 10(1), 31-34.
- Gandjar, I. G., & Rohman, A. (2012). Analisis obat secara spektrofotometri dan kromatografi. *Yogyakarta: Pustaka Pelajar*, 316, 368-381.
- Ge, J., Zhang, Y., Heo, Y.-J., & Park, S.-J. (2019). Advanced design and synthesis of composite photocatalysts for the remediation of wastewater: A review. *Catalysts*, 9(2), 122.
- Hadayani, L. W., Riwayati, I., & Ratnani, R. D. (2015). Adsorpsi pewarna metilen biru menggunakan senyawa xanthat pulpa kopi. *Jurnal Ilmiah MOMENTUM*, 11(1).
- Hamdaoui, O., & Chiha, M. (2007). Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran. *Acta Chimica Slovenica*, 54(2).
- Kenkel, J. (2002). *Analytical chemistry for technicians*: CRC Press.
- Lee, K. M., Lai, C. W., Ngai, K. S., & Juan, J. C. (2016). Recent developments of zinc oxide based photocatalyst in water treatment technology: a review. *Water research*, 88, 428-448.
- Lee, W., Jeong, M.-C., & Myoung, J.-M. (2004). Catalyst-free growth of ZnO nanowires by metal-organic chemical vapour deposition (MOCVD) and thermal evaporation. *Acta Materialia*, 52(13), 3949-3957.