

**SINTESIS NANOPARTIKEL  $\text{Cu}^{2+}$  *DOPED* ZnO MENGGUNAKAN  
ALBUMIN MELALUI METODA SOL-GEL SONOKIMIA DAN  
APLIKASINYA UNTUK DEGRADASI *METHYL ORANGE***

**SKRIPSI**

*Diajukan Kepada Tim Penguji Jurusan Kimia Sebagai Salah Satu Persyaratan*

*Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)*



**Oleh:**

**SYUHADA YURNAS**

**14036018/2014**

**PROGRAM STUDI KIMIA**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2018**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

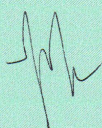
**SINTESIS NANOPARTIKEL  $\text{Cu}^{2+}$  DOPED  $\text{ZnO}$  MENGGUNAKAN  
ALBUMIN MELALUI METODA SOL-GEL SONOKIMIA DAN  
APLIKASINYA UNTUK DEGRADASI *METHYL ORANGE***

Nama : Syuhada Yurnas  
Nim : 14036018  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Juli 2018

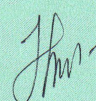
Pembimbing I

Pembimbing II



Sherly Kasuma WN, S.Si., M.Si

NIP. 19840914 200812 2 004



Hary Sanjaya, S.Si., M.Si

NIP.19830428 200912 1 007

**PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI**

Nama : Syuhada Yurnas  
NIM : 14036018  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

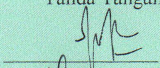
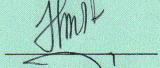
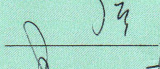
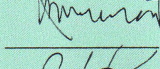
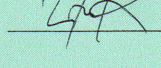
dengan judul

**SINTESIS NANOPARTIKEL  $\text{Cu}^{2+}$  *DOPED* ZnO MENGGUNAKAN  
ALBUMIN MELALUI METODA SOL-GEL SONOKIMIA DAN  
APLIKASINYA UNTUK DEGRADASI *METHYL ORANGE***

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, Juli 2018

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si, M.Si	
Sekretaris	: Hary Sanjaya, S.Si, M.Si	
Anggota	: Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D	
Anggota	: Dr. Indang Dewata, M. Si	
Anggota	: Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D	

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Syuhada Yurnas  
TM/NIM : 14036018/2014  
Tempat/Tanggal Lahir : Koto Panjang/ 28 Oktober 1995  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : MIPA  
Alamat : Koto Panjang, Sijunjung  
No.HP/Telepon : 085365889814  
Judul Skripsi : Sintesis Nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  Doped ZnO Menggunakan Albumin Melalui Metoda Sol-Gel Sonokimia dan Aplikasinya Untuk Degradasi *Methyl Orange*

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademi (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 daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangan **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, Juli 2018

Yang membuat pernyataan,



Syuhada Yurnas

NIM : 14036018

## ABSTRAK

**Syuhada Yurnas (2018): “Sintesis Nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  Doped ZnO Menggunakan Albumin Melalui Metoda Sol Gel Sonokimia dan Aplikasinya Untuk Degradasi *Methyl Orange*”.**

Penelitian mengenai sintesis nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO menggunakan albumin melalui metoda sol-gel sonokimia dan aplikasinya untuk degradasi *methyl orange* telah dilakukan. Tujuan penelitian ini untuk menentukan struktur, ukuran partikel, spektra FTIR, nilai *band gap*, dan menjelaskan morfologi permukaan serta menghitung persentase degradasi zat warna *methyl orange* yang bersifat korosif oleh  $\text{Cu}^{2+}$  Doped ZnO. Prekursor yang digunakan adalah  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , sumber dopan yang digunakan adalah  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  pelarut yang digunakan adalah isopropanol, dan aditif yang digunakan adalah albumin. Albumin ditambahkan sebanyak 10, 20, 30, 40, dan 50 mL. Penelitian ini juga menggunakan variasi waktu degradasi *methyl orange* selama 30, 60, 90, 120, 150, 180 dan 240 menit. Spektra FTIR menunjukkan adanya *stretching* pada  $400\text{-}550\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya oksida-oksida logam Zn-O, dan Zn-O-Cu. Analisis menggunakan UV-DRS didapatkan nilai *bandgap* paling optimum yaitu 2,82 eV dengan penambahan 30 mL aditif. Analisis XRD menghasilkan ukuran partikel untuk penambahan 30 mL aditif menghasilkan ukuran partikel paling optimum sebesar 62-53,21 nm. Foto SEM menunjukkan bentuk *spheric* dengan diameter rata-rata adalah 2,7  $\mu\text{m}$ . Persentase degradasi yang paling baik didapatkan sebesar 94,88 % dengan lama waktu penyinaran dibawah sinar UV selama 210 menit.

**Kata Kunci :**  $\text{Cu}^{2+}$  Doped ZnO , albumin, metoda sol-gel, sonokimia, *wurtzite*, *spheric*.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis aturkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat berupa kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sintesis Nanopartikel Cu<sup>2+</sup> Doped ZnO Menggunakan Albumin Melalui Metoda Sol-Gel Sonokimia dan Aplikasinya Untuk Degradasi Methyl Orange**”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains di jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan semua pihak yang terlibat dalam penyusunannya sehingga skripsi penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik.
2. Bapak Hary Sanjaya, M.Si selaku dosen pembimbing II sekaligus Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Dr. Indang Dewata, M.Si, bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D, dan Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D selaku dosen pembahas.
4. Bapak Dr. Mawardi, S.Pd, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang
6. Teman-Teman kimia 2014 yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam penulisan skripsi penelitian ini.

7. Penelitian Strategis Nasional Institusi yang dibiayai oleh Kementerian Riset dan Teknologi Tahun 2018

Semoga dengan bimbingan dan bantuan yang Bapak dan Ibu berikan bernilai pahala dan diberi balasan oleh Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan karena penulis masih dalam tahap pembelajaran. Untuk itu, penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis mengucapkan terima kasih.

Padang, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	5
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Rumusan Masalah.....	6
1.5. Tujuan Penelitian.....	6
1.6. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Relevan.....	8
2.2. Nanoteknologi.....	11
2.3. Semi Konduktor Seng Oksida.....	12
2.4. Zink (II) Asetat.....	16
2.5. Tembaga (II) Asetat.....	16
2.6. Isopropanol.....	17
2.7. Doping.....	18
2.8. Metoda Sol-Gel Sonokimia.....	18
2.9. Albumin.....	22
2.10. FTIR ( <i>Fourier Transform- Infra Red</i> ).....	23

2.11. UV-DRS (UV- <i>Diffuse reflektansi</i> ).....	25
2.12. XRD ( <i>X-Ray Diffraction Spectroscopy</i> ).....	26
2.13. SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ).....	27
2.14. <i>Methyl Orange</i> .....	28
2.15. Fotosonolisis.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.2. Variabel Penelitian.....	31
3.3. Alat dan Bahan.....	32
3.4. Prosedur Penelitian.....	32
3.5. Skema Penelitian.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar.....	halaman
1. Struktur-Struktur Kristal ZnO.....	14
2. Seng Asetat .....	16
3. Struktur Isopropanol.....	17
4. Mekanisme FTIR.....	25
5. Difraksi sinar-X Hukum <i>Bragg</i> .....	27
6. Struktur molekul <i>methyl orange</i> .....	28
7. Mekanisme degradasi MO oleh ZnO sebagai fotokatalisis.....	28
8. Skema degradasi MO selama fotosonolisis.....	30
9. Spektra FTIR nanopartikel karakterisasi terhadap $\text{Cu}^{2+}$ <i>doped ZnO</i> .....	43
10. Nilai <i>band gap</i> $\text{Cu}^{2+}$ <i>doped ZnO</i> .....	45
10. Kurva nilai <i>band gap</i> $\text{Cu}^{2+}$ <i>doped ZnO</i> .....	45
11. Difraktogram XRD nanopartikel $\text{Cu}^{2+}$ <i>doped ZnO</i> .....	47
12. Morfologi nanopartikel $\text{Cu}^{2+}$ <i>doped ZnO</i> .....	51
13. Kurva absorbansi MO setelah didegradasi.....	53
14. Kurva pengaruh variasi waktu fotosonolisis terhadap degradasi MO.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel.....	halaman
1. Karakteristik Senyawa ZnO .....	13
2. Kode sampel untuk penambahan albumin.....	31
3. Hasil pengamatan secara visual preparasi Cu <sup>2+</sup> <i>doped</i> ZnO .....	39
4. Hasil pengamatan secara visual pengeringan sol Cu <sup>2+</sup> <i>doped</i> ZnO .....	40
5. Hasil pengamatan secara visual kalsinasi Cu <sup>2+</sup> <i>doped</i> ZnO.....	42
6. Ukuran partikel Cu <sup>2+</sup> <i>doped</i> ZnO .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran.....	halaman
1. Sintesis Nanopartikel $\text{Cu}^{2+}$ doped ZnO .....	62
2. Degradasi <i>methyl orange</i> dengan variasi waktu secara fotosonolisis.....	63
3. Perhitungan Nanopartikel $\text{Cu}^{2+}$ doped ZnO.....	64
4. Pembuatan larutan model limbah <i>Methylene Orange</i> .....	65
5. Pengamatan $\text{Cu}^{2+}$ doped ZnO menggunakan FTIR.....	66
6. Pengukuran reflektan dari $\text{Cu}^{2+}$ doped ZnO menggunakan UV-DRS.....	69
7. Difraktogram nanopartikel $\text{Cu}^{2+}$ doped ZnO menggunakan XRD.....	73
8. ICDD Nanopartikel $\text{Cu}^{2+}$ doped ZnO.....	91
9. Dokumentasi hasil penelitian.....	101
10. Absorbansi <i>metyl orange</i> sebelum didegradasi dengan UV-Vis.....	103
11. Perhitungan persen degradasi <i>Methyl Orange</i> .....	106

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Nanopartikel merupakan salah satu bagian dari nanomaterial yang telah berkembang luas karena kekhasan yang dimilikinya. Nanopartikel memiliki ukuran 1-100 nanometer. Material berukuran nano ini dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti katalis dan semikonduktor.

ZnO merupakan salah satu material semikonduktor berstruktur nano dengan konduktivitas yang tinggi dan ekspansi termal yang rendah. Sifat listrik dan optik inilah yang membuat semikonduktor ini banyak diaplikasikan pada sensor gas, katalis, hingga konversi sel surya. ZnO adalah kelompok semikonduktor golongan II-VI karena pada tabel periodik, seng dan oksigen masing-masing merupakan golongan II dan golongan VI dan memiliki *band gap* 3,34 eV dengan kemampuan untuk mengikat elektron bebas sebesar 60 MeV pada suhu kamar (Omri, et.al., 2017). ZnO murni memiliki kelemahan yaitu luas permukaan per volume yang kecil dan energi celah pita yang kurang sesuai apabila diaplikasikan pada cahaya tampak, sehingga untuk mengoptimalkan sifat dari semikonduktor perlu dilakukan pendopingan.

Doping merupakan proses penyisipan atom lain dalam sebuah semi konduktor, sehingga dengan adanya pendopingan ini akan menghasilkan nilai band gap yang lebih kecil dari material asalnya. Dalam proses pendopingan digunakan Cu sebagai dopan, Cu dipilih karena memiliki jari-jari ion yang lebih kecil dari Zn, memiliki sifat konduktivitas yang mirip dengan Zn, memiliki kelimpahan yang banyak serta merupakan logam yang harganya relatif murah. Ghahramanifard

2017 melaporkan bahwa Cu doping dapat meningkatkan sifat listrik, magnetik, dan optik dari ZnO, selain itu hasil penyisipan ion Cu terhadap Zn telah berhasil dengan konsentrasi tertentu dari dopan, struktur yang dihasilkan dengan struktur yang didapat *Hexagonal wurtzite*.

Sintesis ZnO *doped* Cu telah dilaporkan dengan berbagai metoda diantaranya metoda solvotermal yang merupakan metoda dengan prinsip penumbuhan kristal berdasarkan kelarutan bahan dalam pelarut dibawah kondisi tekanan yang tinggi, sehingga ketika terjadi kecelakaan kerja akan menimbulkan akibat yang lebih fatal. Metoda hidrotermal merupakan proses yang melibatkan pemanasan reaktan dalam *autoclave* menggunakan air dengan kelemahan *slurry* hidrotermal bersifat korosif yang dapat menyebabkan bahaya ketika terjadi kecelakaan, metoda kopresipitasi merupakan metoda sintesis nanopartikel dengan penambahan agen pengendap, namun metoda ini memiliki kelemahan yaitu ukuran partikel yang dihasilkan tidak homogen, dan metoda sonokimia memiliki homogenitas yang baik serta sol-gel adalah metoda yang menghasilkan ukuran lebih baik serta dapat berlangsung pada suhu rendah dan tidak memerlukan biaya yang mahal dalam proses sintesis. Berdasarkan berbagai metoda tersebut metoda sol-gel dan sonokimia dipilih karena keunggulannya tersebut.

Metoda sonokimia dapat mengontrol pertumbuhan kristal ZnO, yaitu berhasil mengendalikan bentuk maupun ukuran partikel yang dihasilkan (yadav,2008). Metoda ini juga memiliki kelebihan dapat memecah agregat dari kristal yang memiliki ukuran besar menjadi kristal berukuran nano. Metoda sonolisis memiliki

prinsip kerja yaitu memanfaatkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi yang tinggi yang diradiasikan ke dalam larutan.

Zat aditif merupakan suatu zat yang dapat menghasilkan material dengan kehomogenan tinggi dan bersifat penstabil. Penambahan zat aditif ini dapat menghasilkan produk yang memiliki luas permukaan per volume yang besar (Ningsih, S. K. W., 2016). Salah satu aditif yang biasa digunakan dalam sintesis suatu nanomaterial adalah *Monoethanolamine* (MEA). Molekul MEA mengandung 3 atom hidrogen, 1 Nitrogen, dan 2 molekul CH<sub>2</sub>. MEA merupakan zat aditif yang harganya relatif mahal. Kekurangan tersebut membuat peneliti tertarik untuk mencari alternatif yang bersifat ramah lingkungan dan diharapkan dapat menjadi pengganti MEA sebagai aditif untuk mensintesis suatu nanopartikel.

Albumin dapat dijadikan aditif sebagai alternatif pengganti MEA dalam sintesis nano partikel. Albumin memiliki pH basa yang berkisar antara 9-11. Menurut (Bagheri, 2012) putih telur (albumin) dapat mensintesis nanopartikel melalui metoda sol-gel. Keuntungan utama yang didapat dalam sintesis nanopartikel menggunakan aditif putih telur adalah putih telur (albumin) merupakan suatu *gelling agent* sekaligus pengemulsi yang memiliki peran dalam stabilitas nanopartikel jangka panjang dengan mencegah aglomerasi (penumpukan partikel kristal). Putih telur dipakai sebagai agen penstabil pada metoda sol-gel karena telah membuktikan adanya penurunan ukuran nanopartikel yang dihasilkan yaitu 3.42-12.55 nm dengan penambahan putih telur dan 21.45-4.21 nm tanpa penggunaan putih telur.

(Thangaraj,et.al., 2011) melaporkan putih telur dapat mengontrol ukuran partikel kristal ZnO yang dihasilkan. Albumin pada putih telur berperan dalam meningkatkan laju reaksi dan menghasilkan kristal ZnO berukuran nano. Fase kristal nano yang dihasilkan mencapai 13-28 nm.

Zat warna *methyl orange* merupakan zat warna yang memiliki tingkat toksik yang sangat tinggi, kontaminasi dalam air, menyebabkan kekeruhan terhadap perairan, dan sangat berbahaya bagi lingkungan (Hernandez, et.al., 2015) . *Methyl Orange* dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata, gangguan pencernaan, serta gangguan pernapasan. Senyawa organik bersifat stabil yang membuatnya sulit terdegradasi, sehingga perlu adanya suatu senyawa atau katalis yang dapat mendegradasi zat warna tersebut untuk mengurangi ancaman terhadap lingkungan. ZnO bersifat sangat stabil dan aktivitas katalitik dari oksida logam sangat dipengaruhi oleh luas permukaan (prasad, et.al., 2016). Oleh karena itu, diharapkan Oksida logam ZnO yang didoping dengan Cu dapat mendegradasi zat warna *methyl orange*.

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis telah melakukan penelitian tentang **“Sintesis Nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  Doped ZnO Menggunakan Albumin Melalui Metoda Sol-Gel Sonokimia dan Aplikasinya Untuk Degradasi *Methyl Orange*”**

Diharapkan dari penelian ini memberikan keuntungan yang efektif, ekonomis dan lebih efisien untuk sintesis nanopartikel ZnO sehingga dapat diterapkan untuk berbagai aplikasi.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. ZnO murni memiliki celah pita lebar yaitu 3,34 eV ,sehingga kurang sesuai apabila diaplikasikan pada sinar tampak dan juga memiliki ukuran partikel besar sehingga luas permukaan kecil.
2. Melakukan pendopongan menggunakan logam Cu yang diharapkan dapat memperkecil nilai *band gap* dan dapat diaplikasikan untuk pendegradasi zat warna *methylene orange*
3. Zat aditif yang digunakan adalah albumin yang diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti MEA yang harganya jauh lebih mahal dibanding dengan albumin. Selain harga yang ekonomis, putih telur juga berperan sebagai agen penstabil dan mempermudah kelarutan.

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka penulis memberikan batasan-batasan masalah yang dirincikan sebagai berikut.

1. Sintesis nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  *doped* ZnO disintesis menggunakan prekursor  $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$  0,15M menggunakan pelarut isopropanol melalui sol-gel Sonokimia.
2. Sumber dopan  $\text{Cu}^{2+}$  diperoleh dari  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dengan konsentrasi 5%.
3. Aditif yang digunakan dalam penelitian ini adalah albumin ( putih telur itik)
4. Suhu saat pemanasan yaitu  $110^\circ\text{C}$  selama 1 jam dengan suhu kalsinasi  $600^\circ\text{C}$  selama 3 jam.

5. Karakterisasi nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), XRD (*X-Ray Diffraction Spectroscopy*), SEM (*Transmission Electron Microscopy*), UV-Diffuse reflektansi.
6. Zat warna yang didegradasi adalah *methyl orange*

#### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang disajikan diatas, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan aditif albumin pada sintesis dan karakterisasi nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO menggunakan metoda Sol-Gel Sonokimia sehingga  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO dapat diaplikasikan untuk pendegradasi zat warna *methyl orange*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL dan 50 mL albumin terhadap struktur dan ukuran nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO menggunakan FTIR, XRD dan UV-DRS?
3. Bagaimana morfologi nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO yang dianalisis menggunakan SEM?
4. Bagaimana pengaruh variasi waktu penyinaran lampu UV selama 30, 60, 90, 120, 150, 180 dan 240 menit terhadap degradasi Methyl Orange?

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Dari batasan masalah yang disajikan, didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Menentukan pengaruh penambahan albumin terhadap struktur dan ukuran nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO menggunakan FTIR, XRD dan UV-DRS.

2. Menentukan morfologi nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO yang dianalisis menggunakan SEM
3. Melihat bagaimana katalis  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO dapat mendegradasi zat warna *methyl orange* dengan penyinaran lampu UV selama 30, 60, 90, 120, 150, 180 dan 240 menit

### 1.6 Manfaat Penelitian

Dari tujuan penelitian diatas, peneliti mengharapkan penulisan proposal ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Menentukan pengaruh penambahan aditif albumin pada sintesis dan karakterisasi nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO menggunakan metoda Sol-Gel Sonokimia dan dapat diaplikasikan untuk pendegradasi zat warna *methyl orange*
2. Menentukan pengaruh penambahan 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL dan 50 mL albumin terhadap struktur dan ukuran nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO menggunakan FTIR, XRD dan UV-DRS
3. Menentukan morfologi nanopartikel  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO yang dianalisis menggunakan SEM.
4. Menentukan pengaruh variasi waktu penyinaran lampu UV selama 30, 60, 90, 120, 150, 180 dan 240 menit

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian yang Relevan

(Prasad dan Balasubramanian, 2017) telah melakukan penelitian yang berjudul “*Cu-doping and annealing effect on the optical properties and enhanced photocatalytic activity of ZnO nanoparticles*” menghasilkan  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO struktur *Hexagonal Wurtzite* melalui metoda ko-presipitasi pada temperatur ruang dengan suhu *annealing*  $600^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam. Nilai *band gap* menurun seiring bertambahnya konsentrasi ion Cu yang diberikan. Nilai *band gap* untuk ZnO *undoped* didapatkan sebesar 3.48 eV, sedangkan *band gap* yang didapat setelah penambahan konsentrasi Cu 1%, 3%, dan 5% berturut-turut 3.46, 3.41, 3.44 eV. Modifikasi struktur, morfologi, dan sifat optik dipengaruhi oleh konsentrasi ZnO *doped*  $\text{Cu}^{2+}$  yang diberikan. Pola XRD mengindikasikan tidak adanya perubahan struktur *Hexagonal wurtzite* walaupun diberi perlakuan penambahan ion Cu. Hal ini disebabkan karena ion Cu memiliki jari-jari ( $0.73 \text{ \AA}$ ) yang Lebih kecil dari Zn yang memiliki jari-jari ( $0.74 \text{ \AA}$ ) yang menyebabkan ion Cu dengan mudah dapat menyisip ke kisi kristal ZnO. Hasil analisis morfologi menggunakan SEM didapatkan berbentuk bulat (*spherical*)

Kanade,dkk, 2006 juga melakukan penelitian yang berjudul “*Self-assembly aligned Cu doped ZnO nanoparticles for photocatalytic hydrogen production under visible light irradiation*”. penelitian ini menggunakan Seng asetat ( $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) sebagai prekursor,  $\text{CuCl}_2$  sebagai sumber dopan dengan konsentrasi Cu yang divariasikan (0.1, 0.5, 1.0, dan 1.5%), dan pelarut yang digunakan adalah aquades, metanol dan etilen glikol. Ukuran partikel yang

dihasilkan rata-rata 40-85 nm. Analisa menggunakan XRD didapatkan struktur kristal *hexagonal wurtzite*. Foto yang didapatkan dari SEM menghasilkan bentuk kristal *spherical* untuk pelrut etilen glikol. Nilai band gap yang diperoleh dari UV-DRS menurun yang dibuktikan pada aktivitas katalitik yang baik.

Penelitian yang dilakukan (Srinivasan, et.al., 2016) berjudul “*Surface and Optical Properties of undoped and Cu doped ZnO Nanostructure*“ menggunakan campuran seng Nitrat ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) dengan NaOH sebagai larutan Prekursor, tembaga Nitrat ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) sebagai dopan, dan air deionisasi sebagai pelarut. Sintesis nanostruktur yang dilakukan pada penelitian ini melalui metoda gelombang *Mikrowave*. Hasil karakterisasi nanostruktur menggunakan SEM untuk *ZnO undoped* memberikan bentuk morfologi *nanoneedle* sedangkan untuk *ZnO doped Cu* memberikan bentuk morfologi *nanoflower*. Penambahan ion Cu terhadap kisi ZnO dapat meningkatkan energi permukaan dari nanostruktur. Analisis nanostruktur menggunakan FTIR pada bilangan gelombang  $4000 \text{ cm}^{-1}$  -  $400 \text{ cm}^{-1}$  terlihat adanya puncak pada  $3450 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1630 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya gugus O-H *stretching* dan O-H *bending*, sedangkan pada puncak  $831 \text{ cm}^{-1}$  dan  $413 \text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan terbentuknya ikatan Cu-O dan ikatan Zn-O. Analisis nanostruktur menggunakan UV-VIS diamati serapan pada 337 nm untuk *ZnO undoped* dan 352 nm untuk *ZnO doped Cu*, pendopingan dapat meningkatkan penyerapan cahaya tampak pada semikonduktor. Analisis menggunakan XRD menunjukkan terbentuknya struktur *Hexagonal Wurtzite* dengan ukuran partikel rata-rata 15 nm.

Sriram, et.al., 2017 juga telah melakukan penelitian tentang sintesis dan karakterisasi nanopartikel yang berjudul “*Experimental and Theoretical Investigation of Photocatalytic Activity of Cu doped ZnO Nanoparticles*”. Sintesis nanopartikel melalui metoda *soft Chemical* menggunakan seng sulfat sebagai prekursor dan tembaga sulfat sebagai dopan dengan konsentrasi 10%, 20%, dan 30%. Analisis yang dilakukan menggunakan XRD menunjukkan struktur kristal *Wurtzite*. Ukuran kristal menurun dari 66 nm sampai 20 nm seiring dengan meningkatnya konsentrasi dopan.

(Prasad, et.al., 2016) melakukan penelitian yang berjudul “*Microstress, Strain, Band gap, tuning and Photocatalytic Properties of Thermally Annealed and Cu-doped ZnO Nanoparticles*” menggunakan  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  sebagai prekursor,  $Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$  sebagai dopan dengan konsentrasi 1, 3, 5% . Menggunakan NaOH dan aquadides. Sintesis dan karakterisasi ZnO melalui metoda ko-presipitasi. Analisa menggunakan XRD menghasilkan struktur kristal *Hexagonal Wurtzite* yang terlihat puncak tertinggi pada (101). Adanya doping logam Cu tidak merubah struktur dari kristal karena atom Cu memiliki jari-jari yang lebih kecil dari Zn sehingga atom Cu dapat menyisip dengan mudah ke dalam atom Zn. Analisa *Band gap* menggunakan UV-Vis memberikan nilai 3.20, 3.06, 3.17 eV untuk masing-masing konsentrasi dopan 1, 3, 5%.

Hernandez, et.al., 2015 telah melakukan penelitian yang berjudul “*Structural, Optical, and Photocatalytic Properties of ZnO*”. Dalam penelitian ini digunakan  $Zn(C_2H_3O_2)_2 \cdot H_2O$  sebagai prekursor,  $CuCl_2$  digunakan sebagai dopan dengan konsentrasi 1-5%, NaOH, Aquades dan Etanol sebagai pelarut. Sintesis ZnO

dilakukan melalui metoda Sol-gel. Tampak puncak pada (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), dan (112) yang menandakan kristal memiliki struktur *Hexagonal Wurtzite*. Kristanilitas ZnO nanopartikel semakin menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi Cu. Ukuran Nanopartikel ZnO *doped* Cu yang dihasilkan 14-18 nm. Penurunan kadar Zn dengan peningkatan Cu memungkinkan terjadi penggabungan ion Cu ke dalam struktur kristal ZnO pada sisi Zn. Analisa menggunakan SEM didapatkan struktur berbentuk bulat (*spherical*).

Sintesis nanopartikel membutuhkan proses yang ramah lingkungan, temperatur rendah, energi rendah, bersifat non toksik untuk kesehatan manusia, dan menghasilkan ukuran partikel yang sangat kecil. Perbedaan struktur dari oksida logam yang didoping dengan albumin menghasilkan nanopartikel dengan sifat kimia dan fisika yang baik. Albumin sulit larut dalam air, namun sangat mungkin bergabung dengan larutan ion logam seperti  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , dan  $Zn^{2+}$  untuk memperoleh nanomaterial dengan sifat yang menarik. Sifat optikal ZnO akan meningkat dengan adanya albumin sebagai doping ZnO. *Band gap* yang dihasilkan 3.02 untuk ZnO murni dan 2.96 eV untuk Albumin *doped* ZnO, sedangkan ukuran kristal 41 nm dan 17 nm masing-masing untuk ZnO dan ZnO *doped* albumin (Amutha, et.al., 2015).

## 2.2 Nanoteknologi

Nanoteknologi merupakan pengetahuan dan kontrol material pada skala nano dalam dimensi antara 1-100 nanometer. Material yang berukuran nano ini disebut nanomaterial. Ukuran partikel yang sangat kecil ini dimanfaatkan untuk mendesain dan menyusun atau menyempurnakan sifat suatu material sehingga

dihasilkan material dengan sifat dan fungsi baru, sehingga didapatkan sifat yang berbeda dengan material asalnya

Nanoteknologi juga dapat didefinisikan sebagai desain, karakterisasi, produksi dan penerapan struktur dengan mengontrol bentuk dan ukuran pada skala nanometer (Schmid, 2008). Nanoteknologi juga dapat diaplikasikan pada sensor (Kosal, Margaret E., 2009). Nanopartikel didefinisikan sebagai partikulat yang terdispersi atau partikel-partikel padatan dengan ukuran partikel berkisar 10 – 100 nm (Mohanraj and Chen, 2006 ). Material nanopartikel menunjukkan potensi sebagai katalis karena material nanopartikel memiliki area permukaan yang luas dan rasio-rasio atom yang tersebar secara merata pada permukaanya, sifat ini menguntungkan untuk transfer massa di dalam pori-pori dan juga menyumbangkan antar muka yang besar untuk reaksi-reaksi adsorpsi dan katalitik (Abdullah,et.al.,. 2008).

### **2.3 Semikonduktor Zink Oksida**

Material Semikonduktor merupakan material yang memiliki konduktivitas listrik diantara konduktor dan isolator. Konduktivitas material ini dapat divariasikan dengan menambah parameter eksternal (misalnya perubahan Temperatur dan eksitasi optik) maupun internal (pemberian doping).

Semikonduktor terdiri dari dua tipe yaitu semikonduktor elemental, contohnya golongan IV A (Si dan Ge), dan semikonduktor paduan ( III-V dan II-VI). konduktivitas listrik semikonduktor berhubungan dengan lebar celah pita energinya yang menentukan karakteristik listrik serta optik semikonduktor.

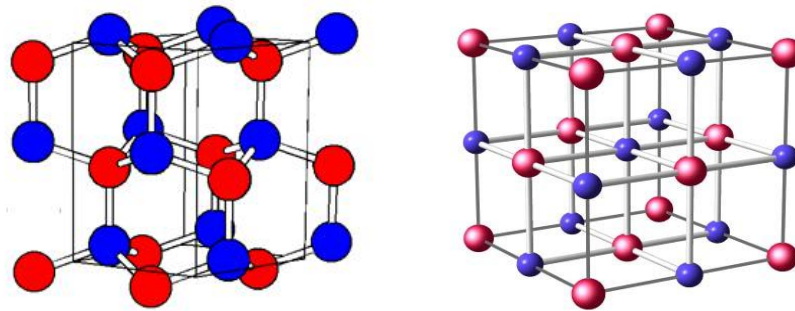
Dalam ilmu material, ZnO adalah semikonduktor dengan lebar celah pita 3,4 eV yang merupakan oksida logam kelompok semikonduktor II-VI, karena seng dan oksigen terdapat masing-masing pada golongan 2 dan 6 pada tabel periodik. Seng oksida mengkristal dalam tiga bentuk : *wurtzite* heksagonal, *zinblende* kubik, dan jarang diamati kubik *rocksalt*. Struktur *wurtzite* merupakan struktur yang paling stabil pada suhu ruang. Semikonduktor ini memiliki beberapa sifat menguntungkan antara lain: transparansi yang baik, mobilitas elektron yang tinggi, *luminescence* yang kuat pada suhu ruang, dan lain-lain. Sifat dari nanomaterial ZnO yang banyak dikembangkan dalam aplikasi teknologi nano yaitu sifat listrik dan optis, diantaranya untuk konversi sel surya, katalis, sensor gas, hingga kosmetik.

ZnO dapat menyerap sinar UV yang kuat. Namun, aktivitas dari ZnO terbatas pada sinar dengan panjang gelombang berada di daerah UV karena semikonduktor ZnO memiliki *band gap* yang besar yaitu sekitar 3,37 eV dan hanya bisa menyerap sinar UV. Sehingga dilakukan modifikasi terhadap ZnO tersebut dengan cara meyisipkan suatu pengotor terhadap ZnO.

Tabel 2.3. Karakteristik senyawa ZnO (Witjaksono,A..2011).

karakterisasi	
Rumus Molekul	ZnO
Massa Molar Relatif	81.408 g/mol
Penampilan	Padatan Putih
Bau	Tidak Berbau
Kepadatan	5.606 g/cm <sup>3</sup>
Titik Lebur	1975C
Titik Didih	2360C
Kelarutan dalam air	0.16 nm/100 ml (30C)
Band gap	3.3 eV

ZnO merupakan suatu material yang penting karena memiliki celah pita energi yang besar, sifat-sifat optik, kelistrikan yang menarik dan murah dalam produksi serta sifat luminesensi yang baik.



(a)      ● = Zn      ● = O      (b)

Gambar 2.3. Struktur-struktur kristal ZnO: (a) *wurtzite*, (b) Kubik ([www.tyndall](http://www.tyndall))

Dalam zat padat kristal, seperti logam atau nonlogam, atom tersusun berdekatan satu sama lain, lebih banyak elektron yang ada, dan lebih banyak tingkat energi yang diperkenankan tersedia karena ada gaya interaksi antar atom-atom yang berdekatan. Untuk berpindah dari satu lintasan ke lintasan lain yang lebih tinggi, diperlukan energi, seperti energi panas, cahaya, radiasi dan lainnya. Situasi dimana sebuah elektron berada pada level energi yang lebih tinggi dikenal dengan istilah elektron yang tereksitasi. Sebaliknya, ketika elektron berpindah dari lintasan yang tinggi ke lintasan yang lebih rendah, ia akan melepaskan energi. Pada kondisi sebenarnya, atom-atom tersebut akan saling mengikat dalam jumlah yang banyak. Sehingga, level energi setiap atom akan saling berdekatan. Level level energi yang saling berdekatan ini akan membentuk suatu pita, dikenal dengan pita energi (*Energy Band*) (Halliday, 2002). Secara umum, pita energi ini akan terbagi menjadi dua daerah, yaitu daerah pita valensi (*Valence Band*) dan pita konduksi (*Conduction Band*). Setiap material memiliki

jarak tertentu antara pita valensi dengan pita konduksi, dikenal dengan istilah *band gap*, sehingga sifat-sifat material dapat dibedakan.

Material logam memiliki *energi gap* yang saling tumpang tindih (*overlap*), atom-atom dapat dengan sangat mudah bergerak ke daerah pita konduksi. Material ini memiliki sifat yang sangat konduktif dan dikenal dengan bahan konduktor. Untuk material non-logam memiliki *energi gap* yang berjauhan, sehingga atom-atom sulit untuk bergerak ke daerah pita konduksi yang dikenal dengan istilah isolator. Semikonduktor memiliki *energi gap* yang berdekatan, oleh karena itu pada kondisi normal atom-atom menempati tingkat energi pada pita valensi. Jika mendapat energi yang cukup, maka elektron yang berada pada pita valensi dapat meloncat ke pita konduksi. Loncatan tersebut akan meninggalkan keadaan kosong di pita valensi yang dikenal dengan *hole*. Dalam *bulk* material semikonduktor, tingkat energi sangat berdekatan satu dengan yang lainnya, sehingga tingkat energinya digambarkan kontinue yang berarti pada daerah tersebut tidak ada perbedaan energi (Halliday, 2002: 377 )

Hubungan antara elektron dengan hole sebagai berikut. Ruang gerak elektron yang terbatas, maka jarak elektron dan hole tidak bisa jauh, akibatnya tarikan antar keduanya selalu ada yang berimbas pada pengurangan energi yang dimiliki elektron setelah mengalami eksitasi. Jika ukuran partikel sangat besar (*bulk*) maka elektron dan hole dapat terpisah sangat jauh sehingga tarikan antar keduanya dapat dianggap nol. Akibatnya tidak ada pengurangan energi yang dimiliki elektron setelah meloncat ke pita valensi.

## 2.4 Zink (II) Asetat

*Zinc acetate* Zn (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> yang umumnya terbentuk sebagai Zn dihidrat (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> · 2(H<sub>2</sub>O) dengan berat molekul relatif 219.468 g/mol. Bentuk hidrat dan anhidrat adalah padatan tak berwarna yang biasa digunakan dalam sintesis kimia. Zink asetat dihidrat memiliki sifat fisik berwarna bening, dapat larut dalam alkohol. Seng nitrat dapat mengontrol dekomposisi ZnO.



Gambar 2.4. Seng Asetat (Wikipedia, 2018).

## 2.5 Tembaga (II) Asetat

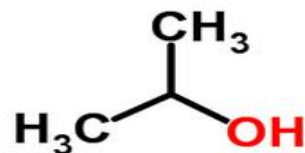
Tembaga merupakan suatu logam yang berwarna merah muda yang memiliki sifat fisik lunak dan dapat ditempa. Unsur tembaga disimbolkan dengan Cu, memiliki nomor atom 29, dengan massa molar 65,37 g/mol. Cu melebur pada suhu 1083°C. Tembaga tidak larut dalam asam korida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya sedikit oksigen Cu akan dapat larut (Vogel, 1985). tembaga umumnya ditemukan dalam bentuk senyawa. Unsur tembaga memiliki dua deret yaitu tembaga (I) dan tembaga (II). . Bilangan oksidasi tembaga adalah +1 dan +2. Ion Cu<sup>+</sup> kurang stabil dan cenderung mengalami disproporsionasi yaitu reaksi redoks yang reduktor dan oksidatornya merupakan zat yang sama. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Tembaga (II) bersifat paramagnetik dan berwarna sedangkan untuk senyawa hidrat yang mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$  berwarna orange (Ozawa & Kang, 2004). tembaga (I) mudah dioksidasi menjadi tembaga (II) yang dapat diturunkan dari tembaga (II) oksida. Garam-garam tembaga (II) umumnya berwarna orange, baik dalam bentuk hidrat ataupun padat (Vogel, 1985). tembaga memiliki konduktivitas listrik dan panas yang baik. Cu memiliki kesamaan dalam struktur luar elektroik dengan Zn, konduktivitas yang dimiliki Cu sangat tinggi.

## 2.6 Isopropanol

Isopropil alkohol atau isopropanol merupakan senyawa organik yang tersusun atas unsur karbon, hidrogen, dan juga oksigen. Isopropil alkohol memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan metanol dan etanol dan lebih rendah dibandingkan dengan alkohol-alkohol lainnya yang bersifat polar-protic. Gugus OH dalam isopropil membantu melarutkan molekul polar.



Gambar 2.6. struktur isopropanol

Isopropil alkohol merupakan senyawa alkohol dengan jenis sekunder, karena kemampuan gugus COH-nya yang dapat mengikat 2 karbon. Isopropanol atau isopropil alkohol ( $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ ) merupakan bentuk yang paling sederhana dari alkohol sekunder. Isopropil alkohol merupakan zat tidak berwarna, dengan titik didih  $82,4^\circ\text{C}$  pada  $760\text{ mmHg}$ , dan beraroma alkohol (Kirk dan Othmer, D.F., 1966)

## 2.7 Doping

Doping merupakan salah satu proses sintesis yang dilakukan dengan cara mencampurkan secara langsung prekursor yang digunakan dengan perbandingan komposisi tertentu yang bertujuan untuk mengubah atau memperbaiki sifat semikonduktor. Doping adalah teknik penambahan sejumlah kecil atom pengotor kedalam struktur kristal semikonduktor. Penambahan sejumlah kecil atom pengotor ini bertujuan untuk mengontrol sifat dari semikonduktor diantaranya celah pita dan konduktivitas listrik. Melalui proses doping dengan metode sol-gel, penyebaran sisi aktif logam dapat ditingkatkan (Arifiyana, Djamilah dan Irmina K. Murwani, 2013).

## 2.8 Metoda Sol-Gel Sonokimia

Metode sol-gel merupakan metode yang tepat untuk sintesis nanopartikel dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya (Arifiyana, Djamilah dan Irmina K. Murwani, 2013). Kimia sol gel didasarkan pada hidrolisis dan kondensasi dari prekursor. Umumnya pada sol gel ditujukan pada penggunaan alkoksida sebagai prekursor. Alkoksida memberikan suatu monomer yang terdapat pelarut khususnya alkohol. Alkohol dengan adanya penambahan air merupakan proses awal untuk mulai reaksi, keuntungan lain alkoksida adalah untuk mengontrol hidrolisis dan kondensasi.

Proses *sol-gel* meliputi beberapa proses sebagai berikut.

### 1. Hidrolisis

Pada tahap pertama logam prekursor (alkoksida) dilarutkan dalam alkohol dan terhidrolisis dengan penambahan air pada kondisi asam, basa atau netral

menghasilkan sol koloid. Hidrolisis menggantikan ligan alkoksi (-OR) dengan gugus hidroksil (-OH).

## 2. Kondensasi

Setelah mengalami reaksi hidrolisis, maka reaksi kondensasi akan berlangsung. Produk dari reaksi intermediet hasil reaksi hidrolisis sangat berperan pada proses kondensasi sehingga didapatkan nanopartikel. Kondensasi dari molekul hidroksida dengan proses eliminasi air akan terjadi pembentukan gel dari metal hidroksida. Kondensasi molekul hidroksida dengan proses eliminasi air membentuk terjadinya struktur gel dari logam hidroksida dengan reaksi dehidrasi (Brinker dan George, 1990).

Polimerisasi sol-gel terjadi dalam tiga tahap:

- a. Polimerisasi monomer-monomer membentuk partikel
- b. Penukukan partikel
- c. Pengikatan partikel membentuk rantai, kemudian jaringan yang terbentuk diperpanjang dalam medium cairan, mengental menjadi suatu gel.

## 3. Pematangan (*ageing*)

Setelah proses hidrolisis dan kondensasi, larutan akan kehilangan cairannya, dan terbentuk sol yang elastis, keadaan gel menunjukkan keadaan ketika rantai terakhir dalam ikatan terjadinya pertukaran gugus fungsi (Brinker, 1990). Pada umumnya proses ini dapat dilakukan pada suhu 60 – 100 °C. Pada proses pematangan ini akan terbentuk gel yang lebih kuat, kaku, dan menyusut dalam larutan.

Berikut beberapa keuntungan menggunakan metoda sol-gel.

- a. Pemilihan bahan baku material
  - b. Laju hidrolisis dan kondensasi
  - c. Modifikasi kimiawi dari sistem sol-gel.
4. Pengeringan
- a. Dapat dikatakan kering apabila kecepatan penguapan per bagian dari permukaan telah mengering
  - b. Dapat dikatakan kering jika sol menjadi kaku dan menyusut dan air telah menyusut ke bagian dalam (Brinker,1990)

Pada tahap ini adanya penguapan larutan dan cairan yang tidak diinginkan untuk mendapatkan struktur sol-gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi. Metode sol-gel dikenal sebagai salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana dan mudah. Metode ini merupakan salah satu “wet method” atau metode basah karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Pada metode sol-gel, sesuai dengan namanya larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol (Phumying et al., 2010).

Sonokimia adalah proses kimia dengan menggunakan teknologi sonik atau suara. Sonik atau suara dengan frekuensi sangat tinggi disebut ultrasonik, ultrasonik memiliki frekuensi diatas pendengaran manusia (di atas 16 kHz). Dengan adanya suara ultrasonik yang menjalar di dalam medium cair memiliki kemampuan secara terus menerus yang dapat membangkitkan suatu gelembung atau rongga didalam medium tersebut yang kemudian terjadi pembentukan,

pertumbuhan, dan pecahnya gelembung kecil gas. Gelembung-gelembung yang pecah tadi bisa menghasilkan energi kinetik yang besar sehingga berubah menjadi energi panas (Suslick *et al*, 1998). Gelombang ultrasonik yang cukup kuat untuk menghasilkan rongga dapat mendorong reaksi kimia seperti oksidasi, degradasi, pembubaran dan dekomposisi (Yadav, 2008).

Sonikasi adalah alat yang efisien untuk sintesis polimer. Selama dispersi ultrasonik dan *de-agglomeration*, menghasilkan penurunan berat molekul dan dispersi polimer, sehingga campuran sangat halus akan dihasilkan. Ini berarti bahwa ultrasound meningkatkan laju polimerisasi di atas pengadukan konvensional dan menghasilkan bobot molekul yang lebih tinggi dengan polydispersitas rendah (Rosa-Fox *et al*, 2002)

Kekuatan ultrasonik yang besar dengan frekuensi yang rendah menawarkan potensial yang besar untuk proses kimia. Saat gelombang ultrasonik merambat ke dalam cairan. Siklus tekanan tinggi berarti kompresi, sementara siklus frekuensi rendah berarti pelepasan medium. Selama siklus tekanan rendah (*rarefaction*), ultrasound daya tinggi menciptakan gelembung vakum kecil dalam cairan (Santos *et.al.*, 2009).

Metode sonokimia dapat menghasilkan material dengan sifat-sifat yang menguntungkan karena dapat menyebabkan pembentukan permukaan partikel yang lebih luas, ukuran partikel yang lebih kecil. Hal ini terjadi karena adanya tumbukan pada permukaan, terutama sekali dari material serbuk, menghasilkan energi yang cukup untuk menyebabkan pemecahan menjadi kepingan kecil (bahkan untuk penghalusan logam). Dengan demikian, di dalam situasi ini,

ultrasonik dapat meningkatkan luas permukaan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Yadav et.al.) Telah berhasil mengendalikan bentuk maupun ukuran partikel ZnO, dengan ukuran partikel dari 4,60-7,76 nm dan celah energi 3,50-3,301 eV dengan waktu sonikasi yaitu dari 15-360 menit.

## **2.9 Putih telur itik (Albumin)**

Fraksi putih pada telur biasa disebut dengan albumin. Albumin merupakan suatu larutan berair yang mengandung sejumlah protein yang terdapat dalam struktur jaringan gel lemah yang terdiri dari serat *ovomucin* yang berperan pada sifat mukosa putih telur. putih telur terdiri dari Ovalbumin, Ovotransferin, Ovomuroid, dan Lisozim yang bersifat bulat atau berbentuk globular akibat adanya sejumlah ikatan disulfida intra-molekul serta adanya interaksi hidrofobik antara gugus asam amino polar yang terdapat dalam struktur molekulnya. Pada suhu 70-85°C molekul protein pada putih telur akan mengalami denaturasi yang mengakibatkan mengarah dan berkembangnya menjadi struktur jaringan gel secara masal dan akan memiliki sifat stabil. Selain itu, warna bening pada putih telur sangat berpengaruh karena sifat khas yang dimilikinya yaitu memiliki sifat gelasi dan pembusaannya (Drakos, Antonios dan Vassilis Kiosseoglou, 2006).

Putih telur memiliki karakteristik sebagai pengemulsi, berperan dalam pembusaan dan bersifat stabil (Li, Junhua et.al., 2017). Putih telur merupakan suatu bahan yang ramah lingkungan, tidak beracun dan dianggap sangat baik dalam karakteristik *gelling*, *foaming*, dan *emulsifying*. Putih telur tidak mudah larut dalam air dan memiliki kemampuan untuk berasosiasi dengan ion logam dalam larutan, putih telur digunakan sebagai gel pengikat untuk membentuk suatu

nanopartikel. Sehingga putih telur dapat dijadikan aditif untuk sintesis suatu nanopartikel (Ahmed, et.al., 2011).

Putih telur dapat mengontrol ukuran partikel kristal ZnO yang dihasilkan. Albumen pada putih telur berperan dalam meningkatkan laju reaksi dan menghasilkan kristal ZnO berukuran nano. Fase kristal nano yang dihasilkan mencapai 13-28 nm (Thangaraj,et.al., 2011). pada penelitian (Liu,Yumin et.al., 2014) yang menggunakan putih telur sebagai *biotemplate* mendapatkan struktur nanomaterial dengan ukuran 32.6 nm, sedangkan sintesis nanomaterial tanpa penambahan putih telur menghasilkan partikel dengan ukuran 37.3 nm. Selain itu nilai celah pita yang di dapatkan juga berbeda. Sintesis nanomaterial menggunakan putih telur sebagai *biotemplate* didapatkan energi celah pita sebesar 2.83 eV sedangkan nilai enegi celah pita yang didapatkan untuk sintesis nanomaterial tanpa menggunakan putih telur sebagai *biotemplate* sebesar 3.04 eV. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan putih telur dapat menghasilkan material berukuran nano dengan energi celah pita yang kecil.

#### **2.10 FTIR (*Fourier Transform- Infra Red*)**

Spektrofotometri inframerah (IR) merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk menganalisa senyawa kimia. Spektra inframerah suatu senyawa dapat memberikan gambaran dan struktur molekul senyawa tersebut. Spektra IR dapat dihasilkan dengan mengukur absorpsi radiasi, refleksi atau emisi di daerah IR. Spektroskopi FTIR adalah teknik pengukuran untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Energi yang diserap sampel pada berbagai frekuensi sinar inframerah

direkam, kemudian diteruskan ke interferometer. Sinar pengukuran sampel diubah menjadi interferogram (Griffiths, P.R., 1975).

FTIR memiliki bagian-bagian:

1. sumber sinar

Sinar IR dipancarkan dari sebuah sumber yang disebut *glowing blackbody*. *Beam splitter* akan mengontrol jumlah energi yang akan diberikan pada sampel.

2. Interferometer

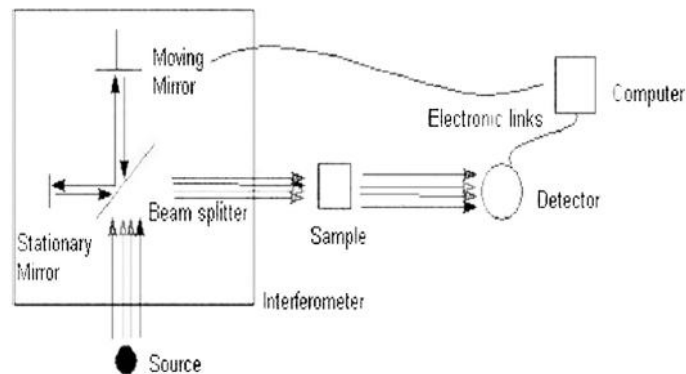
Interferometer merupakan bagian dari FTIR yang berfungsi membentuk interferogram yang akan diteruskan menuju detektor. Interferometer sering juga disebut pengkode spektral.

3. Sampel

Sinar akan memasuki ruang sampel. Sinar akan diteruskan atau dipantulkan oleh permukaan sampel tergantung jenis analisis yang diinginkan. Detektor Sinar akhirnya lolos ke detektor untuk pengukuran akhir. Detektor yang digunakan secara khusus dirancang untuk mengukur sinyal interferogram khusus.

4. Komputer

Sinyal yang diukur didigitalkan dan dikirim ke komputer dimana fourier transformasi berlangsung, spektrum infra merah kemudian di sajikan kepada pengguna untuk interpretasi.



Gambar 2.10. mekanisme FTIR

Mekanisme FTIR sebagai berikut: Sinar yang datang dari sumber sinar akan diteruskan, kemudian sinar tersebut akan dipecah menjadi dua bagian sinar yang tegak lurus oleh pemecah sinar. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan dari kedua cermin ini akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Pemecah sinar akan mengarahkan sebagian sinar menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor dan akan saling melemahkan jika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut interferogram. Interferogram ini akan diubah spektra IR dengan bantuan komputer ( Dutta,Aastha.2009 ).

### 2.11 UV- Diffuse reflektansi

Spektrofotometri UV-DRS adalah metode pengukuran jumlah radiasi ultraviolet tampak yang diserap oleh senyawa sebagai fungsi panjang gelombang radiasi. Cahaya tampak memiliki panjang gelombang 400 hingga 700 nm,

sedangkan cahaya ultraviolet memiliki panjang gelombang 190 hingga 400 nm. Energi celah pita pada suatu senyawa dapat dicari menggunakan spektrofotometri UV- *diffuse reflectance* yang didasarkan pada pengukuran intensitas UV-Vis yang direfleksikan oleh sampel. Persamaan reflektansi yang telah terukur adalah sebagai berikut (Wiley, 1998). Energi celah pita pada nanopartikel dapat diperoleh dengan dengan mengubah besaran %R kedalam faktor *Kubelka-Munk* (F(R)) menggunakan rumus berikut.

$$F(R) = K/S = (1-R)^2/ 2R$$

F(R) merupakan *Kubelka-Munk*, K adalah koefisien absorpsi, S merupakan koefisien scattering, dan R merupakan nilai reflektansi. Energi celah pita akan didapat dari grafik hubungan antara  $h\nu(\text{eV})$  vs  $(F(R')h\nu)^{1/2} = 0$ . nilai  $h\nu$  ditentukan dengan persamaan berikut :  $E_g = h\nu = hc/\lambda$

$E_g$  merupakan energi celah pita (eV), h adalah tetapan planck ( $6.624 \times 10^{-34}$ ), c adalah kecepatan cahaya di udara ( $2,998 \times 10^8$  m/s), dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang (nm).

## 2.12 XRD (*X-Ray Diffraction Spectroscopy*)

Analisis struktur kristal katalis dilakukan menggunakan instrumentasi difraksi sinar-X (*X-ray Diffraction/XRD*). Instrumen ini digunakan untuk mengidentifikasi suatu material berdasarkan fasa kristalin dalam material. Dasar dari penggunaan XRD untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg :

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

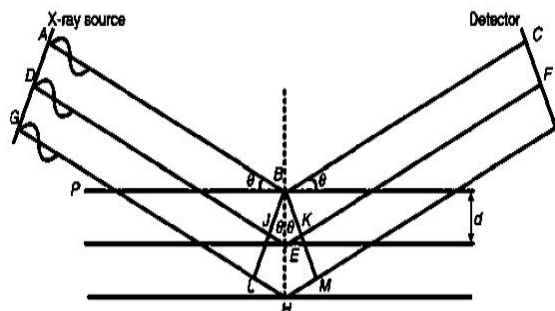
dimana: d = jarak antara dua bidang kisi (nm)

$\theta$  = sudut antara sinar datang dengan bidang normal

$\lambda$  = panjang gelombang sinar-X yang digunakan (nm)

Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas 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. Semakin banyak bidang kristal yang sama terdapat dalam sampel, semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan.

(Sriram, et.al., 2017) melaporkan bahwa penambahan dopan dapat meningkatkan kristalinitas sekaligus porositas struktur sehingga mikrostruktur meningkat. Ukuran kristal diketahui dengan menganalisis puncak-puncak yang dihasilkan dari pola XRD dari sampel menggunakan persamaan *scherrer*.



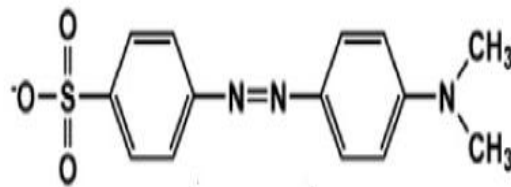
Gambar 2.12. Difraksi sinar-X hukum bregg (Cullity, 2001).

### 2.13 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM merupakan alat untuk mengamati morfologi atau topografi material yakni berupa keretakan, nanopartikel, dan lain sebagainya. SEM bekerja dengan prinsip berkas elektron yang difokuskan menuju sampel, kemudian sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*). Ketika elektron mengenai sampel, elektron kembali dihamburkan dan akan diterima (elektron sekunder) dan dikarakterisasi sinar-X yang kemudian dideteksi oleh detektor (Ningsih, 2016).

### 2.14. Methyl Orange

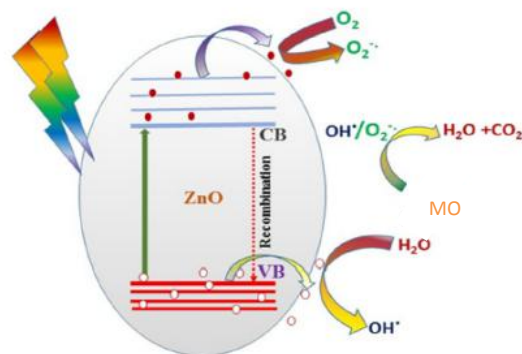
*Methyl Orange* (methyl orange) merupakan senyawa azo yang biasa digunakan dalam industri sebagai pewarna tekstil, kertas, dan lain sebagainya. Senyawa ini dapat larut dalam air (komala, 2008) memiliki nilai baku mutu 20 mg/L. Dalam skala laboratorium methyl orange digunakan untuk indikator titrasi. methyl orange memiliki rumus molekul  $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$  dengan berat molekul 327,3 g/mol.



Gambar 2.14. Struktur molekul methyl orange (He, Y., 2011).

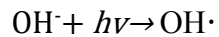
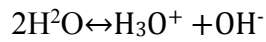
### 2.15. Fotosonolisis

Fotolisis merupakan proses degradasi suatu senyawa organik menggunakan cahaya. gabungan dari proses fotokimia dan katalis yang menggunakan cahaya dan katalis untuk mempercepat terjadinya reaksi kimia.

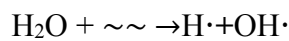


Gambar 2.15.1 Mekanisme degradasi MO oleh ZnO sebagai fotokatalisis (Kadam, et.al., 2016).

Proses fotolisis berlangsung melalui radiasi sinar UV sehingga terjadi pemutusan ikatan dari suatu senyawa oleh  $\text{OH}\cdot$ . Prinsip kerja dari fotolisis adalah proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis padat.



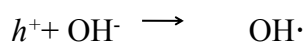
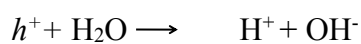
Sonolisis merupakan suatu metode yang digunakan untuk mendegradasi zat warna organik menggunakan ultrasonik dalam medium air yang menghasilkan  $\text{OH}\cdot$ , dan  $\text{H}\cdot$  selama proses sonikasi dan efek kavitasi.



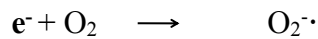
Efek kavitasi akan menghasilkan gelembung yang akan dipecah oleh gelombang ultrasonik (Sanjaya, 2017)

Fotosonolisis merupakan proses yang mengkombinasikan fotolisis dan sonolisis. Penyinaran katalis dengan sinar UV akan menimbulkan keadaan tereksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada semikonduktor. Loncatan energi ini akan menimbulkan hole (lubang elektron) yang dapat berinteraksi dengan pelarut air membentuk radikal  $\text{OH}\cdot$  yang bersifat reaktif untuk menguraikan senyawa organik. Band gap pada semikonduktor akan menentukan sensitifitas panjang gelombang dari semikonduktor terhadap radiasi (Husin, 2012).

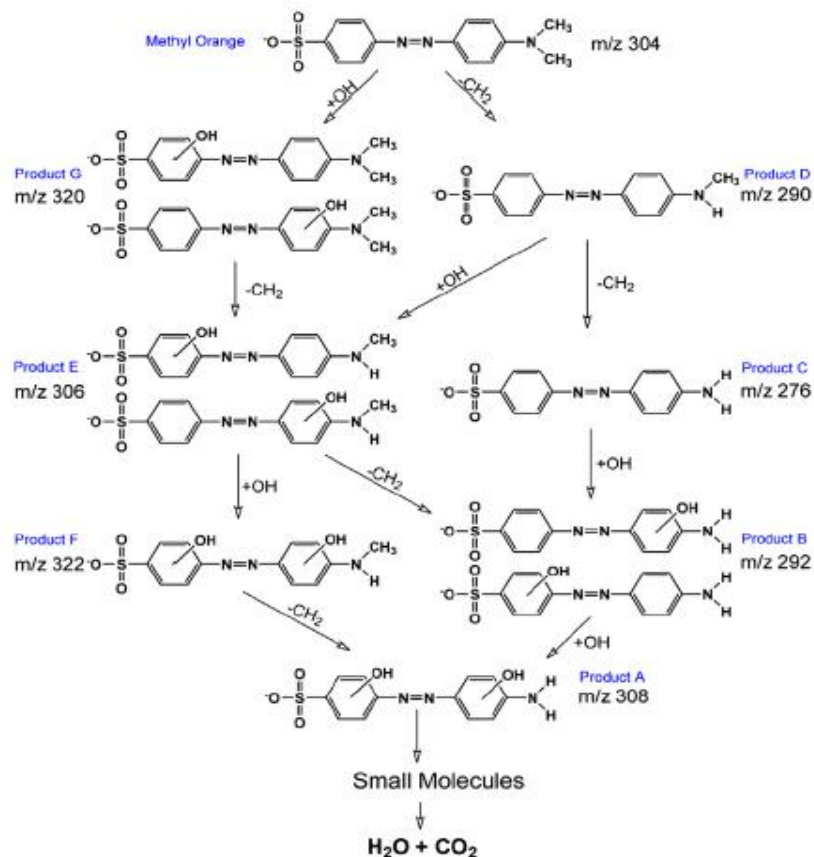
Proses radikal terbentuk saat hole ( $h^+$ ) bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}$  atau  $\text{OH}^-$  yang menghasilkan radikal hidroksil untuk proses oksidasi.



Reaksi reduksi terjadi saat elektron bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan anion radikal superoksida.



Radikal hidroksil tersebut memiliki potensial yang sangat kuat untuk mengoksidasi sebagian besar zat organik menjadi air dan karbon dioksida. Sebagian dari elektron-hole yang tereksitasi akan terjebak di permukaan partikel katalis, sehingga elektron yang sampai ke permukaan akan mendominasi dirinya sebagai molekul teradsorpsi, dan hole yang sampai pada permukaan akan menarik  $e^-$  pita konduksi yang terdapat pada permukaan partikel.



Gambar 2.15.2 Skema degradasi MO selama fotosonolisis(He, Y., 2011)

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Albumin dapat memberikan pengaruh terhadap sintesis  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO dalam hal ukuran partikelnya, Karakterisasi terhadap  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO menggunakan FTIR menunjukkan adanya ikatan oksida logam pada bilangan gelombang 400-800  $\text{cm}^{-1}$ . Nilai bandgap terkecil yang diukur dengan UV-DRS didapatkan dari penambahan 30 mL albumin dengan ukuran partikel yang diukur menggunakan XRD berkisar antara 16,62-53,21 nm nm.
2. Morfologi yang dihasilkan setelah diukur menggunakan SEM memiliki bentuk *spheric*.
3. Katalis  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO dapat mendegradasi zat warna *methyl orange* dengan persen degradasi paling optimum yaitu 94,88 % dengan waktu penyinaran selama 210 menit.

#### **5.2. Saran**

Penelitian ini memerlukan kajian lebih lanjut tentang zat aditif lain yang digunakan untuk sintesis ZnO dan perlu adanya kajian lebih lanjut dalam pengaplikasian  $\text{Cu}^{2+}$  doped ZnO menggunakan zat warna lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin, Yudistira Virgus, Nirmin, dan Khairurrijal. 2008. Review : Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi* Vol. 1 No.2, Juli 2008.
- Ahmeda, M.A., N. Okashab, S.I. El-Deka. 2011. Novelty, Preparation, Characterization and Enhancement Of Magnetic Properties of Mn Nanoferrites Using Safety Binder (Egg White). *Solid State Sciences*.13 (2011) 1840-1843.
- Ali, Wajid, Hameed U., Amir Z., Muhammad K. A., Wisal M., Muhammad J. A., Akhtar N.. 2018. Effect of Calcination Temperature on the Photoactivities of ZnO/SnO<sub>2</sub> Nanocomposites for the Degradation of Methyl Orange. *Materials Chemistry and Physics*. Vol. 211 3 juni 2018
- Alejandre, Jose, Luis Rivera, Marco Antonio Mora, dan Virginia de la Garza. 2000. Force Field of Monoethanolamine. *J. Phys. Chem. B* 2000, 104, 1332-1337.
- Amutha, C., S., Thanikaikarasan, V., Ramadas, dan B., Natarajan. 2015. Structural, Morphological, And Optical Properties of Albumen Mediated ZnO Nanoparticles. *Optic - International Journal of Light and Electron Optics*. 4026(15)01141-9.
- Arifiyana, Djamilah dan Irmina K. Murwani. 2013. Pengaruh *Doping* Logam Fe pada CaF<sub>2</sub> terhadap Struktur Ca<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>F<sub>2</sub>. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* Vol. 2, No.2, (2013) 2337-3520
- Auda, H. Y. 2009. Spektroskopi Difraksi Sinar X (Xray Diffraction/XRD). Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. P. 1-3.
- Bagheri, Samira, Kamyar Shameli, and Sharifah Bee Abd Hamid. 2012. Synthesis and Characterization of Anatase Titanium Dioxide Nanoparticles Using Egg White Solution via Sol-Gel Method. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry*. Volume 2013.
- Brinker, C. J dan George W Scherer. 1990. *Sol Gel Science*. Academic Press INC New York
- Cullity, B. D., dan Stock, S. R. 2001. Elements of X-Ray Diffraction Vol. 3, p. 5, *Upper Saddle River*, NJ: Prentice hall.
- Deepti, Y., dan Kamyar 2016. "Equilibrium Isotherm, Kinetic and Thermodynamic Study on Removal of Methyl Orange Dye from Aqueous Solution by using Corn Cob Activated Carbon". *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, Vol. 6 Issue 3 : 7-14.

- Drakos, Antonios dan Vassilis Kiosseoglou. 2006. Stability of Acidic Egg White Protein Emulsions Containing Xanthan Gum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, 54, 10164-10169.
- Dutta, Aastha. 2009. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. Maharashtra Institute of Technology, Aurangabad, India
- Ghahramanifard, Fazel, Omid F., Ahmad R. 2017. Electrodeposition of Cu-doped p-type ZnO nanorods; effect of Cu doping on structural, optical and photoelectrocatalytic property of ZnO nanostructure. *Superlattices and Microstructures*
- Griffiths, P.R.. 1975. *Chemical Infrared Fourier Transform Spectroscopy*. Wiley-Interscience, New York.
- Halliday, D. dan Resnick, Robert. 2002. Fisika Modern Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Hernandez, T., Ramirez, M., Rojas, B., Pantoja, E., Oskam, Paraguai, D., Escobar, M., Acosta, A., Dias, F., dan Perez, H.. 2015. Structural, Optical, and Photocatalytic Properties of ZnO. *Material Science in Semiconductor Processing*. 2015.02.009 1369-8001.
- He, Yuanhua, Franz Grieser, Muthupandian Ashokkumar. 2011. The Mechanism Of Sonophotocatalytic Degradation Of Methyl Orange And Its Products In Aqueous Solutions. *Ultrasonics Sonochemistry* 18 (2011) 974–980
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc\\_nitrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc_nitrate).
- Husin, Husni. 2012. Produksi Hidrogen Secara Fotokatalitik dari Air Murni Pada Katalis NaTaO<sub>3</sub>. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* Vol. 9, No. 2, hal. 51 - 56.
- Jain, N., M.K Dwivedi, & Ashok W. 2016. “Adsorption of Methyl Orange Dye from Industrial Effluents Using Coal Fly Ash”. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, Vol. 3 Issue 4
- Kanade, K., G..et.al., 2006. Self-Assembly Aligned Cu Doped ZnO Nanoparticles for Photocatalytic Hydrogen Production Under Visible Light Irradiation. *Materials Chemistry and Physics*. Vol 102 (2007) 98-104.
- Kim K. D., S. S. Kim, Y. Choa, and H.T. Kim. (2007). Formation and Surface Modification of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles by Co-precipitation and Sol-gel Method. *Journal. Ind. Eng. Che.* 13, 1337-1141.
- Kirk R.E. and Othmer, D.F.. 1966. *Encyclopedia of Chemical Technology*. vol.1, 2<sup>nd</sup> edition, A Willey Interscience Publication, John Wiley and Sons Co., New York.

- Komala, Puti sri, Ananthi, Effendi, weten, dan Wisnuprpto. 2008. Pengaruh Variasi Waktu Retensi Hidrolisis Reaktor Anoksik Terhadap Bioderadasi Zat Warna Azo Reaktif Menggunakan Bioreaktor Membran Aerob-Anoksik. *Jurnal Penelitian*. Bandung: ITB Vol. 4 No. 4, Desember 2008
- Kosal, Margaret E.. 2009. *Nanotechnology for Chemical and Biological Defense*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York: USA.
- Labhane P.K., Huse V.R, Patle L.B., Chaudari A.L, Sonawe G.H.2015. Synthesis of Cu doped ZnO Nanoparticles: Crystallographic, Optical, FTIR, Morphological and Photocatalytic Study. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 39-51.
- Li, Junhua, Chenying Wang, Xin Li, Yujie Su, Yanjun Yang, Xiaobing Yu. 2017. Effects of pH and NaCl on the Physicochemical and Interfacial Properties of Egg White/Yolk. *Food Bioscience*. S2212-4292(17)30550-3
- Liu n, Yumin, HuaLv, JiayuanHu, ZijinLi. 2014. Synthesis and characterization of Bi<sub>2</sub>WO<sub>6</sub> Nanoplates Using Egg White As AbioSEMplate Through Sol-Gel Method. *Materials Letters* 139(2015) 401–404
- Merck. 2014. Lembaran Data Keselamatan Bahan No. 457250 Methyl Orange. (Diakses tanggal 1 Maret 2016), hal 1-9
- Mohanraj dan Chen. 2006. Nanoparticles – A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, June 2006; 5 (1): 561-573
- Ningsih, Sherly Kasuma Warda, Umar Kalmar N. , Utari N.. 2017. Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Zno Doped Cu<sup>2+</sup> Melalui Metoda Sol-Gel. *Eksakta* Vol. 18 No. 2, Oktober 2017
- Ningsih, S. K. W.. 2016. *Sintesis Anorganik*. Padang: UNP.
- Omri, Bettaibi, Khirouni, dan El Mir. 2017. The Optoelectronic and Role of Cu Concentration on The Structural and Electrical Properties of Cu Doped ZnO Nanoparticles. *Physica B: physics of condensed matter*
- Ozawa & Kang. (2004). Balls and Stick: Easy-to-Use Structure Visualisasi and Animation Creating Program. *Journal Applied Crystallography*. 37. Page 679
- Phumying.S. 2010. Nanocrystalline spinel ferrite (MFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, M = Ni, Co, Mn, Mg, Zn) powders prepared by a simple aloe vera plant-extracted solution hydrothermal route. Department of Physics, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand. *Materials Research Bulletin*, 48, 2060–2065

- Prasad dan Balasubramanian. 2017. Cu-doping and annealing effect on the optical properties and enhanced photocatalytic activity of ZnO nanoparticles. *Vacuum*.
- Prasad, Naena, Saipavitra, Swaminathan, H., Thangaraj, P., Viswanathan, MR., dan Balasubramanian, K.. 2016. Microstress, Strain, Band gap, tuning and Photocatalytic Properties of Thermally Annealed and Cu-doped ZnO Nanoparticles. *Applied Physics – A Material Science & Processing*. (2016) 122:590.
- Rosa-Fox, N. de la; Pinero, M.; Esquivias, L. (2002): *Organic-Inorganic Hybrid Materials from Sonogels*. Universidad de Cádiz. 11510 Puerto Real (Cádiz). SPAIN.
- Sanjaya, H., Pinta, Dan Sherly. 2017. Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG Dengan Metode Fotosonolisis. *Eksakta* Vol. 18 No. 2, Oktober 2017
- Santos, H. M. Lodeiro, C.Martinez, J. L. 2009. The Power of Ultrasound. In: J.L. Martínez (ed.). *Ultrasound in Chemistry: Analytical Applications*. Wiley VCH: Weinheim, 2009. pp. 1-16.
- Schmid, Gunter. Nanotechnology. 2008. *Nanotechnology. Volume 1: Principles and Fundamentals*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- Srinivasan, M., Revathi, m., Pachamuthu, P.. 2016. Surface and Optical Properties of Undoped and Cu doped ZnO Nanostructures. *Optic-International Journal for Light and Electron Optics*. 4026(16)31266-9.
- Sriram, S., Lalithambika, K.C., Thayumanavan, A.. 2017. Experimental and Theoretical Investigation of Photocatalytic activity of Cu doped ZnO Nanoparticles. *Optic-International Journal for Light and Electron Optics*. 4026(17)30402-3.
- Suslick, K. S., & Price, G. J. 1999. *Application of Ultrasound to Material Chemistry*. Annu. Rev. Mater. Sci.
- Thangaraj, Prakash, Jayaprakash Rajan, Sathyaraj Durai, Sanjay Kumar, Ayalsomayajula RatnaPhani, Giovanni Neri. 2011. The role of albumen (eggwhite) in controlled particle size and electrical conductivity behavior of zinc oxide nanoparticles. *Vacuum*. Vol. 86 (2011) 140-143.
- Vogel. 1985. *Textbook Of Quantitative Chemical Analysis*. United States With John Wiley & Sons, Inc" New York
- Willey, J.. 1998. *Modern Techniques In Applied Molecular Spectroscopy*. New York: Toronto.

Witjaksono,A..2011. Karakterisasi Nanokristalin Zno Hasil Presipitasi Dengan Perlakuan Pengeringan Anil Dan Pasca-Hidrotermal, Tesis. Jurusan Teknik Metalurgi dan Material. Universitas Indonesia: Depok.

<http://www.tyndall.ie/research/electronic-theorygroup/cm4105/bandstructs/ZnO.pdf>, Struktur ZnO Wurtzite [diakses 26 desember 2017].

Yadav, R.S., Priya Mishra, Avinash C. Pandey. 2008. Growth mechanisme and optical property of ZnO nanoparticles synthesized by sonochemical method. Elsevier B.V.