

**T E S I S**

**PENGARUH PENAMBAHAN DOPING *NICKEL* (Ni) TERHADAP  
SIFAT ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL *ZINC OXIDE* (ZnO)**

Disusun dan diajukan oleh

**DESTALINA**

**H032201004**



**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA**

**DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**PENGARUH PENAMBAHAN DOPING *NICKEL* (Ni) TERHADAP SIFAT  
ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL *ZINC OXIDE* (ZnO)**

**TESIS**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat*

*Memperoleh Gelar Magister Sains*

*pada Program Studi Magister Fisika Departemen Fisika*

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

*Universitas Hasanuddin*

**DESTALINA**

**H032201004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA**

**DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN TESIS**

**PENGARUH PENAMBAHAN DOPING *NICKEL* (Ni) TERHADAP SIFAT  
ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL *ZINC OXIDE* (ZnO)**

Disusun dan diajukan oleh

**DESTALINA  
H032201004**

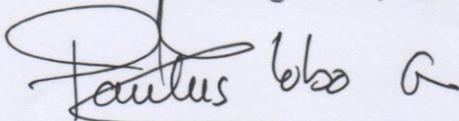
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program Magister Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 24 Agustus 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

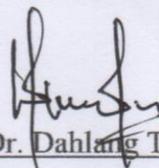
Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.

NIP 19650305 199103 1 008

Pembimbing Pendamping,

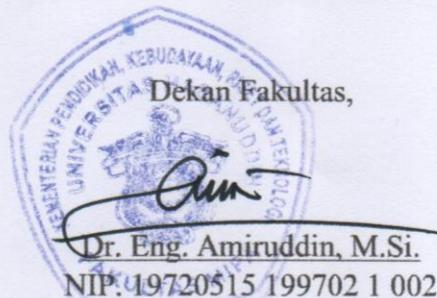


Prof. Dr. Dahlan Tahir, M.Si.

NIP 19750907 200003 1 006



Ketua Program Studi,  
Dr. Ir. Bidayatul Armynah, MT.  
NIP. 19630830 18903 2 001



Dekan Fakultas,  
Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.  
NIP. 19720515 199702 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Destalina  
NIM : H032201004  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **PENGARUH PENAMBAHAN DOPING *NICKEL* (Ni) TERHADAP SIFAT ANTIBAKTERI NANOPARTIKEL *ZINC OXIDE* (ZnO)**

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain dan bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 24 Agustus 2022

Yang menyatakan,



Destalina

## ABSTRAK

Penelitian ini mengamati pengaruh nikel (Ni) doping seng oksida (ZnO) dalam mendegradasi fotokatalitik pewarna *congo red* serta aktivitas antibakteri dari sampel. Ni doping ZnO dengan variasi konsentrasi 0, 5, 6, 7, 9 dan 11% dibuat dengan metode kopresipitasi menggunakan prekursor natrium hidroksida. Karakterisasi nanopartikel ZnO yang didoping Ni dianalisis menggunakan XRD, FTIR, dan UV-Vis. Hasil analisis XRD mengkonfirmasi tidak adanya puncak pengotor tambahan dalam nanopartikel ZnO. Doping Ni mempengaruhi struktur kisi Zn. Analisis ukuran kristal menggunakan metode Debye Scherrer dan Williamson Hall (UDM) diperoleh ukuran kristal yang bervariasi dengan variasi konsentrasi Ni berkisar antara 26-29 nm. Penurunan puncak serapan menandai terjadinya degradasi *congo red* terhadap waktu penyinaran. Pengukuran UV menunjukkan bahwa energi celah pita berkurang dengan meningkatnya konsentrasi doping Ni. Studi aktivitas antibakteri sampel Ni doping ZnO menggunakan metode difusi agar dalam dua jenis bakteri yang berbeda menunjukkan adanya aktivitas antibakteri yang dibuktikan dengan adanya zona bening yang terlihat pada media pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Kata kunci: ZnO, Ni, Fotokatalitik, Antibakteri.

## ABSTRACT

This study observed the effect of nickel (Ni) doped zinc oxide (ZnO) in photocatalytic degradation of congo red (CR) dye and the antibacterial activity of the samples. Ni doped ZnO with various concentration 0, 5, 6, 7, 9 and 11% was prepared by coprecipitation method using sodium hydroxide as a precursor. The characterization of Ni doped ZnO nanoparticles was analyzed with XRD, FTIR, and UV-Vis. The results of XRD analysis confirmed the absence of additional impurity peaks in the ZnO nanoparticles. Ni doping affects the Zn lattice structure. Crystal size analysis using the Debye Scherrer and Williamson Hall (UDM) method obtained various crystal sizes with variations in Ni concentration ranging from 26-29 nm. The decrease in the absorption peak indicates the degradation of congo red with respect to irradiation time. UV measurements show that the band gap energy decreases with increasing Ni doping concentration. Antibacterial activity study of the Ni doped ZnO observed by agar diffusion method in two different types of bacteria and showed antibacterial activity as evidenced by the clear zone seen in the growth media of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria.

Keywords: ZnO, Ni, Photocatalytic, Antibacterial.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis magister dengan judul “**Pengaruh Penambahan Doping *Nickel* (Ni) Terhadap Sifat Antibakteri Nanopartikel *Zinc Oxide* (ZnO)**” yang diajukan sebagai salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Magister Sains di Universitas Hasanuddin, Makassar.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini jauh dari kesempurnaan dan dalam proses penelitian hingga perampungan penulisan tesis banyak kesulitan dan hambatan yang penulis temui. Berkat pertolongan Tuhan Yesus dan Bunda Maria serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih, rasa hormat, dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, ayahanda tercinta **Marthinus**, ibunda tersayang **Ester Lembang**, kakak **Marsel Bia Lembang**, **Evi Pania Lembang**, **Theofilus** dan adik **Julio Cliven Willy** serta seluruh keluarga besar, penulis hanturkan terima kasih atas curahan kasih sayang, dorongan doa, nasihat, motivasi, dan dukungan moril maupun materil. Mereka adalah segalanya bagi penulis.
2. Bapak **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc** selaku pembimbing utama penulis dan Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si**, selaku pembimbing pertama penulis. Terima kasih atas arahan, nasihat, motivasi yang bermanfaat dalam penyelesaian tesis ini. Serta waktu luang dan kesabaran membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Ibu **Dr. Ir. Bidayatul Armynah, MT**, Ibu **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc** dan **Prof. Dr. Retnat. Wira Bahari Nurdin** sebagai Tim penguji tesis fisika yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tesis ini.
4. Seluruh **Dosen S2 Fisika Universitas Hasanuddin**. Terima kasih atas segala ilmu, didikan, dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan penulis.
5. **Jajaran Staf Departemen Fisika dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**. Terima kasih atas bantuannya kepada penulis selama proses pengurusan administrasi selama ini.

6. Terkhusus untuk kak **Inayatul Mutmainna, M.Si**, kak **Fitriah Mujtahid, M.Si** dan adik **Roni Rahmat, S.Si**, terimakasih atas bimbingan, arahan, ilmu serta bantuan yang selalu diberikan kepada penulis dari awal penelitian hingga penyelesaian tesis.
7. Terkhusus untuk **Lovely Ladies, Tim Fisika Smakara** dan keluarga besar **SMA Katolik Rajawali**. Terima kasih atas doa dan dukungan secara moril maupun materil yang telah diberikan kepada penulis selama penyelesaian tesis.
8. Terima kasih kepada **Teman-teman seperjuangan Magister Fisika angkatan 2020(1)** terkhusus kak **Fitriah Mujtahid, M.Si**, **Rahma Anugrahwidya, M.Si**, **Nurul Awaliyah M, M.Si**, dan kak **Sitti Magfiah, S.Si** yang telah menemani penulis baik suka dan duka selama menempuh pendidikan jurusan Fisika S2 di Departemen Fisika Unhas.
9. Terima kasih kepada Teman-teman seperjuangan Magister Fisika terkhusus **Lorna, S.Si**, **Sasa Harkiah, S.Si**, **Nurul Amalia Humaera, M.Si**, **Nadia Nurafiah, M.Si**, **Rosmilasari, M.Si**, **Kak Mirfah, M.Si**, **Titin Fatmawati, S.Pd** dan **Ainun Jariah, M.Si** yang telah memberi saran, motivasi dan keceriaan selama penyusunan tesis.
10. Seluruh bagian dari **Laboratorium Material dan Energi** terkhusus untuk adik **Andi Tessiwoja Tenri Ola, S.Si**, **Ardiansyah, S.Si**, **Nova Marlina** dan **Maysarah A.Mallarangi** yang selalu membantu dan menghibur penulis dalam proses penyelesaian tesis.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian tesis ini. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya. Akhir kata, sekali lagi penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu, semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan karunia-Nya dalam setiap amal kebaikan dan diberikan balasan. Amin.

Makassar, 24 Agustus 2022

Destalina

## DAFTAR ISI

### SAMPUL

**LEMBAR PENGESAHAN TESIS** .....Error! Bookmark not defined.

**PERNYATAAN KEASLIAN**.....Error! Bookmark not defined.

**ABSTRAK** ..... v

**ABSTRACT** ..... vi

**KATA PENGANTAR**..... vii

**DAFTAR ISI** ..... ix

**DAFTAR GAMBAR**..... xi

**DAFTAR TABEL** ..... xii

**BAB I PENDAHULUAN**.....1

I.1. Latar Belakang ..... 1

I.2. Rumusan Masalah ..... 3

I.3. Tujuan Penelitian ..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** .....4

II.1. Fotokatalik .....4

II.2. Seng Oksida (ZnO) .....5

II.3. Nikel (Ni) .....6

II.4. Zat Warna *Congo Red*.....8

II.5. Fourier Transform Infra Red (FTIR) .....8

II.6. X- ray diffraction (XRD) .....9

II.7. Spektrofotometer Ultra Violet-Visible ..... 11

II.8. Metode Kopresipitasi ..... 12

II.9. Mekanisme Antibakteri..... 13

II.10. *Staphylococcus Aureus*..... 14

II.11. *Escherichia coli*..... 15

**BAB III METODE PENELITIAN** .....16

III.1. Waktu dan Tempat Penelitian ..... 16

III.2. Alat dan Bahan Penelitian ..... 16

III.2.1. Alat ..... 16

III.2.2. Bahan ..... 16

III.3. Prosedur Penelitian ..... 17

III.3.1. Proses Sintesis ZnO-Ni dengan metode kopresipitasi.....	18
III.3.2. Fotokatalis .....	18
III.3.3. Karakteristik nanopartikel ZnO-Ni.....	18
III.3.4. Pengujian aktivitas antibakteri.....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
IV. 1. Analisis Fourier Transform Infrared Spectroscopy.....	20
IV.2. Analisis X-Ray diffraction (XRD) .....	21
IV.2.1. Debye Scherrer .....	22
IV.2.2. Williamson-Hall method .....	23
IV.3. Analisis Band Gap.....	25
IV.4. Analisis Fotokatalis .....	26
IV.5. Siklus.....	28
IV.6. Antibakteri.....	29
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>33</b>
V.1. Kesimpulan.....	33
V.2. Saran .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>34</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>43</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Mekanisme fotokatalis .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Skema pengujian FTIR .....	9
<b>Gambar 2.3</b> Skema XRD.....	9
<b>Gambar 3.1</b> Bagan alir penelitian.....	17
<b>Gambar 4.1</b> Sepkturum FTIR dari sampel ZnO dengan variasi doping Ni.....	20
<b>Gambar 4.2</b> (a) Pola difraksi XRD dari sampel ZnO dengan variasi doping Ni. (b) Pergeseran puncak pada bidang hkl (101) .....	21
<b>Gambar 4.3</b> Plot grafik Williamson Hall untuk sampel ZnO dengan variasi doping Ni .....	24
<b>Gambar 4.4</b> Analisis energi gap sampel Ni doping ZnO menggunakan metode plot Touc .....	25
<b>Gambar 4.5</b> Spektrum serapan UV-Vis degradasi fotokatalik <i>Congo red</i> pada sampel ZnO dengan variasi doping Ni .....	26
<b>Gambar 4.6</b> Persentase degradasi nanopartikel Ni doping ZnO.....	27
<b>Gambar 4.7</b> (a) Kinerja fotokatalis. (b) Kurva laju kinetik sampel ZnO dengan variasi doping Ni.....	28
<b>Gambar 4.8</b> Efisiensi sampel $Zn_{0,94}Ni_{0,05}O$ untuk variasi konsentrasi pewarna <i>Congo red</i> dalam lima kali siklus .....	29
<b>Gambar 4.9</b> Aktivitas antibakteri sampel ZnO doping nikel menunjukkan adanya diameter zona hambat terhadap bakteri <i>S. aureus</i> dan <i>E.coli</i> .....	30

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Parameter geometri nanopartikel Ni doping ZnO menggunakan model yang berbeda.....	24
<b>Tabel 4.2</b> Diameter zona hambat bakteri uji <i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i> terhadap sampel ZnO murni dan Ni doping ZnO .....	30

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1. Latar Belakang

Industri tekstil dengan kontribusi besarnya dalam pertumbuhan ekonomi menjadikannya sebagai salah satu sektor manufaktur yang penting di Indonesia. Dalam proses pewarnaan tekstil, sebagian besar zat warna yang digunakan akan terbuang sebagai limbah. Pada umumnya zat warna dari limbah cair industri tekstil merupakan suatu senyawa organik yang memiliki struktur aromatik sehingga sulit terdegradasi secara alamiah dan tentunya tidak ramah lingkungan. Aplikasi nanoteknologi pada bidang tekstil bertujuan untuk meningkatkan performa produk tekstil. Sifat-sifat khusus seperti antistatik, *self cleaning*, anti bakteri, anti ultraviolet dan lain sebagainya dapat dihasilkan melalui nanoteknologi[1]. Nanopartikel seng oksida banyak dikembangkan karena sifat-sifat uniknya seperti fotokatalitik [2], elektrik[3], optik[4], dan antibakteri[5]. Sifat-sifat tersebut dimiliki karena seng oksida merupakan material semi konduktor dengan celah pita lebar, yaitu 3.37 eV dan energi eksitasi sebesar 60 meV dan oleh karenanya seng oksida memperlihatkan aktivitas fotokatalitik yang sangat baik[6,7].

Fotokatalisis secara umum didefinisikan sebagai suatu reaksi kimia dari material katalis padat yang diaktivasi oleh adanya cahaya matahari. Selain itu fotokatalisis dapat juga didefinisikan sebagai suatu proses kombinasi antara fotokimia dan katalis, yaitu suatu proses transformasi kimiawi yang melibatkan cahaya sebagai pemicu dan katalis sebagai pemercepat proses transformasi tersebut. Fotokatalis memanfaatkan cahaya untuk mengaktifkan katalis yang kemudian bereaksi dengan senyawa kimia yang berada di permukaan katalis. Cahaya yang digunakan harus lebih besar dari celah energi material semikonduktor. Hal ini bertujuan agar material dapat menghasilkan pasangan elektron *-hole* yang kemudian mendegradasi senyawa-senyawa organik dan anorganik.

Material yang digunakan sebagai fotokatalis berupa semikonduktor. Material semikonduktor yang banyak dikembangkan saat ini adalah senyawa semikonduktor oksida logam. Salah satu dari material semikonduktor logam adalah seng oksida (ZnO).

Seng oksida memiliki sifat semikonduktor yang sangat baik, dengan celah pita lebar langsung 3,37 eV, energi ikat eksitasi yang besar (60 meV) pada suhu kamar dan stabilitas termal[8]. Selain aktifitas fotokatalitik, aktivitas antibakteri ZnO juga telah banyak dieksplorasi. Telah diteliti bahwa konsentrasi, ukuran dan suhu dari sintesis ZnO dapat mempengaruhi aktivitas antibakteri. Seperti yang telah dilaporkan oleh Enas N. Danial, dkk. (2020) nanopartikel ZnO dapat merusak membran *E. coli* yang menyebabkan kebocoran komponen sitosol dan membunuh sel-sel bakteri. Mereka melaporkan bahwa ZnO dapat merusak membran sel bakteri dengan hidrogen peroksida yang dihasilkan ZnO atau kedekatan antara ZnO dengan permukaan bakteri[5].

Penelitian Kezhen Qi, dkk. (2020) menunjukkan ZnO tanpa doping memiliki aktivitas fotokatalitik yang cukup baik yang terbukti mampu mendegradasi keberadaan bakteri *E.coli*. Hal ini dikarenakan ZnO merupakan bahan semikonduktor yang juga bersifat antibakterial yang dapat merusak membran dari sel mikroorganisme dengan hidrogen peroksida yang dihasilkan ZnO pada permukaan bakteri[1][9]. Dengan adanya penambahan doping Ag pada TiO<sub>2</sub> membuat aktivitas fotokatalitiknya menjadi lebih baik jika dibandingkan dengan tanpa doping[10][11].

Doping pengotor ZnO dapat mengontrol sifat dan meningkatkan aktivitas antibakteri[12]. Beberapa efek elemen doping pada aktivitas antibakteri ZnO telah diselidiki dalam literatur, seperti aktivitas antibakteri ZnO yang didoping Co, Fe, Ni, Sn, Ag dan Mg telah dilakukan[12][13].

Panchal dkk. (2020) telah berhasil mereduksi jumlah bakteri *E. Coli* dengan memanfaatkan kemampuan fotokatalik lapisan Zn-Ag dalam air persemaian bakteri. Hasil pengujian fotodegradasi bakteri menunjukkan adanya penurunan jumlah bakteri *E.coli* terhadap waktu pemaparan dibawah matahari pada sampel yang menggunakan lapisan ZnO/Ag. Penambahan 1% ZnO/Ag dapat bertindak sebagai kontak anti-bakteri, dapat membantu dalam merusak membran sel, protein, DNA, dan organ intraseluler lainnya seperti sistem respirasinya[14].

Mohammad Hassanpour dkk. (2019) telah mensintesis nanokomposit ZnO/Ni melalui metode glikotermal sederhana dengan hasil penelitian menunjukkan kehadiran nikel dalam tekstur nanokomposit memberikan sifat magnetik yang

selanjutnya dapat memfasilitasi perilaku katalitik sistem. Selain itu, sifat antibakteri dari struktur nano terhadap *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, dan *Candida albicans* menunjukkan perilaku katalitik positif dari nanokomposit yang memiliki diameter zona hambat masing-masing sekitar 15, 14 dan 9 mm. Hal ini menunjukkan bahwa efek antibakteri sampel lebih efektif dalam kasus *Pseudomonas aeruginosa* bakteri[15].

Ravichandran dan Karthick (2015) telah berhasil mensintesis ZnO doping Co dengan metode kopresipitasi dengan perbandingan atom 0 sampai 11%. Aktivitas antibakteri pada partikel ZnO/Co hasil sintesis diuji terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) dan *Escherichia coli* (*E. coli*) menggunakan metode difusi sumur agar. Hasil menunjukkan bahwa untuk aplikasi biomedis doping Co level 7% lebih efektif dan aktivitas antibakteri ini terbukti jauh lebih tinggi untuk *S. aureus* dibandingkan dengan mikroorganisme *E. coli* sehingga sangat potensial untuk aplikasi dalam biomedis[16].

Dalam penelitian ini, nanopartikel ZnO yang didoping Ni disintesis menggunakan metode kopresipitasi dengan perbandingan konsentrasi 0 hingga 11%. Struktur dan karakteristik nanopartikel dianalisis menggunakan XRD dan spektroskopi FTIR. Kinerja fotokatalitik diamati menggunakan spektrometer UV-Vis. Aktivitas antibakteri diuji dengan metode difusi agar menggunakan bakteri *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) dan *Escherichia coli* (*E. coli*).

## **I.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh variasi doping Ni terhadap sifat optik nanopartikel ZnO?
2. Bagaimana efektivitas fotokatalitik dan antibakteri nanopartikel ZnO yang didoping Ni?

## **I.3. Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis pengaruh variasi doping Ni terhadap sifat optik nanopartikel ZnO.
2. Menganalisis efektivitas fotokatalitik dan antibakteri nanopartikel ZnO yang didoping Ni.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1. Fotokatalik**

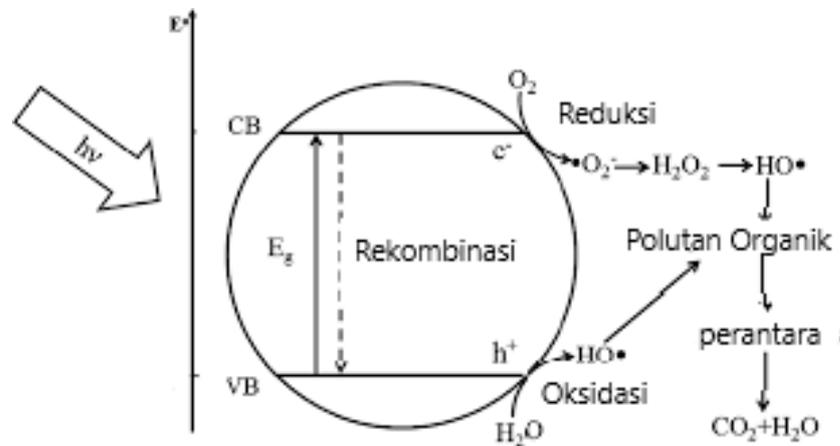
Aktivitas fotokatalik ZnO/Ni dievaluasi dengan dekadasi *Congo Red* dengan pengadukan konstan untuk menghindari pengendapan selama 24 jam. Pengujian dilakukan dengan menambahkan 0,2 gr kedalam 10 ml larutan congo red. Reactor fotokatalik adalah lampu halogen 300 W dengan emisi UV-Vis dan ditutup untuk menghindari efek cahaya eksternal palsu. Absorbansi larutan dipantau pada interval waktu tertentu menggunakan spektrofotometer UV-Vis[17].

Fotokatalisis secara umum di definisikan sebagai suatu reaksi kimia yang dibantu oleh adanya material katalis padat yang diaktivasi oleh adanya energi foton berupa cahaya matahari. Selain itu fotokatalis dapat juga didefinisikan sebagai suatu proses kombinasi antara fotokimia dan katalis, yaitu suatu proses transformasi kimiawi yang melibatkan cahaya sebagai pemicu dan katalis sebagai pemercepat proses transformasi tersebut.

Material semikonduktor dapat dimanfaatkan dalam proses fotokatalisis. Kriteria yang diperlukan dari bahan semikonduktor untuk dapat digunakan sebagai fotokatalisis antara lain bersifat fotoaktif, mampu memanfaatkan cahaya tampak atau ultraviolet, bersifat lembam (inert) secara biologis dan kimiawi, dan bersifat fotostabil (stabil terhadap cahaya). Bahan semikonduktor juga memiliki kemampuan fotokatalitik sehingga ketika terkena cahaya pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) tertentu akan menjadi oksidator yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana[18].

Secara umum, fenomena fotokatalisis pada permukaan semikonduktor dapat dijelaskan pada Gambar 2.1. Jika suatu semikonduktor tipe n dikenai cahaya ( $h\nu$ ) dengan energi melebihi celah pita energi material semikonduktor, maka electron ( $e^-$ ) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi dan meninggalkan lubang positif (hole) pada pita valensi. Sebagian besar pasangan elektron-hole ( $e^-$  dan  $h^+$ ) akan berkombinasi kembali, baik dipermukaan ataupun

didalam bulk partikel. Sedangkan sebagian lain dari pasangan  $e^-$  dan  $h^+$  dapat bertahan sampai pada permukaan semikonduktor dimana pada akhirnya  $h^+$  dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan dilain pihak  $e^-$  akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan semikonduktor[19].



**Gambar 2.1.** Mekanisme fotokatalis

Apabila didasarkan pada prinsip mekanisme yang berlangsung, jika material fotokatalis ZnO dikenai suatu foton dengan energi sebesar  $h\nu$  yang sesuai dengan energi celah pita, maka akan terjadi eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi disertai pembentukan hole atau lubang elektron pada permukaan fotokatalis. Permukaan ini akan bersifat aktif redoks dan dapat mengoksidasi substrat organik sehingga menghasilkan radikal dari senyawa organik. Selain itu, permukaan aktif dapat berinteraksi dengan pelarut sehingga menghasilkan radikal OH $\cdot$ . Proses fotodegradasi akan diawali dengan oksidasi ion OH dari  $H_2O$  membentuk radikal, setelah suatu semikonduktor ZnO menyerap cahaya membentuk hole atau lubang elektron[19].

## II.2. Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida (ZnO) adalah bahan semikonduktor yang memiliki karakteristik celah pita energi sebesar 3,36 eV dan energi ikat eksiton yang besar 60 meV pada suhu ruang. Sebagai bahan semikonduktor, ZnO memiliki potensi pengaplikasian dalam berbagai bidang seperti optik, elektronik, biosensor, fotokatalitik, sel surya, mikroelektronika, penginderaan, perbaikan lingkungan, dan biomedis. Nanopartikel seng oksida merupakan salah satu dari material

nanopartikel semikonduktor yang banyak dikembangkan baru-baru ini. Nanopartikel seng oksida banyak dikembangkan dalam bidang teknologi nano karena memiliki sifat mekanik, elektrik, dan optik yang dapat diaplikasikan diantaranya untuk sel surya, katalis, film tipis pelindung UV, dan sensor gas. Nanopartikel seng oksida memiliki banyak cara untuk mensintesisnya diantaranya dengan metode kimiawi basah, *sol gel*, *spray pyrolysis*, *physical vapor deposition*, *solvothermal*, dan *hydrothermal*[20]. Pencarian metode baru dalam menghasilkan partikel ZnO berukuran nano sangat penting untuk diteliti dan dipelajari sebagai bahan dasar dalam pembuatan aplikasi-aplikasi tersebut. Beberapa metode yang dilakukan untuk mendapatkan nanopartikel ZnO yaitu dekomposisi termal, *chemical vapor deposition*, sol gel, spray pyrolysis, dan presipitasi masih dikembangkan untuk fabrikasi ZnO nanopartikel dengan morfologi dan ukuran yang seragam [21].

ZnO adalah material penting untuk komponen optoelektronik dan laser UV pada temperatur ruangan. ZnO menarik dikembangkan karena memiliki efisiensi yang tinggi sebagai *low-voltage phosphor*. ZnO adalah material yang sukar larut dalam air dan alkohol namun larut dalam asam. Material optoelektronik ini peka terhadap susunan kesempurnaan kristal dan morfologi permukaannya. Efisiensi emisi foton menurun secara cepat dengan naiknya rekombinasi nonradiatif. Kristalinitas film ZnO ditentukan tidak hanya oleh proses pertumbuhan partikel ZnO, tapi juga dipengaruhi oleh dopan, impuritas, surfaktan, dan *surface modifier*. Beberapa metode seperti *hydrothermal* dan *solvothermal* telah digunakan untuk membentuk nanopartikel ZnO. Secara umum spektrum ZnO terdiri dari dua pita, yaitu *near band edge (NBE) excitonic UV emission* dan *defect related deep level emission (DLE)* pada sekitar warna pita hijau-kuning dari 2,9 eV sampai 1,65 eV dan pita ini hampir mengcover keseluruhan jangkauan *visible light* dari spektrum gelombang elektromagnetik[21].

### **II.3. Nikel (Ni)**

Nikel adalah unsur kimia metalik dalam tabel periodik yang memiliki symbol Ni dan nomor atom 28. Nikel adalah logam berwarna putih keperak-perakan sedikit semburat keemasan. Nikel termasuk logam transisi, dan memiliki

sifat keras serta ulet[22]. Nikel juga tergolong dalam grup logam besi-kobalt, yang dapat menghasilkan paduan yang sangat berharga[23]. Nikel murni berbentuk bubuk untuk memaksimalkan luas permukaan reaktif, memiliki aktivitas kimia yang signifikan, tetapi potongan yang besar lambat bereaksi dengan udara dalam kondisi normal karena lapisan teroksidasi terbentuk di permukaan dan mencegah korosi lebih lanjut (pasivasi). Meski begitu, nikel murni hanya ditemukan di kerak bumi dalam jumlah kecil, biasanya di batuan ultrabasa dan di dalam meteorit besi atau siderit yang tidak terpapar oksigen saat berada di luar atmosfer bumi.

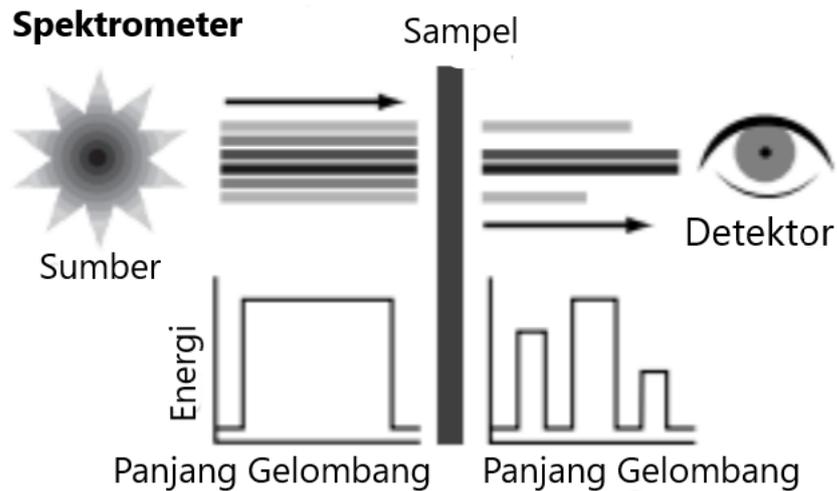
Perpaduan nikel, krom dan besi menghasilkan baja tahan karat (stainless steel) yang banyak diaplikasikan pada peralatan dapur (sendok, dan peralatan memasak), ornamen-ornamen rumah dan gedung, serta komponen industri. Nikel penting di zaman modern, terutama untuk paduan; sekitar 68% digunakan untuk baja tahan karat. 10% digunakan untuk paduan nikel–tembaga, 7% untuk baja paduan, 3% untuk pengecoran, 9% untuk pelapisan dan 4% dalam penggunaan lain, yang termasuk sektor baterai yang cepat berkembang. Sebagai suatu senyawa, nikel memiliki kegunaan pembuatan bahan kimia khusus, seperti katalis untuk hidrogenasi, katoda untuk baterai, pigmen, dan perawatan permukaan logam. Nikel merupakan nutrisi yang penting untuk sebagian mikroorganisme dan tumbuhan yang memiliki enzim dengan nikel sebagai situs aktifnya[24]. Nikel memiliki peran penting dalam kehidupan beberapa tumbuhan, eubacteria, archaeobacteria, dan jamur. Nikel dari makanan dapat mempengaruhi kesehatan manusia melalui infeksi dari bakteri yang bergantung pada nikel, tetapi nikel mungkin merupakan nutrisi penting untuk bakteri yang berada di usus besar, yang berfungsi sebagai prebiotik. US Institute of Medicine belum mengkonfirmasi bahwa nikel adalah nutrisi penting bagi manusia, oleh karena itu asupan kebutuhan gizi (AKG) maupun Asupan yang Memadai belum ditetapkan. Batas atas asupan dari nikel dari makanan adalah 1000  $\mu\text{g}/\text{hari}$  sebagai garam nikel terlarut. Asupan nikel dari makanan diperkirakan adalah 70 sampai 100  $\mu\text{g}/\text{hari}$ , dimana kurang dari 10% diserap. Jumlah yang diserap diekskresikan dalam urine[25].

#### **II.4. Zat Warna Congo Red**

*Congo red* mempunyai rumus molekul  $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$ . Nama IUPAC dari *congo red* adalah natrium benzidindiazo-bis-1-naftilamin-4-sulfonat. Senyawa ini memiliki berat molekul 696,67 gr/mol. Dalam air, *congo red* membentuk koloid berwarna merah. Kelarutan *congo red* sangat baik pada pelarut organik, seperti etanol. Warna merah yang dihasilkan *congo red* dapat diamati melalui alat spektrofotometer. Spektra *congo red* menunjukkan karakteristik pada puncak sekitar 498 nm. Dalam larutan *congo red* dapat digunakan sebagai indikator pH 3,0-5,2. *Congo red* cenderung membentuk agregat dalam larutan organik dan air. Sehingga agregat ini memberikan ukuran dan bentuk yang bervariasi. *Congo red* banyak digunakan dalam industri selulosa seperti industri kain katun dan industri kertas. *Congo red* dapat menyebabkan alergi seperti *anaphylactic shock* bahkan dapat menyebabkan kanker[26].

#### **II.5. Fourier Transform Infra Red (FTIR)**

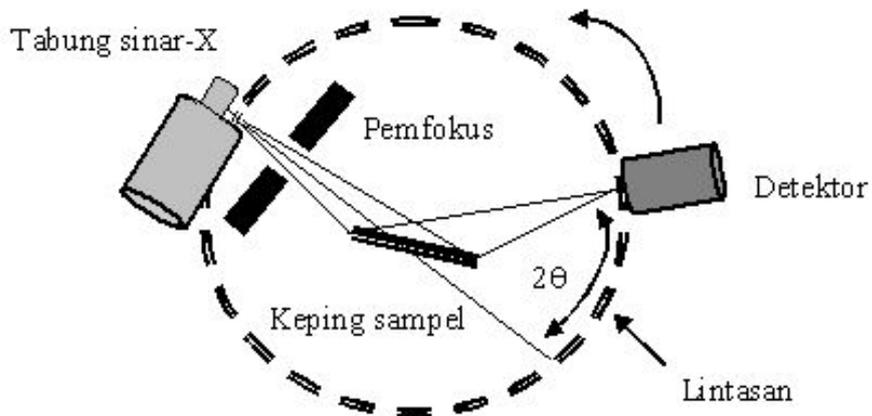
FTIR merupakan instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya[27]. Spektroskopi inframerah berfungsi untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak. Spektroskopi FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh. Prinsip kerja FTIR berupa infrared yang melewati celah kesampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos kedetektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim kekomputer [28].



**Gambar 2.2** Skema pengujian FTIR

### II.6. X- ray diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X adalah metode yang sangat penting untuk mengkarakterisasi struktur kristal material. Teknik ini biasanya dapat digunakan untuk analisis parameter kisi kristal tunggal, atau tahap tersebut, tekstur atau bahkan stres analisis bahan polikristalin (seperti serbuk). Teknik ini banyak digunakan dalam penelitian dan pengembangan aplikasi dan penggunaannya untuk produksi atau masalah pengendalian mutu juga tumbuh, manfaat dari perkembangan *hardware* dan *software* untuk kemampuan *throughput* tinggi.



**Gambar 2.3.** Skema XRD

Salah satu teknik yang digunakan untuk menentukan struktur suatu padatan kristalin adalah metode difraksi sinar-X serbuk (*X- ray powder diffraction*). Sampel berupa serbuk padatan kristalin yang memiliki ukuran kecil dengan

diameter butiran kristalnya sekitar  $10^{-7} - 10^{-4}$  m ditempatkan pada suatu plat kaca. Sinar-X diperoleh dari electron yang keluar dari filamen panas dalam keadaan vakum pada tegangan tinggi, dengan kecepatan tinggi menumbuk permukaan logam, biasanya tembaga (Cu)[29].

Sinar-X tersebut menembak sampel padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang didifraksikan oleh sampel. Sampel serbuk atau padatan kristalin memiliki bidang-bidang kisi yang tersusun secara acak dengan berbagai kemungkinan orientasi, begitu pula partikel-partikel kristal yang terdapat di dalamnya. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut memiliki beberapa sudut orientasi sudut tertentu, sehingga difraksi sinar-X memenuhi Hukum Bragg persamaan (2.1) dari [30] sebagai berikut:

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.1)$$

dengan ;  $n$  : orde difraksi ( 1,2,3,...)

$\lambda$  : Panjang sinar-X

$d$  : Jarak kisi

$\theta$  : Sudut difraksi

Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai  $2\theta$  tertentu. Besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut. Pola difraksi setiap padatan kristalin sangat khas, yang bergantung pada kisi kristal, unit parameter dan panjang gelombang sinar-X yang digunakan. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan dihasilkan pola difraksi yang sama untuk suatu padatan kristalin yang berbeda. Ukuran kristal rata-rata dapat dihitung dengan pelebaran puncak puncak difraksi menggunakan persamaan Scherrer (2.2) dari [31]:

$$D = K\lambda/\beta \cos\theta \quad (2.2)$$

dimana  $D$  adalah ukuran kristal,  $\lambda$  adalah panjang gelombang dari berkas sinar-X yang datang,  $\beta$  adalah lebar penuh pada setengah dari intensitas maksimum puncak refleksi, dan  $K$  adalah konstanta Scherrer[29][32].

## II.7. Spektrofotometer Ultra Violet-Visible

Spektrofotometer Ultra Violet-Visible (UV-Vis) merupakan spektrofotometer yang digunakan untuk pengukuran didaerah ultra violet dan didaerah tampak. Spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu dari sekian banyak instrumen yang biasa digunakan dalam menganalisa suatu senyawa kimia. Spektrofotometer umum digunakan karena kemampuannya dalam menganalisa begitu banyak senyawa kimia serta kepraktisannya dalam hal preparasi sampel apabila dibandingkan dengan beberapa metode analisa. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar saat analisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibanding kualitatif. Spektrofotometri UV-vis adalah pengukuran serapan cahaya di daerah ultraviolet (200 –350 nm) dan sinar tampak (350 – 800 nm) oleh suatu senyawa. Serapan cahaya uv atau cahaya tampak mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Dimana detektor dapat mengukur intensitas cahaya yang dipancarkan secara tidak langsung cahaya yang diabsorbsi.

Penentuan nilai energi gap semikonduktor dapat dilakukan dengan membuat ekstrapolasi pada daerah linier dari grafik hubungan antara  $(\alpha hv)^2$  sebagai absis (sumbu y) terhadap  $hv$  sebagai ordinat (sumbu x) berdasarkan persamaan Plot Touc (2.3) dari [30][33] :

$$\alpha hv = C(hv - E_g)^{n/2} \quad (2.3)$$

dengan :

C = konstanta

n = bilangan yang bergantung sifat transisi

$\alpha$  = koefisien absorbansi

$hv$  = energi Foton (eV)

Kemudian dalam penentuan nilai energi foton semikonduktor dihitung berdasarkan persamaan (2.4) dari [34][35]:

$$E_g = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.4)$$

dengan :

h = tetapan Planck ( $6,63 \times 10^{-34}$  J.s atau  $4.14 \times 10^{-15}$  eV)

$c = \text{kecepatan cahaya } (3 \times 10^8 \text{ m/s})$

$l = \text{panjang gelombang (m)}$

Dengan melakukan ekstrapolasi bagian linier kurva  $(\alpha h\nu)^2$  terhadap  $h\nu$  memotong absis, diperoleh nilai energi yang dinamakan celah energi ( $E_g$ ). Ekstrapolasi dilakukan pada daerah kurva yang meningkat tajam, dimana daerah tersebut menyatakan terjadinya transisi langsung[36].

## **II.8. Metode Kopresipitasi**

Metode kopresipitasi merupakan metode yang menjanjikan karena prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah untuk mengontrol ukuran partikel sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat. Metode ini didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama ketika melewati titik jenuh. Beberapa zat yang paling umum digunakan sebagai zat pengendap dalam kopresipitasi adalah hidroksida, karbonat, sulfat dan oksalat.

Pada kopresipitasi, material-material dasar diendapkan bersama secara stoikiometri dengan reaktan tertentu. Suatu partikel bulat haruslah berdiameter lebih besar  $10^{-6}$  m agar mengendap dalam larutan sebagai endapan. Metode yang dilakukan adalah dengan tahap pelarutan dengan aquades, pengeringan dan pencucian. Kopresipitasi termasuk rekristalisasi dimana ada tujuh metode dalam rekristalisasi yaitu : memilih pelarut, melarutkan zat terlarut, menghilangkan warna larutan, memindahkan zat padat, mengkristalkan larutan, mengumpulkan dan mencuci kristal, mengeringkan produknya (hasil).

Ada beberapa hal yang dapat dilakukan analisis untuk meminimalkan kopresipitasi bersama endapan kristal. Ion pengotor akan hadir dalam konsentrasi yang lebih rendah selama pengendapan. Bila zat cair didinginkan, gerakan translasi molekul-molekul menjadi lebih kecil dan gaya molekul lebih besar. Hingga setelah pengkristalan molekul mempunyai kedudukan tertentu dalam kristal. Panas yang terbentuk pada pengkristalan disebut panas pengkristalan. Selama pengkristalan temperatur tetap, disini terjadi kesetimbangan temperatur akan turun lagi pengkristalan selesai. Peristiwa kebalikan dari pengkristalan disebut peleburan [22].

## II.9. Mekanisme Antibakteri

Antibakteri merupakan obat pembasmi bakteri, khusus nya bakteri patogen yang dapat merugikan manusia. Antibakteri adalah zat yang dihasilkan oleh suatu mikroba yang dapat menghambat pertumbuhan atau dapat membasmi jenis mikroba lain. Obat yang dapat digunakan untuk membasmi mikroba memiliki ketentuan yaitu harus memiliki sifat toksisitas selektif setinggi mungkin. Artinya, obat tersebut haruslah bersifat sangat toksik untuk mikroba tapi tidak toksik untuk hospes. Berdasarkan sifat toksisitas selektif, dibagi menjadi dua yaitu antibakteri yang mempunyai sifat menghambat pertumbuhan bakteri (aktivitas bakteriostatik) dan antibakteri yang mempunyai sifat membunuh bakteri (aktivitas bakterisid). Dalam menghambat pertumbuhan bakteri ataupun membunuhnya, terdapat kadar minimal. Kadar minimal tersebut masing-masing dikenal sebagai kadar hambat minimal (KHM) dan kadar bunuh minimal (KBM). Antimikroba tertentu dapat meningkatkan aktivitasnya dari bakteriostatik menjadi bakterisid apabila kadar antimikrobanya ditingkatkan melebihi kadar hambat minimal (KHM).

Salah satu metode pengujian antibakteri yaitu metode difusi agar yaitu banyak digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antimikroba dari tanaman atau ekstrak mikroba. Permukaan plat agar diinokulasi dengan cara menyebarkan volume inokulum mikroba ke seluruh permukaan agar. Lalu, lubang dengan diameter 6-8 mm ditekan secara aseptik dengan *cork borer steril* atau tip, dan dengan volume (20-100  $\mu\text{g/mL}$ ) dari agen antimikroba atau larutan ekstrak dengan konsentrasi yang diinginkan ini dimasukkan ke dalam sumur. Kemudian, plat agar diinkubasi dalam kondisi yang sesuai tergantung pada mikroorganisme uji. Agen antimikroba berdifusi dalam media agar dan menghambat pertumbuhan strain mikroba uji [37].

Dalam penelitian sebelumnya menunjukkan aktivitas antibakteri nanopartikel ZnO yang didoping Ni dan ukuran zona penghambatan terbentuk di sekitar setiap disk. Di antara berbagai konsentrasi doping Ni dalam ZnO, 15% nanopartikel ZnO yang didoping Ni menunjukkan aktivitas antibakteri tertinggi. Semakin besar jumlah oksigen reaktif spesies terutama dikaitkan dengan pembentukan lebih banyak kekosongan oksigen dan kemampuan difusi dari

molekul reaktan. Efek antibakteri dari nanopartikel ZnO terutama disebabkan oleh oksigen lowongan tergantung pada  $Zn^{2+}$  ion.

Penghambatan aktivitas antibakteri dapat dijelaskan dengan menggunakan analisis optik. Menerangi sampel dengan UV atau cahaya tampak berarti menciptakan pasangan elektron-lubang. lubang-lubangnya membagi  $H_2O$  ( $OH^-$  dan  $H^+$ ) molekul dari suspensi ZnO. Molekul oksigen terlarut adalah diubah menjadi anion radikal superoksida ( $O^{\cdot -2}$ ), yang kemudian bereaksi dengan  $H^+$  menghasilkan ( $HO_2$ ) radikal, yang setelah tumbukan berikutnya dengan elektron yang menghasilkan anion hidrogen peroksida ( $HO^{\cdot -2}$ ). Kemudian bereaksi dengan ion hidrogen untuk menghasilkan molekul  $H_2O_2$ .  $H_2O_2$  yang dihasilkan dapat menembus membran sel dan membunuh bakteri[38]. Namun, kelebihan oksigen reaktif spesies yang diproduksi selama reaksi, bertahan terhadap antioksidan alami mengalami kelelahan, yang menyebabkan beberapa cedera sub seluler seperti denaturasi protein, kerusakan membran dan DNA. Pada penelitian sebelumnya, nanopartikel ZnO yang didoping Ni menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih baik daripada yang tidak didoping ZnO. Semakin banyak daerah hambat yang diamati pada bakteri gram negatif relatif lebih banyak rentan terhadap bakteri gram positif [39]

## **II.10. Staphylococcus Aureus**

*Staphylococcus aureus* (*S.aureus*) merupakan salah satu bakteri Gram positif berbentuk bulat berdiameter 0,7-1,2  $\mu m$ , tersusun dalam kelompok-kelompok yang tidak teratur seperti buah anggur, non motil, tidak membentuk spora, dapat tumbuh pada berbagai media pada suasana aerob dan memproduksi katalase yang merupakan bakteri patogen bagi manusia. Bakteri ini tumbuh pada suhu optimum 37 °C, tetapi membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar (20-25 °C). Koloni pada perbenihan padat berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau. Bakteri ini dapat memfermentasikan beberapa karbohidrat dan dapat menghasilkan pigmen yang berwarna, tidak larut dalam air.

*S.aureus* mengandung polisakarida dan protein yang bersifat antigenik. Antigen ini merupakan kompleks peptidoglikan asam teikhoat dan dapat menghambat fagositosis dan bagian ini yang diserang bakteriofaga. Selain itu

bakteri ini juga bersifat lisogenik yaitu mengandung faga yang tidak berpengaruh pada dirinya sendiri, tetapi menyebabkan lisis pada anggota dari spesies sama. *S.aureus* merupakan kuman patogen yang bersifat invasif, penyebab hemolisis, membentuk koagulase, mencairkan gelatin, membentuk pigmen kuning emas. *Staphylococcus aureus* umumnya dapat memfermentasi manitol dan menghemolisis sel darah merah. Setiap jaringan ataupun organ tubuh dapat terinfeksi dan menyebabkan timbulnya penyakit dengan tanda-tanda khas yaitu peradangan lokal, nekrosis, dan pembentukan abses. Pada penyebaran ke bagian tubuh lain melewati pembuluh getah bening dan pembuluh darah. Infeksinya dapat berupa furunkel yang ringan pada kulit sampai berupa suatu piemia yang fatal, serta keracunan makanan, dan toxic shock syndrome. Umumnya bakteri ini menimbulkan penyakit yang bersifat sporadic[40].

### **II.11. Escherichia coli**

*Escherichia coli* (*E.coli*) merupakan bakteri batang gram negatif, tidak berspora, motil berbentuk flagel peritrik, berdiameter  $\pm (1,1 - 1,5) \mu\text{m} \times (0,2 - 0,6) \mu\text{m}$ . *E. coli* dapat bertahan hidup di medium sederhana menghasilkan gas dan asam dari glukosa dan memfermentasi laktosa. Pergerakan bakteri ini motil, tidak motil, dan peritrikus, ada yang bersifat aerobik dan anaerobik fakultatif. Bakteri *E. coli* adalah satu jenis spesies utama bakteri gram negatif fakultatif anaerobik yang mempunyai alat gerak berupa flagel dan tersusun dari sub unit protein yang disebut flagelin, yang mempunyai berat molekul rendah dengan ukuran diameter 12-18 nm dan dengan panjang 12 nm, kaku dan berdiameter lebih kecil dan tersusun dari protein, pili dapat berfungsi sebagai jalan pemindahan DNA saat konjugasi. Selain itu, mempunyai kapsul atau lapisan lendir yang merupakan polisakarida tebal dan air yang melapisi permukaan luar sel [41].

Bakteri *E. coli* mempunyai tiga jenis antigen, yaitu antigen O, antigen K dan antigen H. Antigen-O yang merupakan inti dari lipopolisakarida dan unit-unit polisakarida, biasanya antigen-O berhubungan dengan penyakit khusus pada manusia, misalnya tipe spesifik O dari *E. coli* ditemukan pada diare. Antigen-K yang merupakan kapsul dari polisakarida, sedangkan antigen-H merupakan antigen flagella [42].

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **III.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Material dan Energi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

#### **III.2. Alat dan Bahan Penelitian**

##### **III.2.1. Alat**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi alat sintesa dan karakterisasi. Alat-alat sintesa yang digunakan meliputi:

- |                                         |                                                        |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| a. Furnance                             | h. Corong kaca                                         |
| b. Magnetic Stirrer dan<br>Magnetic Bar | i. Kertas Saring Whatman<br>( <i>Filter Paper 42</i> ) |
| c. Neraca Ohaus Digital<br>(Sartorius)  | j. Kertas PH                                           |
| d. Gelas Ukur 100 ml                    | k. Batang pengaduk kaca 15 cm                          |
| e. Gelas Kimia 250 ml                   | l. Cawan Kursible 30 mL                                |
| f. Pipet Tetes                          | m. Cawan petri                                         |
| g. Stopwatch                            | n. Lampu Halogen 300 W                                 |

Alat-alat karakterisasi yang digunakan meliputi:

- a. XRD
- b. FT-IR
- c. UV-Vis

##### **III.2.2. Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah:

- a. *Zinc Acetate Dihydrate* ( $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
- b. *Nickel (II) Nitrate Hexahydrate* ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )
- c. NaOH
- d. *Congo red*
- e. Aquabides