

**KINETIKA PERTUMBUHAN KRISTAL DAN  
STABILITAS DISPERSI NANOPARTIKEL ZnO  
DALAM AIR**

**THE KINETICS OF CRYSTAL GROWTH AND THE  
STABILITY OF ZnO NANOPARTICLE DISPERSION IN  
WATER**

**BULKIS  
N111 16 336**



**PROGRAM STUDI FARMASI  
FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

**KINETIKA PERTUMBUHAN KRISTAL DAN STABILITAS DISPERSI  
NANOPARTIKEL ZnO DALAM AIR**

**THE KINETICS OF CRYSTAL GROWTH AND THE STABILITY OF ZnO  
NANOPARTICLE DISPERSION IN WATER**

SKRIPSI

untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi  
syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana

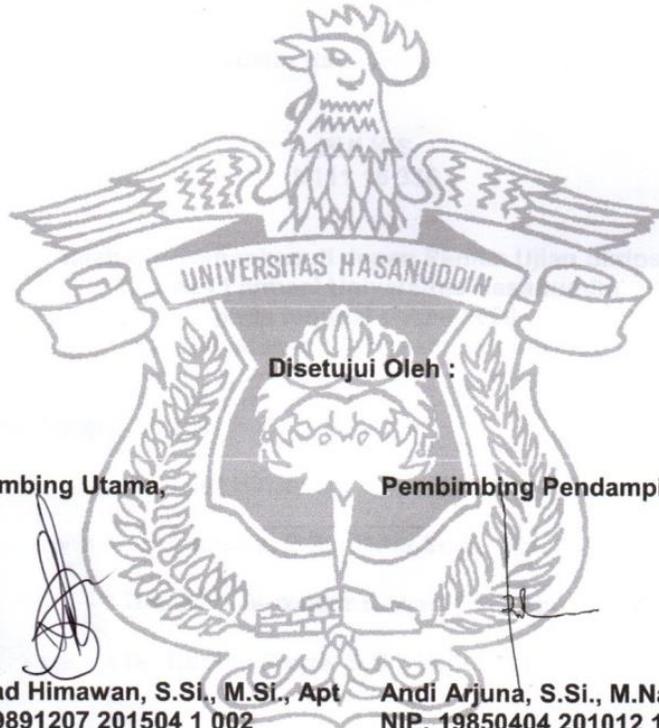
**BULKIS**  
**N111 16 336**

**PROGRAM STUDI FARMASI  
FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

**KINETIKA PERTUMBUHAN KRISTAL DAN STABILITAS DISPERSI  
NANOPARTIKEL ZnO DALAM AIR**

**BULKIS**

**N111 16 336**



**Pada tanggal, Juni 2020**

**SKRIPSI**

**KINETIKA PERTUMBUHAN KRISTAL DAN STABILITAS DISPERSI  
NANOPARTIKEL ZnO DALAM AIR**

**THE KINETICS OF CRYSTAL GROWTH AND THE STABILITY OF ZnO  
NANOPARTICLE DISPERSION IN WATER**

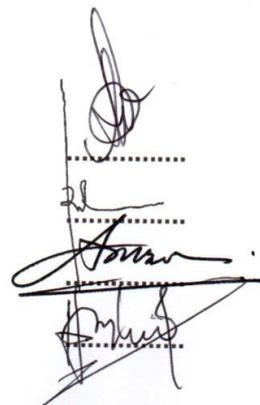
Disusun dan diajukan oleh :

**BULKIS  
N111 16 336**

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Skripsi  
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin  
pada tanggal Juni 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Panitia Penguji Skripsi**

1. Ketua : Achmad Himawan, S.Si., M.Si., Apt.
2. Sekretaris : Andi Arjuna, S.Si., M.Na.Sc.T., Apt.
3. Anggota : Drs. Abd. Muzakkir Rewa, M.Si., Apt.
4. Anggota : Dr. Herlina Rante, S.Si., M.Si., Apt.



Mengetahui,  
Dekan Fakultas Farmasi  
Universitas Hasanuddin



Subehan, S.Si., M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt.  
NIP. 19750925 200112 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar adalah hasil karya saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa pernyataan saya ini tidak benar, maka skripsi dan gelar yang diperoleh batal demi hukum.

Makassar, Juni 2020

Yang menyatakan



N111 16 336

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas segala nikmat rahmat, karunia, hidayah, dan taufik-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Kinetika Pertumbuhan Kristal dan Stabilitas Dispersi Nanopartikel ZnO dalam Air” ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program S1 pada program studi S1 Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini ada banyak pihak yang terlibat memberikan doa dan dukungan, bantuan bahkan nasihat yang tiada hentinya. Pada kesempatan ini, izinkan penulis mengucapkan dengan tulus rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dosen Pembimbing penulis, Bapak Achmad Himawan, S.Si., M.Si., Apt. sebagai Pembimbing Utama dan Bapak Andi Arjuna, S.Si., M.Na.Sc.T., Apt. sebagai Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan ilmunya kepada penulis mulai dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
2. Tim Penguji, Bapak Drs. Abd. Muzakkir Rewa, M.Si., Apt. dan Ibu Dr. Herlina Rante, S.Si., M.Si., Apt. yang telah memberikan arahan, kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
3. Dekan dan Wakil Dekan Farmasi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kontribusi dalam pengembangan mutu dan kualitas dari

Fakultas Farmasi sehingga kami dapat menikmati hasil dari apa yang telah dikerjakan.

4. Kedua orang tua, Ayahanda Ahyuddin dan Ibunda tercinta Hasnah yang senantiasa memberi dukungan, doa dan motivasi kepada penulis hingga mampu menyelesaikan tiap tahap penyusunan skripsi dengan mudah. Terima kasih juga telah menjadi pendidik pertama dalam kehidupan penulis. Semoga Allah senantiasa menjaga kalian dan membalas segala jerih payah yang telah ditorehkan kepada penulis.
5. Penasihat Akademik yang terhormat Ibu Dra. Rosany Tayeb, M.Si., Apt. sebagai orangtua penulis di kampus yang senantiasa memberikan saran dan nasihat dari awal perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir.
6. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Farmasi yang telah memberikan ilmu, nasihat, dan pengalaman selama penulis menjalani perkuliahan, juga kepada pegawai staf yang telah membantu penulis.
7. Laboran Ibu Sumiati Toba dan teman-teman Korps Asisten Farmasetika yang telah membantu penulis dalam penelitian.
8. Teman-teman angkatan 2016 (*NEOSTIGMINE*) yang telah bersama-sama dengan penulis berjuang di Fakultas Farmasi guna kelak dapat bermanfaat bagi orang lain.
9. Teman-teman Korps Asisten Farmakognosi-Fitokimia telah menjadi wadah belajar bersama dan sukarela berbagi ilmu serta pengalaman kepada orang lain.

10. Keluarga seperjuangan pengurus LD-Salsabil FF-UH, khususnya Julia Citra Prastika, Vidya Amaliatul Jannah, Nadila Pratiwi Latada, Reski Amalia Rosa, Magfirah, dan Sri Wahyuni yang selalu mengingatkan penulis untuk senantiasa istiqamah dan belajar arti kesabaran.
11. Saudara penulis yaitu Ahmad Gazali, Nasrullah, Nur Kalsum, dan Putri Berlian. Terima kasih atas kebersamaannya dan berusaha kompak dalam keluarga kecil walau dengan berbagai macam karakteristik.

Kepada pihak yang tidak sempat disebutkan namanya, semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* senantiasa memberikan Rahmat Nya kepada kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga perlu adanya saran dan kritik dari semua pihak. Kiranya skripsi ini dapat memberi manfaat untuk kita semua.

Makassar, Juni 2020.

Bulkis

## ABSTRAK

**Bulkis.** *Kinetika Pertumbuhan Kristal dan Stabilitas Dispersi Nanopartikel ZnO dalam Air* (dibimbing oleh Achmad Himawan dan Andi Arjuna).

*Bioimaging* (aplikasi pencitraan) merupakan suatu aplikasi deteksi biologis yang saat ini mulai dikembangkan dalam dunia kesehatan yang memanfaatkan nanopartikel dalam penerapannya dan untuk mendapatkan fungsi optimal dari nanopartikel maka perlu dilakukan perbaikan sintesis dengan melihat parameter kinetika pertumbuhan kristal dan stabilitas dispersi nanopartikel seng oksida (ZnO) dalam air. Penelitian nanopartikel ZnO ini dilakukan menggunakan metode kopresipitasi dengan  $ZnCl_2$  dan NaOH sebagai prekursor yang dikarakterisasi dengan instrumen UV-Vis dan *Powder XRD*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis kecepatan kinetika pertumbuhan kristal dipengaruhi oleh waktu pengadukan sintesis setelah ditetesi oleh agen pengendap NaOH dengan absorbansi maksimal pada pengukuran di menit 120 sebesar 0,293. Semakin bertambahnya waktu, nilai absorbansi larutan semakin meningkat begitupun dengan energi celah pita (*band gap*) nanopartikel. Adapun analisis stabilitas hasil difraktometer XRD menunjukkan nanopartikel yang tidak begitu murni karena adanya difraksi senyawa lain dan dari pengukuran absorbansinya setiap minggu cenderung meningkat begitupun dengan ukuran partikel meningkat seiring lamanya waktu penyimpanan hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh perubahan stabilitas partikel pada masa penyimpanan.

Kata kunci : *bioimaging*, nanopartikel ZnO, pertumbuhan kristal, stabilitas dispersi

## ABSTRACT

**Bulkis.** *Crystal Growth Kinetics and Stability of ZnO Nanoparticle Dispersion in Water* (supervised by Achmad Himawan and Andi Arjuna).

Bioimaging (imaging application) is a biological detection application that is currently being developed in the world of health using nanoparticles in its application and to get optimal function from nanoparticles it is necessary to do synthesis by looking at the kinetics parameters of crystal growth and dispersion of zinc oxide nanoparticles (ZnO) in water. This ZnO nanoparticle study was carried out using the coprecipitation method with  $ZnCl_2$  and NaOH as precursors that were characterized by UV-Vis and XRD Powder instruments. The results showed the analysis of crystal growth kinetics by synthesis stirring time after dropping by NaOH precipitating agent with maximum absorbance at measurements at 120 minutes was 0.293. The higher the time, that showing higher the absorbance value, the higher the nanoparticle band gap energy. The stability analysis of the XRD diffractometer results showed the nanoparticles are not so pure because there is other diffraction and and from absorbance measurements every week tends to increase with increasing number of particles which increases according to the amount needed.

Keywords: bioimaging, ZnO nanoparticles, crystal growth, dispersion stability

## DAFTAR ISI

	halaman
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR INISIAL SATUAN DAN SINGKATAN	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
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 <i>Bioimaging</i> (Pencitraan)	4
II.2 Nanopartikel ZnO	5
II.2.1 Pengertian Nanopartikel	5
II.2.2 Sifat dan Karakteristik ZnO	5
II.2.3 Sintesis Nanopartikel	7
II.2.4 Kegunaan Nanopartikel	9
II.2.5 Kinetika Pertumbuhan Kristal Nanopartikel	10

	halaman
II.2.6 Stabilitas Dispersi Nanopartikel ZnO	11
II.3 Karakterisasi Nanopartikel	12
II.3.1 Instrumen <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	12
II.3.2 Spektrofotometri UV-Vis	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>16</b>
III.1 Alat dan Bahan	16
III.2 Metode Kerja	16
III.2.1 Penyiapan Nanopartikel ZnO	16
III.2.1.1 Pembuatan Larutan ZnCl <sub>2</sub>	16
III.2.1.2 Pembuatan Larutan NaOH	17
III.2.1.3 Prosedur Sintesis Nanopartikel ZnO	17
III.2.2 Penentuan Kinetika Pertumbuhan Kristal Nanopartikel ZnO	17
III.2.3 Uji Stabilitas Dispersi Nanopartikel ZnO dalam Air	17
III.2.3.1 Analisis <i>band gap</i> dan Absorbansi pada Daerah UV-Vis	17
III.2.3.2 Pengujian Difraksi Sinar-X	18
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>19</b>
IV.1 Sintesis Nanopartikel ZnO	20
IV.2 Analisis Kinetika Pertumbuhan Kristal Nanopartikel ZnO	21
IV.3 Uji Stabilitas Dispersi Nanopartikel ZnO	25
IV.3.1 Analisis <i>band gap</i> dan Absorbansi di Daerah UV-Vis	25
IV.3.2 Analisis Pengujian Difraksi Sinar-X	26

	halaman
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
V.1 Kesimpulan	31
V.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	39

## DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Hasil pengukuran absorbansi dan nilai <i>band gap</i> nanopartikel ZnO berdasarkan waktu pengadukan	23
2. Nilai absorbansi nanopartikel ZnO setiap minggu	26
3. Ukuran kristal nanopartikel ZnO pada awal dan akhir Pengukuran	30

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Pengaruh pembentukan nanopartikel	5
2. Model struktur kristal <i>wurtzite</i> heksagonal dari ZnO	6
3. Bagan sintesis nanopartikel	9
4. Komponen instrumen XRD	13
5. Difraksi Sinar-X pada suatu bidang kristal	14
6. Skema prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis	15
7. Spektrum absorpsi UV-Vis nanopartikel ZnO	21
8. Kurva perubahan nilai absorbansi	22
9. Kurva hasil <i>Tauc plot</i> nilai <i>band gap</i> nanopartikel ZnO	23
10. Hasil difraktogram sinar-X sampel nanopartikel ZnO pada sudut $2\theta$ pada pengukuran awal	27
11. Hasil difraktogram sinar-X sampel nanopartikel ZnO pada sudut $2\theta$ pada pengukuran akhir	28
12. Diffraktogram sinar-X ZnO sintesis (a) dan ZnO komersial (b)	29
13. Penyiapan bahan baku $ZnCl_2$ (kiri) dan NaOH (kanan)	43
14. Penimbangan $ZnCl_2$	43
15. Penimbangan NaOH	43
16. Pelarutan $ZnCl_2$ dan NaOH dengan air deionisasi hingga $65 \pm 5^\circ C$	43
17. Pemanasan larutan $ZnCl_2$ hingga $65 \pm 5^\circ C$	43

Gambar	halaman
18. Pengadukan kuat larutan ZnCl <sub>2</sub> selama 30 menit suhu 65 ± 5°C	43
19. Larutan NaOH (kiri) dan larutan ZnCl <sub>2</sub> (kanan)	44
20. NaOH dimasukkan ke larutan ZnCl <sub>2</sub> tetes demi tetes	44
21. Pengadukan kuat larutan ZnCl <sub>2</sub> setelah ditetesi larutan NaOH selama 2 jam	44
22. Larutan stok nanopartikel ZnO	44
23. Pencuplikan 0.2 ml larutan ZnO sembari diaduk kuat	44
24. Pengukuran absorbansi larutan ZnO dengan variasi waktu 0; 5; 10; 15; 30; 60; 90; 120 menit	44
25. Sampel disentrifugasi sebanyak 3 kali pengulangan	45
26. Sentrifugasi kecepatan 3000 rpm selama 10 menit	45
27. Pengeringan menggunakan oven suhu 100°C selama 8 jam	45
28. Material kering ZnO	45
29. Kalsinasi menggunakan tanur suhu 200°C selama 5 jam	45
30. Sampel yang telah dikalsinasi dan siap untuk dikarakterisasi	45
31. Penimbangan nanopartikel ZnO untuk pengukuran absorbansi di minggu ke 2 dan ke 3	46
32. Ultrasonikasi sampel sebelum dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis	46
33. Analisis sampel menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	46
34. Analisis sampel menggunakan <i>powder</i> XRD	46
35. Hasil spektrum pada layar spektrofotometer-UV Vis	46

Gambar	halaman
36. Hasil data print absorbansi	46
37. Penyimpanan sampel pengukuran XRD	47
38. Proses pengukuran difraksi nanopartikel ZnO	47
39. Penginputan data difraktogram	47

## DAFTAR INISIAL SATUAN DAN SINGKATAN

Å	: Ampere
E <sub>g</sub>	: <i>Band-gap energy</i>
°C	: derajat <i>Celcius</i>
eV	: <i>electron Volt</i>
FWHM	: <i>Full Width at Half Maximum</i>
g/cm <sup>3</sup>	: gram per sentimeter kubik
g/ mol	: gram per mol
meV	: mili <i>electron Volt</i>
mL	: mili Liter
M	: Molaritas
nm	: nanometer
NaOH	: Natrium Hidroksida
rad	: radian
rpm	: <i>revolution per minute / rotasi per menit</i>
ZnO	: Seng Oksida
Zn(OH) <sub>2</sub>	: Seng Hidroksida
UV	: Ultra Violet
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Skema Kerja Sintesis Nanopartikel ZnO	39
2. Skema Kerja Analisis Kinetika Pertumbuhan Kristal	40
3. Skema Kerja Analisis Stabilitas Dispersi ZnO Dalam Air	41
4. Perhitungan Bahan	42
5. Dokumentasi Penelitian	43
6. Pola XRD standar dari struktur <i>wurtzite</i> ZnO berdasarkan data JCPDS No. 36- 145	48







# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Pengembangan nanopartikel saat ini telah menarik sejumlah penelitian terutama pengaplikasiannya dalam bidang pencitraan (*bioimaging*) molekuler. Penggunaan nanopartikel dapat memudahkan tatalaksana pencitraan dan pengendalian kanker cukup dengan melalui injeksi nanopartikel. Adanya keunggulan ukuran nanopartikel <100 nm, memudahkan terjadinya konjugasi sehingga menimbulkan banyak penanda molekuler yang dapat menjadi sinyal penanda target adanya penyakit pada aplikasi pencitraan molekuler (Fatimah, 2017).

Batas deteksi diagnostik berbasis pencitraan (*bioimaging*) dapat diperluas melalui aplikasi nanopartikel, sehingga mampu mewujudkan deteksi dini penyakit seperti kanker. Berkat nanopartikel teknik *bioimaging* yang sangat efektif sekarang, memungkinkan untuk mendeteksi entitas tumor yang sangat kecil yang jika tidak terdeteksi maka akan diabaikan sehingga aplikasi *bioimaging* ini dapat menjadi kontributor utama dalam penurunan angka kematian pasien (Fass, 2008).

Salah satu bidang riset yang sedang berkembang dengan aplikasinya yang luas digunakan pada bidang farmasi yakni sintesis nanopartikel seng oksida (ZnO) (Sari, *et. al.*, 2017).

Nanopartikel ZnO merupakan material anorganik semikonduktor dengan celah pita lebar, yaitu 3.37 eV dan energi eksitasi sebesar 60 meV yang mampu memperlihatkan aktivitas fotokatalitik yang sangat baik sehingga dapat diaplikasikan dalam biomedis salah satunya dalam aplikasi pencitraan. Dibandingkan dengan nanopartikel oksida logam lainnya, ZnO relatif lebih murah, biokompatibilitas, biodegradabilitas, dan memiliki toksisitas yang rendah (Jiang, *et al.*, 2018). Struktur kristal seng oksida paling dominan adalah *wurtzite* karena struktur ini adalah yang paling stabil pada suhu kamar dan tekanan (Callister, 2007).

Beberapa metode yang digunakan dalam sintesis nanopartikel untuk menghasilkan material berukuran nano adalah metode sol-gel, hidrotermal, *spray* pyrolisis, kopresipitasi, dan deposisi uap (Das, 2009). Metode kopresipitasi merupakan metode sederhana dan umum yang digunakan dalam sintesis nanopartikel. Metode ini, dapat menghasilkan distribusi ukuran butir yang relatif sempit, struktur kristal dan sifat optiknya dapat dioptimalkan dengan mengontrol berbagai parameter sintesis nanopartikel berupa suhu, pH larutan, bahan pelarut, dan kecepatan pengadukan. Selain itu, metode ini dapat dilakukan dalam kondisi suhu yang normal. Dengan hal ini sangat mendukung sifat ZnO yang mudah mengendap saat preparasi (Niasari, *et al.*, 2009).

Persoalan dalam sintesis nanopartikel seng oksida (ZnO) adalah terletak pada ukuran, kehomogenan (distribusi partikel yang terbentuk), morfologinya, serta kristalinitasnya (Fahmi, 2019). Hal utama yang

menjadi kontrol dari beberapa permasalahan sintesis yaitu efek lamanya waktu pengadukan terhadap pertumbuhan nanopartikel ZnO dan tingkat kemurnian kristal ZnO yang terbentuk (Rosyidah, *et al.*, 2009).

Berdasarkan pemaparan di atas, maka penelitian ini akan dilakukan untuk menganalisis kinetika pertumbuhan kristal dan mengetahui sifat stabilitas dispersi nanopartikel ZnO dalam air dengan menggunakan metode kopresipitasi dan dianalisis dengan bantuan alat spektrofotometer UV-Vis dan *Powder X-Ray Diffractometer* (XRD) guna menghasilkan nanopartikel ZnO dengan fungsi *bioimaging* yang optimal.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana kecepatan kinetika pertumbuhan kristal dan stabilitas dispersi nanopartikel ZnO dalam air ?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinetika pertumbuhan kristal dan stabilitas dispersi nanopartikel ZnO dalam air.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 *Bioimaging* (Pencitraan)

*Bioimaging* (pencitraan) adalah metode yang ampuh untuk mendapatkan wawasan dalam proses biologis dan malfungsi yang terjadi pada tubuh (Wu, *et al.* 2013). Pencitraan biologis adalah teknik memperoleh gambar dari bahan biologis menggunakan berbagai peralatan pencitraan dan memproses gambar menggunakan berbagai teknik untuk memperoleh informasi dan pengetahuan pada objek (Vadivambal dan Jayas, 2016).

Nanopartikel dalam *bioimaging* bersifat kurang destruktif artinya kurang merusak bagian yang ingin dideteksi sehingga sangat efektif digunakan. Misalnya, pada terapi fotodinamik dan fototermal jauh lebih baik ditoleransi oleh pasien apabila fotosensitizer yang digunakan digabungkan dengan material nanopartikel (dan oksigen dalam hal terapi fotodinamik) yang dihantarkan secara lokal ke jaringan target (Scheer, *et al.*, 2017).

Struktur nano ZnO telah berhasil dipasang atau ditembus ke dalam sel, yang menunjukkan bahwa *nanosheets* seng oksida dengan emisi kuning-oranye yang terlihat dapat bertindak sebagai label yang layak untuk *bioimaging* (Jiang, *et al.*, 2018). Fungsi optimal pemanfaatan aplikasi nanopartikel ZnO ditentukan oleh mikrostrukturnya seperti:

kristalinitas dan ukuran partikel. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kristalinitas dan ukuran partikel dapat memengaruhi kemampuan aktivitas fotokatalis nanopartikel ZnO dan hal ini berpengaruh pada pemanfaatannya sebagai *bioimaging* (Umar, *et.al.*, 2015).

## II.2 Nanopartikel ZnO

### II.2.1 Pengertian Nanopartikel

Nanopartikel merupakan suatu partikel yang sangat halus berukuran orde nanometer atau partikel yang ukurannya dalam interval antara 1-100 nm dan minimal satu dimensi. Satu nanometer adalah satu per milyar meter atau  $10^{-9}$  meter (Hosokawa, *et al.*, 2007). Nanopartikel tersebut dapat berupa logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, material karbon, senyawa organik, biologi seperti DNA, protein atau enzim (Nagarajan dan Alan, 2008).



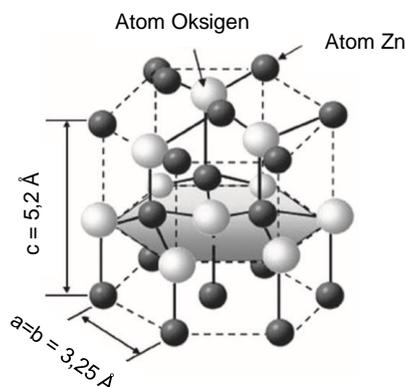
**Gambar 1. Pengaruh pembentukan nanopartikel (Fahmi, 2019)**

### II.2.2 Sifat dan Karakteristik ZnO

Seng oksida (ZnO) merupakan mineral yang terdapat pada kerak bumi. Senyawa ini bersifat tidak larut dalam air pada suhu 20 °C, mempunyai densitas 5,61 g/cm<sup>3</sup>, dan titik leleh 1975 °C (Merck, 2006).

ZnO merupakan logam oksida yang bersifat semikonduktor tipe-n golongan II-VI yang stabil secara kimia, termal dan mekanik, dengan *band gap* yang lebar yaitu sekitar 3,37 eV pada suhu kamar, energi eksitasi sebesar 60 meV, dan jari-jari *Bohr* sebesar  $\sim 2,34$  nm (Carmona, *et al.*, 2018; Radzimka dan Jesionowski, 2014). Apabila dibandingkan dengan logam oksida lainnya, seng oksida relatif lebih murah, biokompatibel, dan tidak toksik (Singhal, *et al.*, 2019).

ZnO memiliki tiga bentuk kristal yaitu *wurtzite* heksagonal, *zinblende* kubik, dan *rocksalt* kubik. Struktur *wurtzite* adalah bentuk kristal yang paling stabil secara termodinamik dengan konstanta kisi  $a = 3,25$  Å dan  $c = 5,2$  Å; rasio  $c/a \sim 1,60$  yang mendekati nilai ideal untuk sel berbentuk heksagonal yaitu  $c/a = 1,633$  dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2. Model struktur kristal wurtzite heksagonal dari ZnO (Vaseem *et al.*, 2010)**

ZnO memiliki karakteristik yang mampu menyerap sinar UV dan luminesensi yang kuat pada suhu ruang sehingga banyak dimanfaatkan (Singhal *et al.*, 2019; Jiang *et al.*, 2018). Untuk ZnO dengan struktur *wurtzite*, biasanya terdapat dua pita emisi fotoluminesensi yaitu pada daerah UV dan visibel. Pita emisi pada daerah UV berasal dari proses

rekombinasi radiatif antara elektron dari pita konduksi dengan *hole* pada pita valensi menghasilkan emisi foton (Zhang, *et al.*, 2010). Adanya sifat luminesensi yang dimiliki oleh nanopartikel ZnO, sehingga saat ini banyak digunakan untuk pencitraan biologis (*bioimaging*) (Carmona *et al.*, 2018). Dalam penelitian Jiang *et al.*, (2018) ZnO *nanosheets* dikembangkan dengan struktur 2-D yang digunakan untuk pencitraan sel leukemia K562. Hasil yang diperoleh yaitu ZnO *nanosheets* menunjukkan fluoresensi kuning-oranye dengan puncak emisi 560 nm ketika dieksitasi dengan sinar UV 365 nm menggunakan spektroskopi fluoresensi.

Secara umum diketahui bahwa seng sebagai elemen pendeteksi penting secara luas di semua jaringan tubuh, termasuk otak, otot, tulang, dan kulit. Seng sebagai komponen penghambat berbagai sistem enzim mengambil bagian dalam metabolisme tubuh dan memainkan peran penting dalam protein dan nukleat, sintesis asam, hematopoiesis, dan neurogenesis (Rauta, *et al.*, 2020).

### **II.2.3 Sintesis Nanopartikel**

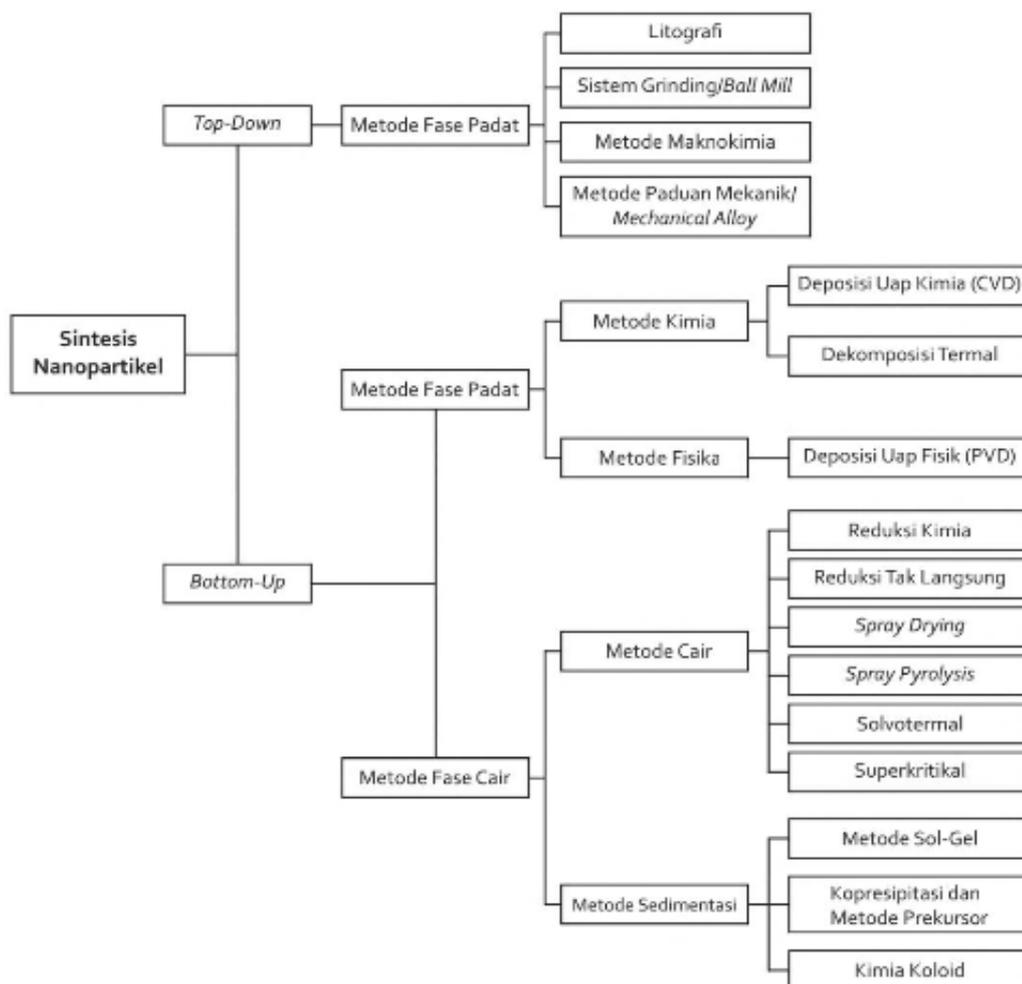
Secara garis besar sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode *top down* (fisika) dan metode *bottom up* (kimia).

Metode *top down* merupakan metode sintesis yang melalui pemecahan material yang berukuran besar menjadi partikel dengan ukuran nanometer. Metode ini tidak melibatkan adanya reaksi kimia pada prekursor. Sebaliknya, metode *bottom up* melibatkan reaksi kimia yakni

suatu sintesis yang melalui penggabungan material berukuran sangat kecil seperti klaster menjadi partikel berukuran nanometer (Fahmi, 2019).

Metode kopresipitasi merupakan salah satu metode sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama ketika melewati titik jenuh. Kopresipitasi merupakan metode yang menjanjikan karena prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah untuk mengontrol ukuran partikel sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat. Produk dari metode ini diharapkan memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dan lebih homogen daripada metode *solid state* (Rosyidah, dkk., 2009).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam analisis untuk meminimalkan kopresipitasi bersama endapan kristal. Ion pengotor akan hadir dalam konsentrasi yang lebih rendah pada saat terjadinya pengendapan. Apabila zat cair didinginkan, gerakan translasi molekul-molekul akan menjadi lebih kecil dan gaya molekul bertambah besar sampai setelah pengkristalan molekul mempunyai kedudukan tertentu dalam kristal. Panas yang terbentuk pada pengkristalan disebut panas pengkristalan. Selama pengkristalan temperatur tetap, maka akan terjadi kesetimbangan temperatur namun akan turun kembali saat proses pengkristalan telah selesai. Peristiwa kebalikan dari pengkristalan disebut peleburan (Khairiah, 2011). Secara garis besar, metode sintesis nanopartikel dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3. Bagan sintesis nanopartikel (Fahmi, 2019)**

## II.2.4 Kegunaan Nanopartikel

Nanopartikel semikonduktor memiliki keunikan sifat fisik dan kimianya, memiliki keunggulan yang baik dalam aplikasi biomedis, seperti *bioimaging* dan penghantaran obat (Doane, 2012).

Seng oksida banyak digunakan dan diproduksi berbagai macam obat-obatan. Seng oksida pernah digunakan sebagai obat yang diberikan secara oral untuk epilepsi dan juga untuk diare. Saat ini umumnya diterapkan secara lokal, umumnya penggunaan dalam bentuk salep dan krim (Mason, 2006). Nanopartikel seng oksida digunakan dalam industri

kosmetik, biasanya sebagai tabir surya dan krim wajah (Nohynek, *et al.*, 2007).

Akhir- akhir ini, nanopartikel seng oksida muncul sebagai biosensor kolesterol, modulator diet untuk aktivitas hidrolase yang relevan untuk mengendalikan diabetes dan hiperlipidemia, serta pencitraan sel (*bioimaging*) (Xiong, 2013). Berdasarkan keunggulan fluoresensi intrinsiknya, nanomaterial seng oksida dapat diaplikasikan sebagai kandidat yang menjanjikan untuk pencitraan sel dan pengembangan studi patologis (Jiang, *et al.*, 2018).

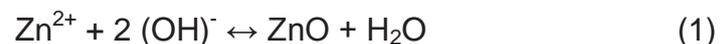
Nanopartikel seng oksida sebagai jenis baru dari nanomaterial berbiaya rendah dan toksisitas rendah, telah menarik minat yang sangat besar di bidang biomedis yang beragam, termasuk pemanfaatan sebagai antikanker, antibakteri, antioksidan, antidiabetik, antiinflamasi, dan pemanfaatan pada aplikasi pencitraan (Xiong, 2013).

### **II.2.5 Kinetika Pertumbuhan Kristal Nanopartikel**

Untuk memonitoring reaksi kinetik pembentukan koloid atau pertumbuhan kristal nanopartikel, larutan sampel nanopartikel dapat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Ariyanta, 2014).

Pertumbuhan nanokristal pada dasarnya dikendalikan oleh dua proses, salah satunya adalah proses difusi reaktan ke permukaan kristal tumbuh, sedangkan kedua adalah reaksi pada permukaan kristal untuk menggabungkan reaktan sebagai bagian dari proses pertumbuhan (Yadav, 2008).

Ketika jumlah ion  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$  yang terbentuk telah melewati nilai kritis yang dibutuhkan untuk membentuk kristal ZnO, maka kristal ZnO tersebut akan menjadi presipitat (endapan) dari larutan yang ada, berkaitan pula dengan kelarutan ZnO yang jauh lebih kecil daripada kelarutan  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  pada kondisi hidrotermal (Aneesh, *et al.*, 2007) Dengan kata lain, presipitat  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  sangat mudah bereaksi dan membentuk kristal ZnO selama proses pra-hidrotermal, sesuai dengan reaksi kimia pada Persamaan (1).



Ketika konsentrasi  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$  mencapai tingkat super jenuh dari ZnO, akan terbentuk inti-inti dari ZnO dan pertumbuhan kristal pun dimulai. Pada tahap awal sintesis nanopartikel menunjukkan konsentrasi  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$  akan lebih tinggi sehingga dapat terjadi pertumbuhan kristal pada arah yang berbeda-beda (Junior, *et al.*, 2017).

Dalam penelitian nanopartikel perak menggunakan metode kimia yang diukur secara berkala dengan interval waktu 120 menit untuk melihat perubahan absorbansi sampel melaporkan bahwa terjadi peningkatan absorbansi selama 45 menit namun menurun pada saat waktu telah melewati 45. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan ukuran partikel. Seiring dengan bertambahnya waktu reaksi, nanopartikel perak yang terbentuk akan semakin banyak (Ridwan, *et al.*, 2018).

## II.2.6 Stabilitas Dispersi Nanopartikel ZnO

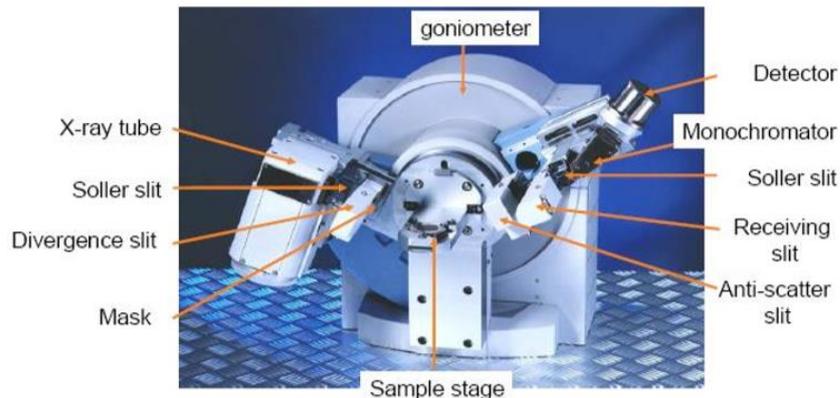
Data indeks polidispersitas (*polydispersity index* atau PI), menggambarkan distribusi ukuran partikel dalam sistem dispersi, semakin kecil nilai indeks berarti ukuran partikel semakin homogen. Nilai ini menjadi penting karena jika rentang distribusi ukuran partikel luas, maka profil absorpsi secara keseluruhan menjadi sulit untuk dianalisis, karena adanya karakter partikel yang sangat beragam. Selain itu, nilai indeks ini juga dapat digunakan untuk mengetahui seberapa jauh partikel telah teragregasi/ mengendap. Jika nilai ini terus berubah-ubah dari waktu ke waktu, maka hal ini menunjukkan proses agregasi telah terjadi (Adhyatmika *et al.*, 2017).

Ukuran partikel dalam bentuk nanopartikel menentukan mudahnya partikel tersebut masuk ke dalam sel. Semakin kecil ukuran partikelnya maka akan semakin mudah masuk ke dalam sel dan semakin meningkat absorpsinya di dalam tubuh (Avadi, *et al.*, 2010).

## **II.3 Karakterisasi Nanopartikel**

### **II.3.1 Instrumen *X-ray Diffraction* (XRD)**

Metode difraksi telah digunakan untuk karakterisasi struktur kristal logam nanopartikel hasil sintesis. Dengan difraksi sinar X *powder*, maka hasil sintesis akan diketahui apakah secara keseluruhan merupakan logam nanopartikel ataukah masih tercampur dengan logam oksidanya dalam hal ini untuk mengetahui tingkat kemurnian nanopartikel yang terbentuk (Setianingsih, *et al.*, 2018) .



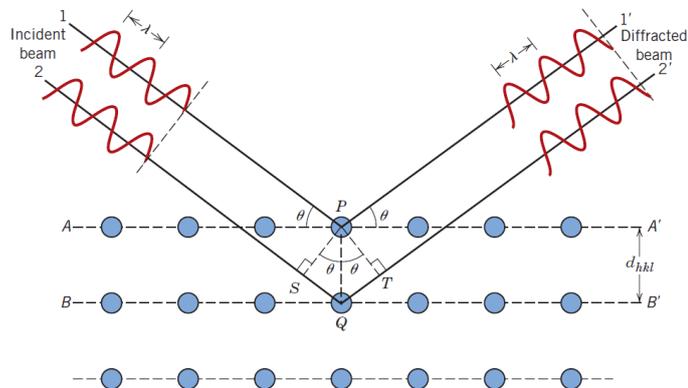
**Gambar 4. Komponen instrumen XRD (Zaidi dan Sitepu, 2011)**

Sinar-X merupakan cahaya berenergi tinggi dengan panjang gelombang  $\lambda$ . Ketika dua sinar-x yang homogen (sinar 1 dan 2) diarahkan ke suatu bidang kristal dengan sudut  $\theta$ , maka sebagian sinar ini akan dihamburkan atau tersebar ke segala arah oleh atom P dan Q. Hasil dari hamburan sinar ini selanjutnya akan terdifraksi atau dibelokkan (sinar 1' dan 2') (gambar 5) (Callister, *et al.*, 2010).

Kristal akan memberikan hamburan yang kuat jika arah bidang kristal terhadap berkas sinar-X (sudut  $\theta$ ) memenuhi persamaan Bragg, seperti ditunjukkan dalam persamaan (2). Jika hukum Bragg tidak terpenuhi, maka akan terjadi interferensi destruktif sehingga menghasilkan intensitas sinar difraksi yang sangat rendah (Callister, *et al.*, 2010).

$$\begin{aligned} n \lambda &= d_{hkl} \sin \theta + d_{hkl} \sin \theta \\ &= 2 d_{hkl} \sin \theta \end{aligned} \quad (2)$$

Untuk pengujian XRD dibutuhkan sampel serbuk minimal 500 mg. Dengan mengetahui posisi  $2\theta$  pada tiap puncak yang terdeteksi oleh XRD, maka dapat diketahui senyawa apa yang terbentuk dari hasil sintesis yang dilakukan dapat dibandingkan dengan hasil pengukuran standar.



**Gambar 5. Difraksi Sinar-X pada suatu bidang kristal (Callister, et al., 2010)**

Salah satu karakteristik pola difraksi sinar-X dimana material menunjukkan bentuk puncak difraksi yang tinggi dan tajam, sedangkan untuk material yang bersifat amorf, bentuk puncak difraksi cenderung melebar (Wikantika, dkk. 2017). Ukuran butiran atau kristal nanopartikel dapat dihitung melalui persamaan *Debye-Scherrer* seperti pada persamaan (3) (Cullity, 1978).

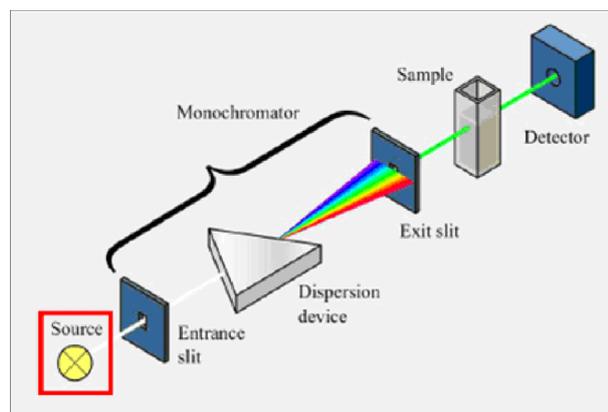
$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (3)$$

Dimana D adalah ukuran butiran nanopartikel; k adalah konstanta yang nilainya = 0,9;  $\lambda$  adalah panjang gelombang dari difraksi X-Ray yang digunakan (= 1,54056 Å);  $\beta$  adalah *full width at half maximum* (FWHM) dengan satuan rad ; dan  $\theta$  adalah sudut dalam satuan rad.

### II.3.2 Spektrofotometri UV-Vis

Pengukuran spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk melihat serapan-serapan utama dari senyawa nanopartikel yang terbentuk. Setelah 1 jam, 2 jam (saat pengadukan) dan setelah disimpan 24 jam atau dalam beberapa waktu tertentu (Wikantika, dkk. 2017).

Saat terbentuk nanopartikel perak, spektrum serapan UV-Vis pada panjang gelombang antara 400-500 nm dan nilai absorbansi semakin besar dengan semakin bertambahnya waktu kontak. Nilai absorbansi yang meningkat merupakan indikator bahwa nanopartikel perak yang terbentuk semakin bertambah (Handayani, 2010).



**Gambar 6. Skema prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis (Gohain, 2008)**

Semakin besar konsentrasi larutan yang dideposisikan maka nilai absorbansinya semakin meningkat, transmitansinya menurun dan semakin kecil nilai celah pita energinya (*band gap*). Pengukuran nilai *band gap* dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis dengan prinsip yaitu saat nanopartikel ZnO terpapar oleh cahaya yang memiliki energi foton yang lebih besar dari energi *band gap* (seperti sinar UV), maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi akan berpindah/terekstasi ke pita konduksi, sehingga menghasilkan keadaan kosong pada pita valensi (elektron *hole*) yang bermuatan positif ( $h^+$ ) (Carmona, *et al.*, 2018). Ketika elektron dari pita konduksi kembali ke keadaan awal dengan mengisi *hole* pada pita valensi (proses rekombinasi), maka akan memancarkan cahaya (emisi sinar UV) (Xiong, *et al.*, 2009).