

## Analisis Sifat Fisik dan Kompresibilitas *Nanopowder* Zinc Oxide (ZnO) sebagai Alternatif Material Amalgam

Nanang Qosim<sup>1</sup>, Putut Murdanto<sup>2</sup>, Poppy Puspitasari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Kampus Baru UI, Depok 16424, Jawa Barat, Indonesia

<sup>2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5, Malang 65145, Jawa timur, Indonesia  
Email: nanang.qosim@ui.ac.id

### Abstract

*Severe effects of the mercury use on health as an amalgam material have required an alternative material in order to eliminate it from amalgam composition. This research was conducted to analyze the physical properties and compressibility of ZnO nanopowder as an alternative amalgam material. The physical properties including morphology, dimensions, and the atomic ratio were analyzed by SEM, XRD-XRF and EDX. Further, the compressibility was conducted by using hydraulic press machine. The results showed that ZnO has particle size of 14.34 nm with morphology classified as nanorods. In the compressibility test, both the variation of compression loadings and holding time have brought an effect on the significant increase of ZnO nanopowder density.*

**Keywords:** amalgam, nanopowder, ZnO, physical properties, compressibility

### PENDAHULUAN

Teknologi nano merupakan salah satu kemajuan dalam ilmu material dan rekayasa yang berkembang pesat saat ini. Teknologi ini berkembang pesat seiring peningkatan pengetahuan dan pemahaman manusia dalam bidang kimia dan fisika bahan, kemajuan dalam metode pengolahan, dan juga ketersediaan peralatan canggih untuk melakukan penelitian. Teknologi ini didefinisikan sebagai suatu teknologi atau pemahaman dan kontrol materi pada dimensi dan toleransi yang berada pada kisaran 0,1-100 nm (dari ukuran atom sekitar panjang gelombang cahaya) [1, 2].

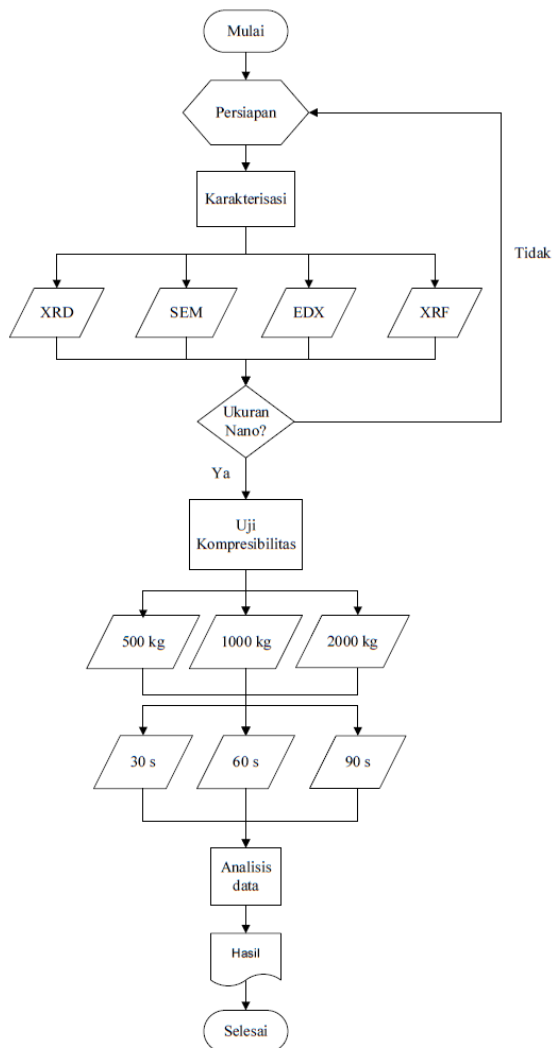
*Zinc Oxide* (ZnO) adalah material yang unik yang banyak digunakan oleh sebagian besar peneliti untuk aplikasi yang sangat luas dan beragam. ZnO memiliki berbagai jenis morfologi dan ukuran yang akan menentukan kesesuaian penggunaannya. Material ini biasa digunakan untuk zat aditif pada cat, material keramik, katalis, peralatan elektronik, optoelektronik, semikonduktor dan masih banyak lagi. Keunikan bentuk nanostruktur ZnO menunjukkan bahwa ZnO adalah material terkaya dalam keluarga nanomaterial baik dari segi struktur maupun sifat-sifatnya. Sifat-sifat *nanopowder* ZnO tergantung pada karakter

morfologi dan struktur nanonya yang ditentukan dari metode sintesis yang digunakan [3, 4]. Sehingga dari deskripsi karakteristik material ZnO tersebut diharapkan dengan penerapan teknologi nano, ZnO memiliki kekuatan yang lebih baik dari material penambal gigi sebelumnya, di samping kelebihan ZnO itu sendiri yang memiliki warna yang khas putih menyerupai warna natural gigi.

### METODOLOGI PENELITIAN

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah *nanopowder* ZnO. Karakterisasi sifat fisik yang meliputi morfologi, dimensi, dan rasio atom, masing-masing dianalisis menggunakan *scanning electron microscope* (SEM), *x-ray diffraction* (XRD), *x-ray fluorescence* (XRF) dan *energy dispersive x-ray* (EDX).

Pada uji kompresibilitas menggunakan mesin press hidrolik, diberlakukan variabel kontrol yang meliputi variasi pembebanan (*variation of loading*) yaitu sebesar 500, 1000 dan 2000 kg. Selain itu, divariasikan pula waktu tahan (*dwelling time*) selama proses kompresi sebesar 30, 60, dan 90 detik. Lebih ringkasnya metodologi dapat disimpulkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Prosedur Penelitian

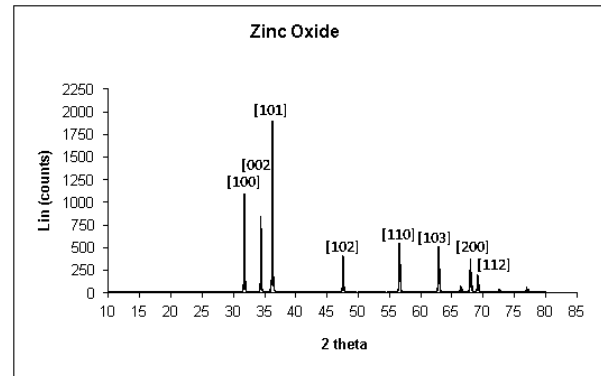
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Uji Karakterisasi XRD**

Serbuk *nanopowder* ZnO pada grafik hasil uji karakterisasi XRD, seperti ditampilkan pada Gambar 2, menunjukkan puncak difraksi yang identik dengan puncak difraksi standar ZnO. Grafik hasil uji karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa sampel serbuk *nanopowder* ZnO berada dalam puncak difraksi pada bidang [100], [002], dan [101] dengan struktur *Hexagonal Wurtzite*.

Puncak difraksi tersebut menunjukkan intensitas puncak yang sangat kuat, hal ini memberi pengertian bahwa sampel *nanopowder* ZnO tersebut memiliki kristalinitas yang tinggi. Parameter-parameter hasil uji

karakterisasi XRD *nanopowder* ZnO disajikan dalam Tabel 1.



Gambar 2. Hasil Uji XRD Nanopowder ZnO

**Tabel 1. Hasil XRD ZnO**

| X-Ray Diffraction (XRD) |         |
|-------------------------|---------|
| Intensitas (cps)        | 1.890   |
| FWHM (2-theta°)         | 0.113   |
| λ (Å)                   | 1.540   |
| θ                       | 18.120° |
| a                       | 3.250   |
| b                       | 3.250   |
| c                       | 5.207   |

Secara teoritis, ukuran partikel dari sampel serbuk ZnO didapatkan dengan menggunakan persamaan *Scherrer*. Perhitungan penentuan ukuran partikel ZnO berdasarkan persamaan *Scherrer* adalah sebagai berikut [5]:

Diketahui: K = 0,9-1  
 λ = 1,540 Å  
 FWHM = 0,113 cps  
 θ = 18,126°

Penentuan nilai β,

$$B = \frac{FWHM \times 2\pi}{360^\circ} \tag{1}$$

$$= \frac{0,113 \times 360^\circ}{360^\circ}$$

$$= 0,113$$

Persamaan *Scherrer*,

$$D = \frac{K\lambda}{(\beta \cos\theta)} \tag{2}$$

$$= \frac{1 \times 1,540}{0,113(\cos 18,126^\circ)}$$

$$= 14,340$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa sampel *nanopowder* ZnO yang diuji memiliki dimensi ukuran partikel sebesar 14,340 nm.

**B. Uji Karakterisasi XRF**

Uji karakterisasi XRF bertujuan untuk mengetahui persentase unit-unit material yang terkonsentrasi dalam senyawa ZnO. Hasil uji karakterisasi XRF sampel ZnO disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 2. Konsentrasi Unsur pada Senyawa ZnO**

| Compound      | Conc. Unit        |
|---------------|-------------------|
| Calcium (Ca)  | 0,14 +/- 0,01 %   |
| Chrom (Cr)    | 0,085 +/- 0,001 % |
| Ferro (Fe)    | 0,14 +/- 0,008 %  |
| Nikel (Ni)    | 0,25 +/- 0,05 %   |
| Cuprum (Cu)   | 0,11 +/- 0,003 %  |
| Zinc (Zn)     | 86,68 +/- 9,88 %  |
| Zircon (Zr)   | 2,4 +/- 0,4 %     |
| Erbium (Er)   | 0,02 +/- 0,005 %  |
| Yterbium (Yb) | 0,51 +/- 0,14 %   |
| Niobium (Nb)  | 19 +/- 1 %        |
| Titanium (Ti) | 0,035 +/- 0,002 % |

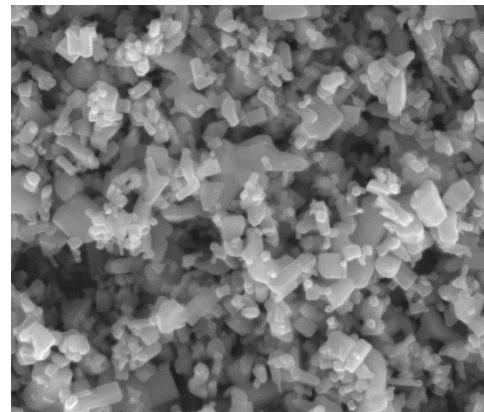
Hasil analisis yang tersaji dalam Tabel 2. menunjukkan bahwa di dalam sampel serbuk ZnO yang dikarakterisasi terkandung unsur *Calcium* (Ca), *Chrom* (Cr), *Ferro* (Fe), *Nikel* (Ni), *Cuprum* (Cu), *Zircon* (Zr), *Erbium* (Er), *Yterbium* (Yb), *Niobium* (Nb), dan *Titanium* (Ti).

**C. Uji Karakterisasi SEM**

Morfologi dari sampel serbuk *nanopowder* ZnO dianalisis dengan menggunakan uji SEM dengan hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 3.

Struktur nano pada gambar hasil uji karakterisasi SEM adalah cenderung tampak seperti jenis *nanorods*. Hal tersebut karena suhu dan waktu sintering yang cukup baik, sehingga struktur nano sampel serbuk ZnO memiliki struktur yang tepat dari segi bentuknya. Secara teoritis, perbedaan waktu dan suhu sintering akan menyebabkan perbedaan

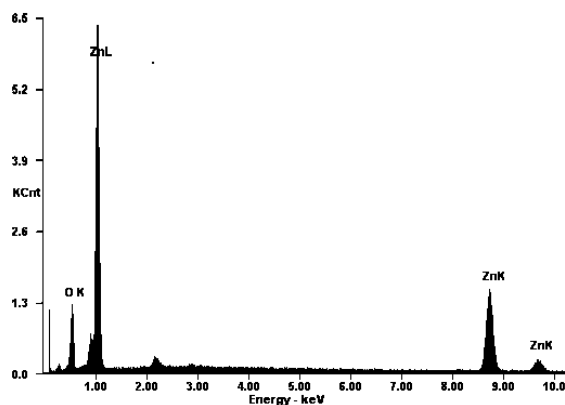
struktur nano serbuk ZnO. Hal ini karena ZnO adalah bahan fungsional serbaguna yang memiliki berbagai kelompok morfologi seperti *nanocombs*, *nanorings*, *nanohelices*, *nanosprings*, *nanobelts*, *nanowires*, *nanorods*, *nanocages*, dan sebagainya. Semua klasifikasi struktur nano yang unik tersebut menunjukkan bahwa ZnO memiliki struktur nano yang kaya baik dari sisi struktur maupun sifatnya.



**Gambar 3.** Hasil SEM dengan Fokus Perbesaran 40.000 x

**D. Hasil Uji Karakterisasi EDX**

Selanjutnya dianalisis rasio persentase atom dari sampel serbuk *nanopowder* ZnO dilakukan dengan menggunakan uji karakterisasi EDX. Hasil uji karakterisasi EDX untuk serbuk *nanopowder* ZnO ditampilkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil EDX *Nanopowder* ZnO

Secara teoritis, persentase atom untuk elemen ZnO seharusnya dalam rasio 50:50 berdasarkan rumus kimia. Berdasarkan analisis unsur untuk sampel *nanopowder* ZnO,

memberi pengertian bahwa tidak ada penyimpangan yang terlalu besar atau signifikan dalam persentase atom *zinc* (Zn) dan *oxigen* (O) sesuai standar persentase deviasi elemen senyawa kimia.

**Tabel 3. Persentase Unsur pada Senyawa ZnO**

| Elemen | % Berat | % Atom | % Deviasi |
|--------|---------|--------|-----------|
| O      | 13,32   | 44,06  | 11,88     |
| Zn     | 86,68   | 55,94  | 11,88     |

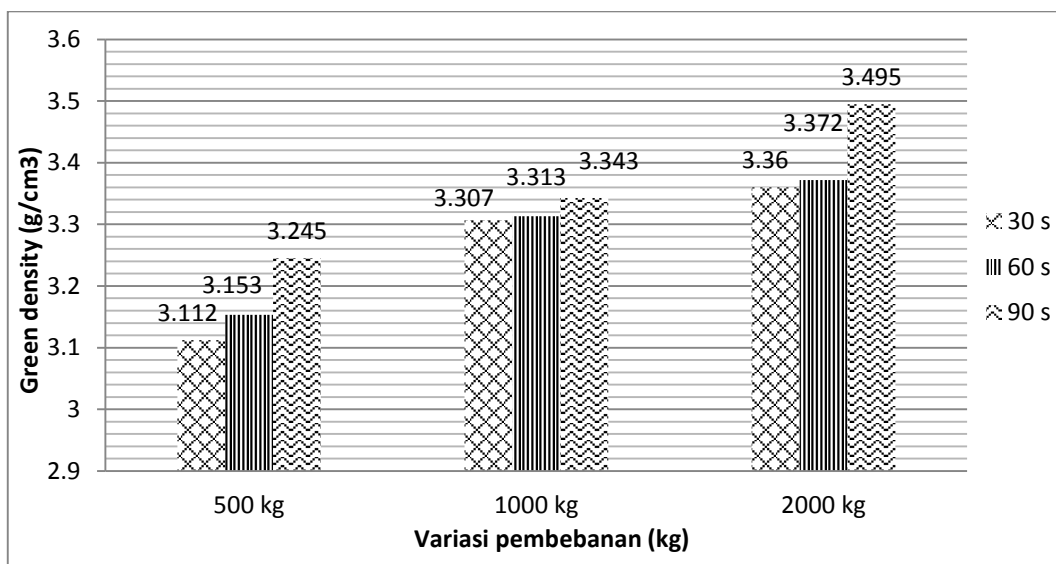
Data dalam Tabel 3 menunjukkan bahwa sampel serbuk *nanopowder* ZnO memiliki rasio persentase atom Zn sebesar 55,94 % dan atom O sebesar 44,06 %, sehingga secara otomatis persentase penyimpangan atom (deviasi) untuk sampel ZnO tersebut adalah hanya sebesar 11,88 %.

**E. Uji Kompresibilitas Nanopowder ZnO**

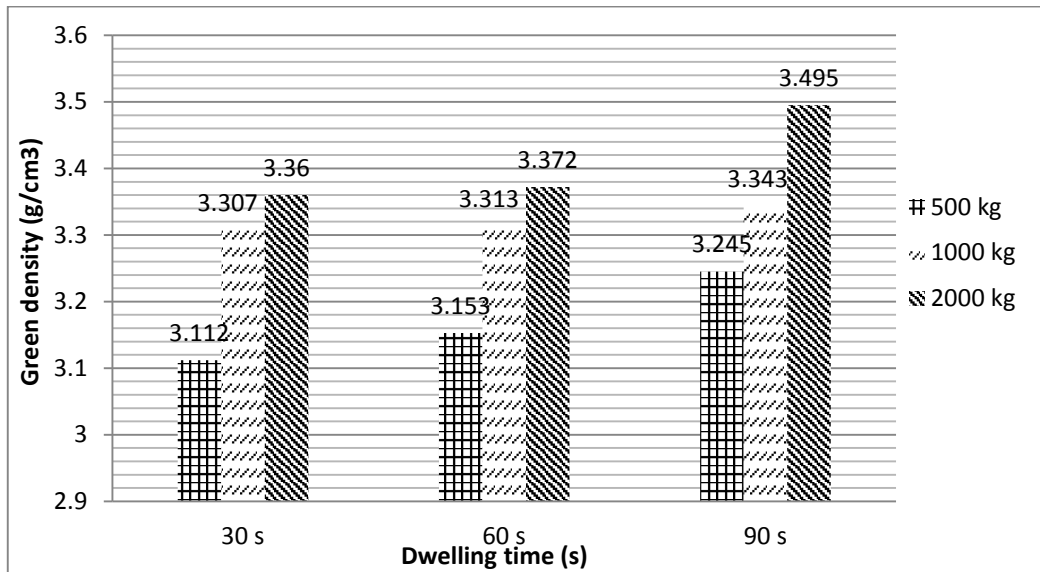
Dari semua hasil pengujian kompresibilitas baik dengan pembebanan 500, 1000, maupun 2000 kg, dapat menunjukkan bahwa variasi pembebanan kompresi memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap peningkatan nilai rata-rata densitas kepadatan. Peningkatan tersebut secara teoritis disebabkan karena semakin besar beban kompresi yang diberikan, maka kemampuan

serbuk untuk memadat semakin tinggi. Hal ini bisa diidentifikasi dari indikasi yang paling rasional secara empiris, yakni pada nilai ketebalan tablet yang dihasilkan. Semakin besar beban kompresi yang diberikan (dengan asumsi massa yang sama) maka ketebalan sampel tablet yang dihasilkan akan semakin kecil.

Kesimpulannya, semakin besar pembebanan kompresi yang diberikan, maka nilai kepadatan semakin meningkat secara signifikan. Secara terperinci, pada saat perlakuan waktu tahan sebesar 30 detik, pembebanan sebesar 500 kg memberikan nilai densitas kepadatan sebesar 3,112 g/cm<sup>3</sup>, dan meningkat menjadi 3,307 g/cm<sup>3</sup> saat pembebanan dinaikkan sebesar 1000 kg, selanjutnya meningkat menjadi 3,360 g/cm<sup>3</sup> saat pembebanan dinaikkan sebesar 2000 kg. Pada waktu tahan 60 detik, pembebanan sebesar 500 kg memberikan densitas kepadatan sebesar 3,153 g/cm<sup>3</sup>, 3,313 g/cm<sup>3</sup> untuk beban 1000 kg, dan 3,372 g/cm<sup>3</sup> untuk beban sebesar 2000 kg. Selanjutnya saat waktu tahan 90 detik, saat pembebanan sebesar 500 kg nilai densitas kepadatannya adalah 3,245 g/cm<sup>3</sup>, dengan beban 1000 kg meningkat menjadi 3,343 g/cm<sup>3</sup>, selanjutnya dengan beban 2000 kg meningkat lagi menjadi 3,495 g/cm<sup>3</sup>. Peningkatan nilai densitas kepadatan tersebut dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Pengaruh Pembebanan terhadap Densitas Kepadatan ZnO



**Gambar 6.** Grafik Pengaruh *Dwelling Time* terhadap Densitas Kepadatan ZnO

Di sisi lain, perbedaan waktu tahan juga memberikan pengaruh peningkatan terhadap densitas kepadatan secara signifikan. Artinya semakin besar waktu tahan yang diberikan, maka densitas kepadatan tablet akan semakin meningkat. Berdasarkan informasi hasil pengujian, secara terperinci pada saat pembebanan sebesar 500 kg, waktu tahan sebesar 30 detik memberikan nilai densitas kepadatan sebesar 3,112 g/cm<sup>3</sup>, dan meningkat menjadi 3,153 g/cm<sup>3</sup> saat waktu tahan dinaikkan menjadi 60 detik, selanjutnya meningkat menjadi 3,245 g/cm<sup>3</sup> saat waktu tahan dinaikkan lagi menjadi 90 detik.

Selanjutnya, pada pembebanan sebesar 1000 kg, waktu tahan sebesar 30 detik memberikan nilai densitas kepadatan sebesar 3,307 g/cm<sup>3</sup>, meningkat menjadi 3,313 g/cm<sup>3</sup> saat waktu tahan dinaikkan menjadi 60 detik, dan meningkat menjadi 3,343 g/cm<sup>3</sup> saat waktu tahan dinaikkan lagi menjadi 90 detik.

Pada variasi pembebanan terakhir, saat pembebanan pada mesin *press* hidrolik di-*setting* sebesar 2000 kg, nilai densitas kepadatan tablet adalah sebesar 3,360 g/cm<sup>3</sup> saat waktu tahan yang diberikan 30 detik, nilai ini kemudian meningkat menjadi 3,372 g/cm<sup>3</sup> ketika waktu tahan ditingkatkan menjadi 60 detik, dan meningkat lagi menjadi 3,495 g/cm<sup>3</sup> ketika waktu tahan ditingkatkan menjadi 90 detik.

Peningkatan densitas kepadatan ini secara teoritis disebabkan karena pada saat diberikan waktu tahan selama periode waktu beberapa detik, menyebabkan pembebanan yang diberikan bersifat dinamis, sehingga dari pembebanan dinamis tersebut densitas kepadatan akan semakin meningkat. Hal ini ditandai dengan perubahan ketebalan tablet (dengan asumsi massa yang sama) menjadi semakin kecil.

**KESIMPULAN**

- 1) Sifat-sifat fisik *nanopowder* ZnO yang dianalisis dari hasil uji karakterisasi memiliki ukuran partikel sebesar 14,34 nm, morfologi *nanopowder* ZnO terklasifikasi dalam jenis *nanorods*, serta senyawa ZnO memiliki rasio persentase atom *zinc* (Zn) sebesar 55,94% dan atom *oxygen* (O) sebesar 44,06%, dengan persentase deviasi atom sebesar 11,88%.
- 2) Pada pembebanan kompresi 500 kg, densitas kepadatan rata-rata ZnO adalah sebesar 3,170 (g/cm<sup>3</sup>), mengalami peningkatan sebesar 4,763% saat beban kompresi dinaikkan menjadi 1000 kg, kemudian mengalami peningkatan sebesar 7,539% saat beban kompresi dinaikkan lagi menjadi 2000 kg. Perbedaan waktu tahan juga memberikan pengaruh yang sama, pada saat waktu

tahan sebesar 30 detik, densitas kepadatan rata-rata ZnO adalah sebesar 3,260 (g/cm<sup>3</sup>), saat waktu tahan 90 detik nilai densitas kepadatan tersebut mengalami peningkatan sebesar 0,583%, kemudian saat waktu tahan 90 detik mengalami peningkatan lagi sebesar 3,098%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Klabunde, K.J. and R. Richards, *Nanoscale materials in chemistry*. Vol. 1035. 2001: Wiley Online Library.
- [2] Buzea, C., I.I. Pacheco, and K. Robbie, *Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity*. *Biointerphases*, 2007. 2(4): p. MR17-MR71.
- [3] Bedi, P. and A. Kaur, *An overview on uses of zinc oxide nanoparticles*. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2015. 4(12): p. 1177-1196.
- [4] Wang, Z.L., *Zinc oxide nanostructures: growth, properties and applications*. *Journal of physics: condensed matter*, 2004. 16(25): p. R829.
- [5] Smilgies, D.-M., *Scherrer grain-size analysis adapted to grazing-incidence scattering with area detectors*. *Journal of applied crystallography*, 2009. 42(6): p. 1030-1034.