

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penelitian berbasis teknologi nano (nanoteknologi) kini berkembang pesat dan terus dilakukan oleh para peneliti baik dari dunia akademik maupun industri. Nanoteknologi memiliki prinsip merekayasa sifat-sifat dan performansi material sedemikian rupa hingga menjadi lebih efektif, efisien dan berdaya guna lebih. Penelitian di bidang nanoteknologi telah menunjukkan terciptanya produk-produk baru dengan kinerja yang lebih baik (Sari dkk, 2018). Ditinjau dari jumlah dimensi yang terletak dalam rentang nanometer, material nano diklasifikasikan menjadi beberapa kategori, yaitu: material nano berdimensi nol (*nanoparticle*) seperti oksida logam, semikonduktor dan *fullerenes*; material nano berdimensi satu (*nanowire, nanotubes, nanorods*); material nano berdimensi dua (*thin films*); dan material nano berdimensi tiga seperti nanokomposit, *nanograined, microporous, mesoporous*, interkalasi, *organic-inorganic hybrids* (Pokropivny, V., 2007).

Nanorod adalah struktur nano yang menjadi objek penelitian fundamental dan terapan yang dapat dibuat dari karbon, emas, seng oksida dan banyak bahan lainnya. Nanorod memiliki ukuran yang lebih besar dari atom individu (diukur dalam angstroms, $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$) juga dari molekul kecil. Misalnya logam nanorods, nanorods semikonduktor, nanorods karbon dan nanorods oksida. Sifat mekanik, listrik dan optik dari nanomaterial bergantung pada ukuran. Material nano berdimensi satu ini dapat berupa amorf atau kristal (kristal tunggal atau polikristalin) (Ghassan dkk, 2019).

Zinc oxide atau seng oksida merupakan anggota keluarga semikonduktor tipe-n golongan II-VI, yang memiliki sifat-sifat menguntungkan seperti transisi yang baik, mobilitas elektron tinggi, bandgap lebar (3,37 eV pada suhu kamar) dan energi eksitasi tinggi sebesar 60 meV (Thema dkk, 2015; Witjaksono, 2011). ZnO atau seng oksida adalah salah satu semikonduktor oksida logam berbentuk bubuk berwarna putih. Aplikasi nanomaterial ZnO banyak ditemukan pada bidang medis, optoelektronik, sensor, pembangkit energi dan lain-lain (Rajabi dkk, 2017; Thema dkk, 2015). Struktur kristal yang paling umum dimiliki oleh ZnO ialah *wurtzite*

(heksagonal), *zinc blende* (campuran seng kubik) dan *rock salt* (batu garam) (Fandkk, 2011).

ZnO memiliki stabilitas termal dan sifat listrik yang baik. ZnO tidak memiliki simetri pusat, maka dari itu menghasilkan efek piezoelektrik, dimana tegangan atau regangan mekanis dapat diubah menjadi tegangan listrik dan sebaliknya, karena terjadinya perpindahan kation dan anion di dalam kristal. Kristal tunggal ZnO menunjukkan transpor elektron yang jauh lebih cepat dan mobilitas yang lebih besar. Transpor elektron yang lebih cepat adalah hasil dari koefisien difusi elektron yang tinggi, yang akan memberikan keuntungan yang signifikan untuk kinerja perangkat. Karena ZnO dapat memancarkan pada ultraviolet dekat, memiliki konduktivitas transparan dan sifat piezoelektrik, dengan demikian, ZnO menjadi bahan yang sangat menarik untuk semikonduktor dan perangkat laser, transduser piezoelektrik dan lain sebagainya (Ghassan dkk, 2019).

Diantara bentuk-bentuk nanostruktur ZnO yang telah disintesis, nanorods diklaim memiliki kelebihan karena mampu meningkatkan efisiensi kerja dari divais optoelektronik, bahkan dipakai pada berbagai sistem kaca. ZnO nanorods dapat disintesis dengan beberapa metode yaitu *metal organic chemical vapor deposition* (MOCVD), *pulsed laser deposition*, *electrodeposition* dan hidrotermal (Mekarsari dkk, 2019). Aplikasi ZnO nanorods banyak ditemukan pada sensor dan perangkat optoelektronik seperti dioda laser ultraviolet, fotodetektor, dioda pemancar cahaya dan sel surya hibrida (Ghassan dkk, 2019).

Perkembangan IPTEK yang terus berkembang membawa beberapa pendekatan baru pada penelitian dan pengembangan material oksida konduktif transparan atau *transparent conducting oxide* (TCO). TCO digunakan untuk keperluan teknologi yang lebih hemat biaya dan efisien, dengan tampilan yang sama atau bahkan lebih baik. Aplikasi TCO banyak ditemukan pada lapisan luar pada sel surya, TV LCD, TV plasma, *organic electroluminescence* (EL) seperti *touch screen* monitor pada *automatic tellermachine* (ATM) dan lain-lain. Material TCO memiliki karakteristik resistivitas listrik yang rendah dan transparansi yang tinggi pada panjang gelombang visibel. (Sugianto dkk, 2015)

Material TCO yang sudah banyak digunakan adalah *Indium Tin Oxide* (ITO). ITO memiliki nilai transparansi ~80% dan resistivitas 2.36×10^{-4} (ohm.cm) (Patel

dkk, 2010). ITO juga memiliki karakterisasi yang baik dari segi transmitansi optik, energi *band gap* yang lebar, serta konduktivitas listrik yang tinggi (Sim dkk, 2010). Seiring dengan permintaan konsumen terhadap TV *flat* (LCD) dan juga panel surya bertambah menyebabkan kebutuhan ITO pun bertambah, padahal ketersediaan unsur Indium (In) di bumi sangat sedikit dan harganya mahal. Kondisi ini menuntut perlu adanya penelitian untuk menemukan material TCO yang dapat menggantikan peran dari ITO. Para Ilmuwan memilih material ZnO sebagai material baru untuk bahan alternatif pengganti ITO karena ZnO merupakan material yang tidak beracun dan ketersediaannya 1000 kali lebih melimpah dibandingkan Indium (Sugianto dkk, 2015).

Penelitian sintesis nanorod ZnO menggunakan substrat telah banyak dilakukan, yaitu dengan substrat silikon oleh (Faisal dkk, 2020) menggunakan metode hidrotermal yang menghasilkan lima puncak XRD dengan sudut $2\theta = 31.8^\circ, 34.6^\circ, 36.3^\circ, 46.6^\circ$ dan 62° pada bidang (100), (002), (101), (102) dan (103), masing-masing. Puncak intensitas tertinggi diamati sepanjang arah bidang [002], menunjukkan sumbu-c dari ZnO NRs yang sangat berorientasi. Rata-rata ukuran kristal ZnO dihitung menggunakan persamaan Debye-Scherrer sepanjang bidang (002) dan ditemukan sekitar 28 nm. Diameter rata-rata nanorod ZnO yang diukur dari citra TEM adalah sekitar 70 nm dan panjang 350 nm.

Penelitian relevan juga dilakukan oleh (Evi Maryanti, 2010) menggunakan metode deposisi larutan pada substrat ITO. Pola XRD yang dihasilkan menunjukkan bahwa senyawa yang terdeposisi pada substrat gelas ITO merupakan ZnO dengan struktur kristal *wurtzite* heksagonal. Puncak-puncak $2\theta = 31.57^\circ, 34.31^\circ, 36.13^\circ, 47.28^\circ, 56.46^\circ$ sesuai dengan pola difraktogram standar dari ZnO pada JCPDS No. 36-1451 dengan konstanta kisi $a = 3.25 \text{ \AA}$ dan $c = 5.21 \text{ \AA}$. Hasil juga menunjukkan bahwa kristal ZnO berbentuk heksagonal dan ukuran kristal berbeda untuk masing-masing konsentrasi prekursor yang menandakan bahwa konsentrasi prekursor merupakan faktor penting yang memengaruhi ukuran dan morfologi dari kristal, disebabkan oleh difusi kritis dari monomer-monomer, keterbatasan pertumbuhan, kondisi pengendapan dan kekuatan ionik pada proses *ageing* serta tegangan antar muka.

Para peneliti umumnya mempelajari transformasi padatan kristal dengan mencocokkan difraktogram sinar-X dengan data sekunder (JCPDS database) untuk mempelajari perubahan tersebut. Namun metode ini hanya bersifat kualitatif dan dinilai kurang mampu menunjukkan perubahan secara tepat tentang keseluruhan transformasinya hingga tingkat parameter unit sel kristalnya. Solusi untuk mempelajari secara detail mengenai perubahan fasa kristal ini hingga pada bagian parameter unit sel dapat dilakukan dengan memanfaatkan perhitungan Metode Rietveld (analisis kuantitatif). Metode ini merupakan metode penghalusan data (*refinement*) yang diperkenalkan oleh Hugo Rietveld sekitar tahun 1960-an. Cara ini bertujuan untuk keperluan karakterisasi material kristal (Mukminin, 2019).

Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis struktur kristal ZnO nanorod dengan substrat ITO dan silikon dengan teknik penghalusan rietveld menggunakan *software General Structure Analysis System (GSAS)* untuk melihat pengaruh substrat pada parameter fisika, yaitu konstanta kisi, ukuran kristalit, strain, volume unit atom, densitas, serta visualisasi 3D dari unit sel.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh substrat pada parameter fisika ZnO nanorod dengan substrat ITO dan silikon, yaitu konstanta kisi, ukuran kristalit, strain, volume unit atom, densitas, serta visualisasi 3D dari unit sel menggunakan teknik penghalusan rietveld dengan *software General Structure Analysis System (GSAS)*.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis struktur kristal ZnO nanorod dengan substrat ITO dan silikon setelah dilakukan proses rietveld *refinement* menggunakan *software General Structure Analysis System (GSAS)*.

2. Menganalisis pengaruh substrat pada parameter fisika, yaitu konstanta kisi, ukuran kristalit, strain, volume unit atom, densitas, serta visualisasi 3D dari unit sel.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai, maka penelitian ini akan menghasilkan beberapa manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan parameter struktur kristal dari data XRD ZnO nanorod dengan substrat ITO dan silikon setelah dilakukan proses rietveld *refinement* menggunakan *software General Structure Analysis System (GSAS)*.
2. Memberikan informasi penelitian mengenai pengaruh substrat pada parameter fisika, yaitu konstanta kisi, ukuran kristalit, strain, volume unit atom, densitas, serta visualisasi 3D dari unit sel.

