

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Nanoteknologi merupakan teknologi inovatif dengan prinsip merekayasa sifat-sifat material, untuk menghasilkan produk dalam skala nanometer dengan sifat yang lebih efisien, efektif, dan berdaya guna tinggi (Chandorkar dkk., 2021). Perkembangan nanoteknologi menunjukkan kemajuan pesat diberbagai bidang, seperti material, manufaktur, kesehatan, IT, dunia sains, energi dan lingkungan (Talebian dkk., 2021). Produk nanoteknologi tidak terlepas dari material berukuran nano (nanomaterial) sebagai dasar dikembangkannya nanoteknologi (Ghassan dan Mijan, 2020).

Nanomaterial merupakan material dengan struktur nano dan dikelompokkan berdasarkan rentang dimensinya (Zhao dkk., 2013), seperti nanomaterial berdimensi nol, nanomaterial berdimensi satu, nanomaterial berdimensi dua, dan nanomaterial berdimensi tiga (Vázquez dkk., 2021). Dalam dua dekade terakhir, nanomaterial berdimensi dua seperti lapisan tipis memiliki eksistensi luas, sehingga berpotensi untuk terus dikembangkan (Naghdi, 2021). Dalam pembuatan lapisan tipis, digunakan material semikonduktor seperti CdS, WO₃, SnO₂, TiO₂, GaN, Si, dan ZnO (Soussi dkk., 2020). Material semikonduktor jenis logam oksida seperti ZnO sangat populer, sehingga ZnO banyak diaplikasikan sebagai material utama lapisan tipis (Nemiwal dkk., 2021).

ZnO atau *Zinc Oxide* merupakan material semikonduktor tipe-n golongan II-VI yang kovalensinya berada pada batas antara semikonduktor ionik dan kovalen (Kolodziejczak dan Jesionowski, 2014), berbentuk serbuk berwarna putih dan memiliki struktur kristal *wurtzitne* (heksagonal) (Fan dkk., 2011). ZnO memiliki karakteristik unik, seperti transisi yang baik, mobilitas elektron yang tinggi, memiliki nilai *band gap* sebesar 3.37 eV (pada suhu kamar), energi eksitasi tinggi sebesar 60 meV (Sugihartono dkk., 2020), ketersediaan yang melimpah, tidak beracun, dan ekonomis (Dewi dkk., 2020). Selain itu, ZnO memiliki stabilitas, transparansi (Vanaja dan Rao, 2016), dan kemampuan fotokatalis yang baik

(Abdel-wahab dkk., 2016), sehingga dengan karakteristik yang menguntungkan menjadikan ZnO sebagai material bersifat piezoelektrik, dapat diaplikasikan sebagai perangkat optoelektronik, sel surya, aplikasi konduktor transparan dan lapisan tipis (Erniria, 2021).

Lapisan tipis ZnO memiliki sifat optik seperti transmitansi sebesar 70% (Erniria, 2021), absorptansi pada rentang sinar UV sebesar 368 nm (Benaicha dkk., 2021). Efisiensi fotokatalis lapisan tipis ZnO berdasarkan fotodegradasinya sebesar 25% (Pascariu dkk., 2018). Oleh karena itu, karakteristik lapisan tipis ZnO dianggap kurang baik, sehingga perlu untuk ditingkatkan (Benaicha dkk., 2021). Karakteristik tersebut dapat ditingkatkan dan dimodifikasi dengan melakukan pendopongan pada lapisan tipis ZnO (Benaicha dkk., 2021).

Pemberian doping dapat dilakukan menggunakan unsur logam dan non logam. Logam yang dijadikan sebagai dopan biasanya logam golongan III (B, Al, Ga, In) atau golongan IV (Pb, Sn) (Gayen dan Paul, 2016). Namun, Indium (In) dan Ga (Galium) dalam penggunaannya sebagai dopan membutuhkan biaya yang relatif tinggi dan bersifat *toxic* jika dibandingkan dengan logam transisi (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Zn) (Guermat dkk., 2021). Lapisan tipis ZnO yang didoping oleh logam transisi tengah menjadi pusat perhatian para peneliti, dikarenakan dapat diamatinya semikonduktor dengan sifat feromagnetik pada suhu ruang, menciptakan generasi baru dari perangkat optoelektronik dan perangkat semikonduktor spintronik (Alsaad, 2014) (Paskaleva dkk., 2021).

Nikel (Ni) dan *cobalt* (Co) merupakan logam transisi yang dapat dijadikan dopan pada lapisan tipis ZnO (Pascariu dkk., 2018). Logam Ni merupakan dopan yang sangat penting bagi material magnetik, dikarenakan Ni memiliki valensi yang sama dengan Zn^{2+} dengan jari-jari ionik yang mendekati Zn^{2+} sebesar 0,74 Å. Oleh karena itu, sangat memungkinkan apabila ion Ni^{2+} menggantikan Zn^{2+} pada kisi ZnO (Rajeh dkk., 2015). Lapisan tipis ZnO:Ni dapat meningkatkan nilai transmitansi menjadi 93% dan mampu meningkatkan efisiensi fotokatalis pada rentang cahaya tampak (Rohmah, 2015). Namun, pendopongan Ni pada lapisan tipis ZnO juga menyebabkan ketidaksempurnaan pada kristal seperti meningkatnya dislokasi, sehingga ukuran kristal menurun (Zuhdi, 2018). Selain itu energi *band*

gap yang dihasilkan lapisan tipis ZnO:Ni masih tidak seragam, beberapa penelitian menyebutkan doping Ni dapat menurunkan energi *band gap*, namun penelitian lainnya menyebutkan bahwa doping Ni dapat meningkatkan energi *band gap*. Selain Ni, logam transisi yang dipilih sebagai dopan adalah *cobalt* (Co). Pemilihan Co sebagai dopan pada lapisan tipis ZnO dikarenakan sifat *cobalt* yang memiliki mobilitas tinggi, transparan, memiliki konduktivitas listrik yang baik, dan mampu meningkatkan efisiensi fotokatalis pada rentang cahaya tampak (Rohmah, 2015). Doping Co pada lapisan tipis ZnO mampu menurunkan energi *band gap*, seiring dengan meningkatnya konsentrasi dopan Co. Menurunnya energi *band gap* pada lapisan tipis ZnO mengindikasikan bahwa konduktivitas listrik meningkat (Saha dkk., 2015).

Guermat dkk., (2021) melakukan penelitian lapisan tipis ZnO dengan penambahan doping (Ni-Co) sebesar 3% Ni-2% Co dan 3% Ni-3% Co. Korelasi antara konsentrasi dopan (Ni-Co) terhadap sifat optik, listrik, morfologi, dan struktur kristal telah dianalisis. Hasil yang diperoleh pada penelitian tersebut menunjukkan ketidaksempurnaan kristal jenis dislokasi menurun, terbentuknya struktur kristal yang lebih baik dan ukuran kristal meningkat menjadi 17.188 nm. Selain itu, nilai transmitansi optik menunjukkan peningkatan dari yang sebelumnya 85% menjadi 87% pada ZnO:(Ni-Co). Lapisan tipis ZnO:(Ni-Co) juga memiliki sifat listrik yang lebih baik seiring meningkatnya konsentrasi dopan, ditunjukkan dengan nilai konduktivitas listrik ZnO:3%Ni-2%Co dan ZnO:3% Ni-3% Co secara berurutan 43.74 Ω/cm dan 67.16 Ω/cm . Hal tersebut menunjukkan bahwa doping (Ni-Co) mampu meningkatkan sifat kelistrikan pada lapisan tipis ZnO (Guermat dkk., 2021). Namun demikian, mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Guermat dkk., (2021) lapisan tipis ZnO:(Ni-Co) memiliki kekurangan, seperti peningkatan nilai transmitansi ZnO:(Ni-Co) sebesar 87% tidak lebih besar dari ZnO:Ni sebesar 93%, pada konsentrasi dopan (3%Ni-2%Co) lapisan tipis yang dihasilkan memiliki tingkat ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan ZnO:Co, dan belum dilakukannya pengujian aktivitas fotokatalis, sehingga perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut.

Berdasarkan penjelasan diatas, akan dilakukan penelitian mengenai lapisan tipis ZnO doping Ni dan Co (ZnO:(Ni-Co)) dengan konsentrasi dopan yang divariasikan sebesar 0%, (1%Ni-10%Co), (3%Ni-10%Co), dan (5%Ni-10%Co) menggunakan metode *Ultrasonic Spray Pyrolysis* (USP). Metode tersebut dipilih sebagai metode deposisi ZnO:(Ni-Co) karena dapat mengontrol prekursor menggunakan *spray*, prosesnya yang mudah, cepat, dan ekonomis (Ramazan, 2019). Penelitian lapisan tipis ZnO:(Ni-Co) akan dilakukan dengan harapan mampu menciptakan lapisan tipis ZnO dengan transparansi, sifat optik dan kemampuannya sebagai fotokatalis dalam mendegradasi zat pewarna organik.

B. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengapa (Ni-Co) dipilih sebagai doping pada lapisan tipis ZnO?
2. Bagaimana pengaruh dopan 0%, (1%Ni-10%Co), (3%Ni-10%Co), dan (5%Ni-10%Co) terhadap struktur kristal lapisan tipis ZnO?
3. Bagaimana pengaruh dopan 0%, (1%Ni-10%Co), (3%Ni-10%Co), dan (5%Ni-10%Co) terhadap sifat optik dan aktivitas fotokatalitik lapisan tipis ZnO?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh dopan Ni-Co terhadap struktur kristal lapisan tipis ZnO.
2. Menganalisis pengaruh dopan Ni-Co terhadap sifat optik lapisan tipis ZnO.
3. Menguji aktivitas fotokatalitik lapisan tipis ZnO:(Ni-Co) terhadap zat warna *methylene blue*.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang dipaparkan, manfaat yang akan tercapai yaitu mengetahui peran doping Ni-Co pada karakteristik lapisan tipis ZnO meliputi struktur kristal, sifat optik, dan uji aktivitas fotokatalis.