

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Laju pertumbuhan penduduk mengakibatkan peningkatan industrialisasi dan menimbulkan banyaknya gas beracun NO_2 serta mencemari atmosfer sehingga berdampak langsung pada kesehatan manusia (Liao dkk., 2016). Gas beracun NO_2 menyebabkan penyakit sistem pernapasan, luka pada mata, kulit, kegagalan fungsi paru, iritasi tenggorokan, dan kematian (Sankar Ganesh dkk., 2019). Selain itu, NO_2 dan gas NO_x lainnya juga merupakan prekursor untuk polusi udara serta berperan dalam pembentukan hujan asam dan asap fotokimia, jika kadar NO_2 di lingkungan tinggi (Marquis dan Vetelino, 2001). Penelitian tentang teknologi sensor gas NO_2 merupakan hal yang menarik untuk dibahas dan telah berhasil dilakukan dengan memvariasikan material yang digunakan. Material yang biasa digunakan sebagai teknologi sensor gas NO_2 antara lain material semikonduktor, *carbon nanotube*, polimer, dan material penyerap kelembapan yang memiliki sifat kelistrikan berbeda (Liu dkk., 2012). Teknologi sensor gas NO_2 yang paling umum digunakan adalah sensor berbasis nanopartikel semikonduktor oksida logam karena prinsip penginderaan andal, kemudahan fabrikasi, memiliki sensitivitas tinggi, kompatibilitas baik dengan rangkaian elektronik, luas permukaannya besar, selektivitas, sederhana dan murah (J. Zhao dkk., 2014).

Nanopartikel semikonduktor oksida logam banyak digunakan untuk mendeteksi gas pengoksidasi maupun gas pereduksi. Prinsip kerja semikonduktor oksida logam adalah perubahan konduktivitas atau resistivitas selama adsorpsi gas pada permukaan material (Yaqoob dkk., 2016). Perubahan resistansi dalam material karena adsorpsi gas pengoksidasi. Pembentukan daerah penipisan antara butir semikonduktor oksida logam tipe-n meningkatkan sensitivitas terhadap gas (Ma dkk., 2016). Konsentrasi O^- yang teradsorpsi memiliki kontrol langsung terhadap cacat kisi. Masuknya gas pengoksidasi ke dalam bahan semikonduktor tipe-n menurunkan konsentrasi elektron pada permukaan dan meningkatkan resistansi semikonduktor (Li dkk., 2013). Diketahui bahwa elektron adalah pembawa

mayoritas yang bertanggung jawab atas aliran arus dalam bahan semikonduktor tipe-n. Karena adanya gas pengoksidasi dalam aliran pembawa mayoritas permukaan semikonduktor berkurang. Pengurangan aliran arus sesuai dengan resistivitas tinggi (Xu dkk., 2014). Sensor gas dari nanopartikel semikonduktor oksida logam yang telah diteliti yaitu SnO_2 , WO_3 , TiO_2 , In_2O_3 dan ZnO . Dari material-material tersebut, ZnO menarik perhatian karena celah pitanya 3.37 eV, energi ikat eksitasi 60 meV, transparansi, ionisasi tinggi, stabilitas termal dan memiliki sifat listrik. Hal ini memperluas penerapan ZnO di sel surya, sensor gas, perangkat optoelektronik, dioda laser dan fotodetektor (Bhattacharya dkk., 2018).

Dalam rangka meningkatkan sensitivitas dan keandalan sensor gas berbasis ZnO sifat-sifat seperti permukaan hingga rasio volume dan cacat kisi harus dioptimalkan (W. Zhao dkk., 2018). Salah satu jenis pengoptimalan tersebut adalah penambahan doping ke dalam struktur logam yang secara signifikan akan mempengaruhi sifat listrik dan optik. Doping ialah proses substitusi logam transisi feromagnetik ke dalam semikonduktor (Ningsih, 2017). Doping dapat memberikan pengaruh besar terhadap konduktivitas bahan semikonduktor. Doping juga dapat meningkatkan sensitivitas karena efektif memodifikasi parameter sel dan pita kristal struktur ZnO (Darvishnejad dkk., 2016). Selain itu, menambahkan doping dalam nanopartikel ZnO dapat menimbulkan cacat yang menyediakan situs preferensial untuk adsorpsi molekul gas. Perlakuan doping ini dilakukan karena dapat menyebabkan semakin banyaknya elektron bebas dan *hole* pada kristal. Peningkatan konsentrasi elektron juga dapat memperbesar lebar celah pita energi semikonduktor (Mitayani, 2013).

Doping dari logam transisi seperti Cu, Fe, Mn, Ni dan Co pada ZnO menyebabkan interaksi pertukaran antara elektron S dan P dari ZnO dan d - elektron ion logam transisi secara signifikan mempengaruhi sifat struktural, optik dan magnetik (Liu dkk., 2015). Fe, Mn and Co telah menarik banyak perhatian karena struktur cangkang elektroniknya yang berbeda dan ukuran ionik yang mirip dengannya Zn. Di antara ion-ion tersebut, Fe ini memiliki keadaan multivalensi dan bersifat feromagnetik karenanya itu menjadi pilihan yang tepat sebagai dopan untuk membawa magnet maksimum berpengaruh pada oksida logam. Fe dan ZnO

memiliki kemiripan ukuran jari-jari ionik yaitu Fe^{2+} (0.078 nm), Fe^{3+} (0.068 nm), dan Zn^{2+} (0.074 nm) (Köseoğlu, 2015). Ini juga mempengaruhi celah pita dan sifat optik (Kumari dkk., 2021). Telah dilaporkan bahwa cacat, kekosongan, konsentrasi donor dan adsorpsi-desorpsi oksigen dipengaruhi oleh doping Fe pada ZnO (Kafle dkk., 2016). ZnO yang didoping Fe memperlebar celah pita optik dan bergeser spektrum adsorpsi ke energi rendah dengan meningkatnya konsentrasi dopan. Oleh karena itu telah ditetapkan bahwa doping Fe pada ZnO memiliki pengaruh yang signifikan dalam mekanisme penginderaan (Hwang dkk., 2008).

Penelitian Sankar Ganesh dkk., 2019 melaporkan bahwa nanopartikel ZnO yang didoping Fe memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan ZnO yang tidak didoping. Efek konsentrasi doping dan suhu operasi pada respon gas NO_2 dianalisis. Respons gas lebih tinggi diamati untuk nanopartikel ZnO yang didoping Fe. Sensitivitas maksimum sensor ZnO yang didoping Fe sekitar 209.8 dibandingkan dengan ZnO yang tidak didoping. Sensor ZnO yang didoping Fe menunjukkan respons yang cepat, reproduktifitas dan stabilitas terhadap gas NO_2 pada suhu rendah 150°C . Nanopartikel ZnO yang didoping Fe menunjukkan respon yang cepat tetapi waktu pemulihan sensor relatif lebih lama. Waktu respons berkurang dari 49 menjadi 6 detik untuk 10-100 ppm konsentrasi NO_2 . Sensor ZnO yang didoping Fe menunjukkan respons yang baik bahkan pada deteksi yang lebih rendah dari 10 ppm (Sankar Ganesh dkk., 2019). Köseoğlu, 2015 dalam penelitiannya melaporkan bahwa nanopartikel ZnO yang didoping Fe dengan konsentrasi $x = 0, 0.05, 0.1, 0.15, \text{ dan } 0.2$ masing-masing adalah 35, 35.4, 25.3, 21, 28.3 nm mengalami penurunan ukuran kristal seiring peningkatan substitusi Fe (Köseoğlu, 2015). Sifat optik pada penelitian Musharaf dkk., 2021 melaporkan celah pita dari nanopartikel ZnO yang didoping Fe dengan konsentrasi $x = 0, 0.01, 0.05, 0.20, 0.22, \text{ dan } 0.25$ masing-masing pada kisaran 3.09, 3.13, 3.23, 3.17, 3.11, dan 2.94 eV (Musharaf dkk., 2021).

Selain doping, suatu hal yang mempengaruhi sifat material nanopartikel ZnO adalah pemilihan metode sintesis. Sintesis nanopartikel ZnO yang banyak dipelajari dan diteliti yaitu menggunakan metode *Metal Organic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD) (Sugihartono dkk., 2018), *Ultrasonic Spray Pyrolysis* (USP)

(Sugihartono dkk., 2012), *hydrothermal* (Sugihartono dkk., 2016), elektrodeposisi (Kim dkk., 2009), *Chemical Bath Deposition* (CBD) (Sugihartono dkk., 2019), sol-gel (Alias dkk., 2010), presipitasi (Hong dkk., 2006) dan solvotermal (Shamhari dkk., 2018). Metode presipitasi termasuk salah satu metode sintesis kimia basah yang melibatkan reaksi kimia antara dua atau lebih larutan untuk menghasilkan presipitat atau endapan (Anggiana dan Prayoga, 2017). Di antara berbagai proses sintesis yang tersedia, metode presipitasi memiliki keunggulan sebagai metode yang efektif karena biaya murah, suhu rendah, proses sederhana dan ramah lingkungan. Selain itu, kristalinitas yang lebih baik dari materi dapat dicapai melalui metode ini (Musharaf dkk., 2021).

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel ZnO dengan doping feromagnetik Fe menggunakan metode presipitasi. Konsentrasi dopan Fe yang divariasikan bermacam-macam yaitu 0%, 6%, 10%, dan 12%. NaOH disiapkan dan ditambahkan ke dalam larutan tetes demi tetes. Larutan dicuci dengan air deionisasi (4 kali) diikuti pengeringan pada suhu 100°C selama 2 jam. *Annealing* selama 4 jam pada suhu 400°C. Sampel hasil sintesis dikarakterisasi struktural, komposisi, dan sifat optik dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan Spektroskopi UV-Vis. Berdasarkan perubahan yang terjadi di setiap sifat struktur maupun optik, diharapkan sampel dapat memenuhi untuk dijadikan kandidat sensor gas NO₂.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan diatas, terdapat tiga rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Bagaimana proses sintesis nanopartikel Zn_{1-x}Fe_xO ($x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$) menggunakan metode presipitasi?
2. Mengapa doping Fe mempengaruhi perubahan sifat struktur kristal dan absorbansi nanopartikel Zn_{1-x}Fe_xO ($x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$)?
3. Apakah ada hubungan doping Fe pada nanopartikel Zn_{1-x}Fe_xO ($x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$) terhadap besar nilai celah pita?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Sintesis nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ($x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$) menggunakan metode presipitasi.
2. Menganalisis efek doping Fe pada perubahan sifat struktur kristal dan absorbansi nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ($x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$).
3. Menentukan dan mengetahui hubungan doping Fe terhadap besar nilai celah pita dari nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ($x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$).

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan diatas maka diharapkan manfaat yang dapat didapatkan pada penelitian ini adalah:

1. Mampu melakukan sintesis nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ($x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$) menggunakan metode presipitasi.
2. Memberikan pemahaman tentang efek doping Fe pada perubahan sifat struktur kristal dan absorbansi nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ($x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$).
3. Memberikan informasi tentang hubungan doping Fe terhadap besar nilai celah pita dari nanopartikel $Zn_{1-x}Fe_xO$ ($x = 0, 0.06, 0.10, \text{ dan } 0.12$).
4. Sampel dapat memenuhi kriteria untuk dijadikan kandidat sensor gas NO_2 .