

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan film tipis adalah elemen kunci dari kemajuan teknologi di bidang perangkat optoelektronik, fotonik, dan magnetik. Studi film tipis telah secara langsung atau tidak langsung memajukan banyak bidang penelitian baru dalam fisika dan kimia benda padat yang didasarkan pada fenomena karakteristik unik dari ketebalan, geometri, dan struktur film. Pemrosesan bahan menjadi film tipis memungkinkan integrasi yang mudah ke dalam berbagai jenis perangkat (Rao dan Shekhawat, 2013). Selain itu, industri elektronik telah menjadi penerima manfaat terbesar dari teknologi film tipis, yang berkontribusi pada pengembangan mikroelektronika (misalnya, transistor, sensor, memori, perangkat energi, pelapis) dengan mengurangi ukuran perangkat semikonduktor (Kwon, 2022).

Pengoptimalan sifat dan karakteristik fisik film tipis membutuhkan waktu yang intensif karena tersedianya sejumlah besar parameter komposisi, pengendapan, dan pemrosesan. Perangkat film tipis ini dirancang dengan kemampuan deformasi mekanis yang luar biasa, kepekaan terhadap respons multifungsi, dan kemampuan kontrol yang cerdas, tetapi rapuh secara fisik sehingga terkadang butuh material dopan sebagai penguat (Chae, dkk., 2021). Fabrikasi film tipis ini tidak dapat dipisahkan dari proses deposisi, dimana lapisan film tipis dibuat dan disimpan ke bahan substrat yang dapat dibuat dari berbagai bahan. Lapisan film tipis juga memiliki banyak karakteristik berbeda yang dimanfaatkan untuk mengubah atau meningkatkan beberapa elemen kinerja substrat (Forgerini dan Marchiori, 2014). Dengan kaitannya dalam penentuan kualitas film tipis, ada beberapa alat komputasi yang dapat dimanfaatkan untuk mengkarakterisasi sifat-sifat material dengan gangguan komposisi dan struktural, contohnya dengan mengukur koefisien penyerapan untuk berbagai energi memberikan informasi tentang celah pita material (MacLeod, dkk., 2020).

Segala informasi tentang film tipis sangat penting diketahui untuk penerapannya dalam berbagai perangkat. Di dunia sekarang ini, film tipis biasanya

dianggap berhubungan dengan semikonduktor. Film tipis menjadi sangat penting karena mengubah interaksi permukaan platform yang baru terbentuk dari sifat substrat yang ditentukan oleh berbagai faktor salah satunya proses deposisi (Chaudhari, dkk., 2021). Proses fabrikasi memiliki peran yang vital dalam pembentukan karakteristik film tipis. Metode deposisi film yang sering digunakan adalah dengan media uap (atau plasma) untuk mengangkut prekursor fase perovskit, ada dua jenis teknik pemrosesan yang berbeda; Deposisi Uap Fisik (PVD) dan Deposisi Uap Kimia (CVD). Perbedaan di antara keduanya terletak pada fase pembawa material dari target ke substrat, dimana CVD menggunakan fase sublimasi sedangkan PVD terjadi pada fase gas. Kedua metode tersebut memiliki pendekatan yang sama dan memiliki karakter film yang hampir sama yaitu tipis tetapi sangat padat (Gumiel dan Calatayud, 2021).

DC sputtering sebagai salah satu teknik deposisi uap fisik, terkenal sebagai metode yang sangat baik untuk pengendapan logam, tetapi belum begitu banyak digunakan untuk bahan majemuk. Keuntungan dari DC *sputtering* adalah kesederhanaan peralatan (tidak memerlukan sistem frekuensi radio). Teknik ini belum diterapkan secara luas kecuali DC *sputtering* dengan target seng (Zn) di bawah atmosfer oksigen (O_2). Target ZnO baru-baru ini diselidiki dalam eksperimen deposisi DC *sputtering*, dengan ZnO diendapkan pada substrat silikon (Si). Hasil yang menarik diperoleh bahwa oksigen berlebih dimasukkan dalam film yang diendapkan menjadi ZnO stoikiometrik berdasarkan difraktometri sinar-X dan spektroskopi sinar-X dispersif energi (Ohmukai, dkk., 2016).

Dari berbagai bahan yang telah dipelajari terdahulu, ZnO dianggap sebagai bahan serbaguna dengan sifat yang menjanjikan seperti celah pita besar 3,37 eV dan energi pengikatan eksitonik besar 60 meV pada suhu ruangan. Namun, ZnO murni memiliki sensitivitas yang buruk terhadap sinar UV karena banyaknya rekombinasi pasangan elektron-lubang yang dihasilkan saat proses. Untuk mengatasi masalah ini, doping dengan ion logam dapat meningkatkan sensitivitas UV dari fotodetektor berbasis ZnO. Penelitian terdahulu melaporkan bahwa fotokonduktivitas UV dari ZnO yang didoping bersama Al dan Mg untuk aplikasi deteksi foto UV memiliki fotoresponsivitas sebesar 22,33 mA/W, mengindikasikan Mg^{2+} cocok untuk menggantikan ion Zn^{2+} dalam kisi ZnO (Sharma, dkk., 2022). Dalam penelitian lain

alasan mengapa Mg sangat cocok digunakan sebagai dopan dalam film Zn adalah; (i) jari-jari ionik ion Mg dan Zn masing-masing adalah 0,72 Å dan 0,74 Å, yang sangat berdekatan satu sama lain, (ii) Konstanta kisi hampir tidak berubah dengan substitusi Mg ke dalam Zn, (iii) memiliki kelarutan yang tinggi, dan (iv) doping Mg ke dalam nanopartikel ZnO dapat bekerja secara efisien sebagai fotokatalis untuk mengurangi kontaminasi organik yang terdapat di udara (Khan, dkk., 2024). Film tipis ZnO dapat difabrikasi dengan banyak metode dan teknik salah satunya dengan metode deposisi uap fisik (plasma) khususnya *magnetron sputtering* (Johari, dkk., 2017). Film tipis seng oksida (ZnO) adalah semikonduktor film tipis II-IV yang banyak digunakan dalam banyak aplikasi sensor (Muslih dan Kim, 2017).

Dalam lingkup fisika medis, sensor memiliki peran yang cukup vital baik dalam pencitraan maupun dosimetri untuk mendeteksi tingkat paparan. Untuk mendapatkan citra yang optimal tanpa meningkatkan resiko paparan terhadap pasien maupun operator maka detektor harus memiliki kinerja sangat baik yang mampu memberikan citra berkualitas tinggi. Perbedaan antara unit yang tersedia di pasaran ditentukan oleh karakteristik sensor, seperti resolusi spasial atau kontras. Jenis detektor digital yang paling banyak digunakan dalam pencitraan konvensional berenergi rendah adalah *charge-coupled devices* (CCDs), *complementary metal oxide-semiconductors* (CMOS), dan *flat panel sensor* (Erdelyi, dkk., 2021). Pada sistem sensor *flat panel*, *solid-state-detector* (detektor semikonduktor) berbasis silikon (Si) dan berbasis selenium (Se) adalah bahan yang paling banyak digunakan sebagai detektor sinar-x, namun keduanya memiliki respon tidak langsung karena sifatnya peka terhadap foton cahaya tampak (Liu dan Kim, 2022).

Alternatif yang tersedia saat ini adalah semikonduktor majemuk dengan celah pita lebar seperti kadmium telurida atau kadmium seng telurida (*poly-CdZnTe*) dapat digunakan pada suhu kamar, tetapi dengan tantangan cacat kristal dapat menurunkan kinerjanya (Pennicard, 2017). Selain untuk mengukur kesesuaian dosis, disisi lain detektor dapat digunakan sebagai pencitraan konversi langsung yang memberikan keuntungan berupa *signal-to-noise* tinggi dan resolusi tinggi (Ou, dkk., 2021). Peningkatan pertumbuhan kristal dan pemrosesan perangkat menjadi hal utama untuk mendapatkan semikonduktor dengan nomor atom tinggi. Terbaru seng selenida diaktifasi telurium (ZnSe:Te) menunjukkan

respon yang cukup baik terhadap paparan sinar-x langsung (Linardatos, dkk., 2020). Namun, pengembangan berbagai detektor tersebut memiliki keterbatasan biaya mahal dan ketersediannya. Alternatif yang sangat menjanjikan dari segi ekonomi dan suplai bahan adalah penggunaan seng oksida (ZnO) (Tamayo, dkk., 2022). Secara alami, film tipis ZnO memiliki kemampuan yang cukup baik dalam berinteraksi dengan sinar-x, sehingga peluang pengembangannya sangat luas. Penelitian yang pernah dilakukann sebelumnya adalah detektor seng oksida (film tipis) dengan ketebalan 3 μm yang dipasangkan pada radiografi sinar-x umum memiliki kepekaan dari 25 nC/Gy dengan laju dosis 1,532 Gy/s (Liang, dkk., 2019). Sedangkan penelitian lain menunjukkan performa yang lebih tinggi apabila send oksida diberi *doping* magnesium. Pada kondisi ketebalan 0,3 μm dan laju dosis 100mGy/s sensitifitas naik menjadi 3,03 $\mu\text{C/mGy}$ (Xu, dkk., 2022).

Berbagai studi yang telah dilakukan mamiliki hasil yang sama dimana semikonduktor digunakan sebagai sensor saja atau dosimetri saja. Hal tersebut dikarenakan pengembangan detektor saat ini berfokus pada pemanfaatan persitiwa respon tidak langsung terhadap sinar-x yang mengakibatkan bahwa semikonduktor tersebut tidak dapat mengukur tegangan respon dan dosis secara bersamaan. Fakta tersebut membuka kesempatan dalam pengembangan detektor semikonduktor untuk deteksi sinar-x langsung. Model dioda Schottky cukup menjanjikan karena memadukan dua semikonduktor (sambungan p-n) untuk membentuk dioda dengan kemampuan merespon sinar-x langsung dan pada posisi bias mundur sehingga sinyal listrik dapat diukur secara searah terbalik (Tinoco, dkk., 2020). Kemampuan tersebut memungkinkan untuk melakukan pengukuran dosis (arus) dan respon tegangan pada waktu bersamaan. Variabel tegangan tabung dan waktu paparan akan dipelajari menggunakan sinar-x konvensional.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memfabrikasi film tipis ZnO dan MZO pada substrat FTO menggunakan model dioda Schottky dan metode deposisi DC *magnetron sputtering*.
2. Mengakarakterisasi film tipis ZnO dan MZO untuk mengetahui struktur kristal, morfologi permukaan, dan sifat optik.

3. Menganalisis kemampuan didoa FTO-MZO untuk mendeteksi sinar-x melalui pengukuran elektrometer sebagai respon dari radiasi sinar-x radiografi konvensional.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah menghasilkan film tipis yang dapat mendeteksi sinar-x dari pesawat radiografi konvensional. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dikemudian hari dapat dijadikan rujukan dalam pengembangan sensor sinar-x berbasis semikonduktor, serta memberikan dukungan terhadap penelitian lain yang sejenis.