

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia berencana untuk menggunakan lebih dari 23% energi terbarukan pada tahun 2025 (ESDM & Agency, 2021). Sumber energi matahari memiliki potensi yang sangat besar untuk mencukupi sumber daya energi manusia, sekitar $3 \times 10^{24} J$ per tahun, atau 10.000 kali lebih banyak dari jumlah energi yang dikonsumsi oleh penduduk dunia saat ini (B. Li dkk., 2006). Sel surya dikembangkan sebagai salah satu sektor ketenagalistrikan energi terbarukan (EBT) sebagai pemanfaatan energi matahari untuk mengatasi krisis energi fosil. Sel surya yang bekerja dengan lapisan utama semikonduktor yang akan menyerap foton, menciptakan elektron dan *hole* (pembawa muatan positif). Kemudian elektron ditarik untuk mengalir di sekitar sirkuit, dan kembali lagi ke *hole* pada sisi lain sel (Battersby, 2019).

Perkembangan sel surya terus berlangsung sampai saat ini. Generasi pertama sel surya yaitu berbasis Silikon yang menghasilkan efisiensi tinggi, generasi kedua berupa lapisan tipis (*thin film*) seperti Cadmium Telluride (CdTe) dan Copper Indium Gallium Selenide (CIGS), dan generasi ketiga merupakan sel surya berbasis nanokristal, pewarna tersensitisasi (*dye-sensitized*), dan Copper Zinc Tin Sulfur (CZTS). Kemajuan antar generasi terus dikembangkan untuk menghasilkan sel surya yang minim biaya namun tetap efisien. Sel surya lapisan tipis Copper Zinc Stannum Sulfur (CZTS) dari generasi ketiga dikembangkan untuk menggantikan CIGS yang memiliki kandungan material Indium dan Galium yang langka di alam dan harganya yang mahal. Cu_2ZnSnS_4 (CZTS) memiliki karakteristik yang mirip dengan sel surya $Cu(In_xGa_{1-x})S$ (CIGS) yang telah mencapai efisiensi >20% (Chirilă dkk., 2013).

Sel surya berbasis Cu_2ZnSnS_4 (CZTS) menunjukkan kinerja yang menjanjikan di bidang produksi energi matahari. Pada piranti fotovoltaik, penempatan lapisan buffer ada di antara lapisan absorber dan kaca konduktif Transparent Conductive Oxide (TCO). Pemilihan lapisan *buffer* yang tepat untuk

meningkatkan kinerja dari *absorber* CZTS, memberikan *band alignment* yang sesuai untuk pemisahan dari pembawa fotogenerasi, dan menghindari tegangan antarmuka dan cacat akibat ketidakcocokan kisi antara lapisan absorber dan TCO (Nguyen dkk., 2015).

Deposisi sel surya CZTS seringkali menggunakan CdS sebagai lapisan *buffer* pada struktur antarmuka CZTS/CdS untuk mengatasi masalah defisit tegangan pada sel surya CZTS dan meningkatkan konversi efisiensi. Struktur mikro dari CdS membentuk morfologi permukaan yang padat, rekat, dan membentuk struktur kristal yang baik. Material CdS memiliki energi *band gap* sebesar 2,4 eV, dan menyerap foton pada panjang gelombang yang kurang dari 520 nm (Nguyen dkk., 2015; Syamsul dkk., 2013). Kandungan Cd dalam CdS mengakibatkan adanya limbah beracun dan berbahaya bagi tubuh dan lingkungan (Joël Tchognia Nkuissi dkk., 2020), sehingga diperlukan untuk mengganti CdS dengan material yang lebih ramah lingkungan. Beberapa material bebas Cd yang digunakan sebagai lapisan *buffer*, misalnya ZnO, ZnS, In₂S₃, dan Ag₂ZnSn(S,Se)₄ (Buwarda, 2019; Jamil dkk., 2022; Nguyen dkk., 2015; Rajeshmon dkk., 2011; Yang dkk., 2019).

Material Ag₂ZnSnS₄ adalah semikonduktor tipe-n yang dikembangkan menjadi pengganti CdS sebagai lapisan *buffer*. Karakter material ini juga mirip dengan CZTS, sehingga memiliki kesesuaian kisi dan regangan kisi yang tidak terlalu jauh. Selain itu, material ini memiliki fase mineral pirquitasit dan energi *band gap* sekitar 1,3-2,1 eV (Saha & Konstantatos, 2021; Zhou dkk., 2021). Penambahan Ag pada AZTS diharapkan dengan meningkatkan energi *band gap* sehingga dapat meningkatkan Voc, seperti substitusi Ag pada CIGSe (Chagarov dkk., 2016). Huafei melaporkan konversi efisiensi dari struktur sel surya CZTS/AZTS mencapai 4,51% pada tahun 2018 (Guo dkk., 2018). Efisiensi untuk CZTS/AZTS dengan pemodelan SCAPS 1D mencapai 4,83% pada tahun 2022 (Jamil dkk., 2022).

Peningkatan kinerja dari sel surya CZTS salah satunya dilakukan dengan mengontrol kualitas lapisan absorber dengan komposisi *Cu-poor* dan *Zn-rich*, rasio Cu/(Zn+Sn) dan Zn/Sn sebesar 0,8 dan 1,2 (Satale & Bhat, 2020). Sebagaimana halnya merekayasa lapisan *absorber*, rekayasa lapisan *buffer* dapat menggunakan

cara mengatur konsentrasi dalam sintesis material. Salah satu material yang berpotensi sebagai lapisan *buffer* yaitu AZTS.

Berdasarkan potensi penggunaan AZTS sebagai lapisan *buffer* yang telah dijelaskan pada paragraf di atas, perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi Ag terhadap struktur mikro berupa struktur kristal dan morfologi permukaan beserta karakteristik optik untuk diterapkan sebagai lapisan *buffer* di atas CZTS. Pada penelitian ini, pengaruh konsentrasi Ag akan divariasikan berdasarkan komposisi *Ag-poor* dan *Zn-rich* dengan rasio $Ag/(Zn+Sn)$ dari 0,75; 0,80; 0,85; dan 0,90. Selain itu, perlu juga diteliti pengaruhnya terhadap performa sel surya berbasis kesterit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah adalah:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi Ag dalam sintesis Ag_2ZnSnS_4 terhadap struktur mikro?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi Ag dalam sintesis Ag_2ZnSnS_4 terhadap karakteristik optik?
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi Ag dalam sintesis lapisan *buffer* Ag_2ZnSnS_4 terhadap performansi sel surya berbasis CZTS?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh konsentrasi Ag dalam sintesis Ag_2ZnSnS_4 terhadap struktur mikro
2. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh konsentrasi Ag dalam sintesis Ag_2ZnSnS_4 terhadap karakteristik optik
3. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh konsentrasi Ag dalam sintesis lapisan *buffer* Ag_2ZnSnS_4 terhadap performansi sel surya berbasis CZTS

1.4 Batasan Masalah

Pengaruh konsentrasi Ag ditinjau melalui variabel bebas rasio konsentrasi $Ag/(Zn+Sn)$ dari rasio 0,75; 0,80; 0,85; dan 0,90. Hal ini dilakukan untuk

mengetahui pengaruh konsentrasi Ag terhadap sintesis material $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$ terhadap struktur mikro, karakteristik optik dan performa kinerja sel surya CZTS.

Struktur mikro pada penelitian ini meliputi sifat kristalin dan morfologi permukaan lapisan $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$ yang ditumbuhkan pada *soda lime glass* dengan metode *solution based spin coating*. Struktur mikro ditinjau untuk konsentrasi Ag yang berbeda dalam sintesis $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$.

Karakteristik optik dibahas pada penelitian ini dari variasi konsentrasi Ag dalam $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$ berupa spektrum absorpsi, energi celah pita (*band-gap*) dan *Light Harvesting Efficiency* (LHE) untuk mengetahui panjang gelombang yang optimal. Karakteristik optik ditinjau untuk konsentrasi Ag yang berbeda dalam sintesis $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$.

Performa atau kinerja dari sel surya berbasis kesterit CZTS dengan menggunakan variasi konsentrasi Ag dalam lapisan buffer $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$ dilihat dari sifat listriknya pada kurva I-V, yang mendeskripsikan tegangan terbuka (Voc), densitas arus pendek (Jsc), Fill Factor (FF), dan efisiensi (η) untuk mengetahui besaran energi yang dikonversi menjadi energi listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memperoleh data empiris mengenai pengaruh konsentrasi Ag pada sintesis material $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$ terhadap struktur mikro yang meliputi struktur kristal dan morfologi permukaan yang terbentuk, karakterisasi optik yang meliputi data energi celah pita, absorbansi, dan LHE, serta mengetahui performa dari sel surya berbasis CZTS apabila menggunakan lapisan *buffer* non-toxic $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$ yang diharapkan dapat menghasilkan struktur sel surya yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi ini disusun dalam lima BAB dengan beberapa sub-bab pada setiap BAB. Sistematika penulisannya secara rinci dijelaskan sebagai berikut: BAB I Pendahuluan membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dilakukannya penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi. BAB II Kajian Pustaka membahas tentang landasan teori

mengenai sel surya secara umum beserta sejarah, perkembangan dan prinsip kerja. Teori mengenai sel surya berbasis kesterit CZTS, komponen penyusunnya berupa lapisan konduktif, *absorber*, *buffer*, *hole-transport*, dan elektroda balik. Teori mengenai komposisi penyusun sel surya CZTS yang dinilai optimal pada penelitian sebelumnya. BAB III Metode Penelitian membahas tentang waktu dan lokasi penelitian, prosedur penelitian yang meliputi alat, bahan, proses sintesis dan fabrikasi, instrumen penelitian, serta cara menganalisis data. BAB IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang tentang seluruh data hasil penelitian, analisis kristalinitas dan morfologi lapisan *buffer* $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$, sifat optik lapisan *buffer* dan pengaruh variasi konsentrasi Ag pada lapisan *buffer* terhadap kinerja CZTS. BAB V Simpulan, Implikasi, dan Rekomendasi berisi tentang kesimpulan penelitian, implikasi yang berupa konsekuensi dari hasil penelitian, serta rekomendasi mengenai penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya.