

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, berbagai teknologi telah dikembangkan untuk memanfaatkan energi matahari, seperti pemanas matahari, arsitektur surya, *photovoltaic* (PV), fotosintesis buatan, dan pemisahan air fotokatalitik (Ionescu dkk., 2015). Di antaranya, fotovoltaik yang mengubah sinar matahari menjadi listrik telah menarik perhatian yang komprehensif, karena mampu menyediakan jumlah energi yang cukup untuk memenuhi semua kebutuhan daya tanpa menyebabkan polusi apa pun terhadap lingkungan (D. Yang dkk., 2019). Konversi radiasi matahari yang terjadi oleh efek PV didefinisikan sebagai munculnya tegangan listrik antara dua elektroda yang melekat pada sistem padat atau cair saat menyinari sistem tersebut (Goetzberger dkk., 2002). Listrik dapat dihasilkan secara langsung oleh energi matahari melalui sel PV atau secara tidak langsung oleh tenaga surya terkonsentrasi (Mekhilef dkk., 2011).

Perkembangan sel fotovoltaik telah mencapai beberapa generasi. Sel generasi pertama disebut sel konvensional, tradisional, atau berbasis wafer terbuat dari silikon kristal, yang dominan secara komersial, yang mencakup bahan seperti polisilikon dan silikon monokristalin. Sel generasi kedua adalah sel surya film tipis, yang mencakup sel silikon amorf, CdTe dan CIGS dan secara komersial signifikan dalam pembangkit listrik fotovoltaik skala utilitas, membangun fotovoltaik terintegrasi atau dalam sistem tenaga kecil yang berdiri sendiri. Sel surya film tipis lebih ekonomis dibandingkan dengan sel surya wafer silikon generasi pertama. Sel silikon-wafer memiliki lapisan penyerap cahaya hingga setebal 350 μm , sedangkan sel surya film tipis memiliki lapisan penyerap cahaya yang sangat tipis, umumnya dengan ketebalan 1 μm (Chopra dkk., 2004). Sel surya generasi ketiga mencakup sejumlah teknologi film tipis yang sering digambarkan sebagai fotovoltaik yang baru muncul atau kebanyakan belum diterapkan secara komersial dan masih dalam tahap penelitian atau pengembangan. Banyak yang menggunakan bahan organik, seperti senyawa organologam serta zat anorganik (Mohammad Bagher, 2015). Sel

surya generasi ke empat merupakan sel surya hibrid atau gabungan dari bahan organik dan anorganik (Pastuszak & Węgierek, 2022).

Sel surya perovskit adalah penemuan terbaru di antara bidang penelitian sel surya dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sel surya berbasis silikon dan film tipis konvensional (Sharma dkk., 2015). Sel surya perovskit dinamai sesuai dengan struktur kristalnya peredam cahaya, struktur mineral CaTiO_3 (Zuo dkk., 2016). Perovskit adalah bahan yang dijelaskan dengan rumus ABX_3 , di mana X adalah anion sedangkan A dan B adalah kation dengan ukuran berbeda (A lebih besar dari B). Banyak senyawa dengan stoikiometri ABX_3 mengambil struktur ini, dimana A dan B masing-masing adalah kation dengan koordinat 12 dan 8, dan X adalah Anion (Green dkk., 2014). Perangkat fotovoltaik berdasarkan halida timbal organik atau perovskit telah menarik banyak minat dari para peneliti terutama karena peningkatan yang cepat dalam kinerja fotovoltaiknya, sifat optoelektronik yang sangat baik, mobilitas elektron tinggi, biaya rendah, kompatibilitas dengan substrat fleksibel, dan proses fabrikasi yang sederhana (H. Liu dkk., 2022). Proses deposisi suhu rendah ($<150^\circ\text{C}$) dari film perovskit halida logam memungkinkan untuk membangun perangkat fotovoltaik yang ringan dan fleksibel pada substrat polimer (Peng dkk., 2021). Beberapa hal harus diperhatikan dalam memperoleh sel surya yang efisien pada sel surya perovskit fleksibel seperti ketebalan lapisan, proses deposisi lapisan dan material setiap lapisan.

Untuk memperoleh sel surya perovskit yang efisien, dimulai dengan pemilihan *electron transport layer* (ETL) yang tepat serta mengoptimalkan kondisi pemrosesannya (Vijayaraghavan dkk., 2020). Umumnya, sel surya perovskit membutuhkan lapisan oksida semikonduktor untuk mendukung bahan penyerap cahaya (perovskit) yang digunakan sebagai ETL untuk melakukan injeksi elektron ke substrat. Titanium dioksida (TiO_2), seng oksida (ZnO) dan timah dioksida (SnO_2) adalah semikonduktor oksida logam yang memiliki celah pita lebar dan kandidat ideal untuk ETL karena tingkat energinya yang sesuai. ETL adalah komponen yang sangat diperlukan untuk mengumpulkan elektron dan memblokir hole. ETL yang digunakan harus memenuhi beberapa kriteria seperti memiliki mobilitas elektron yang tinggi untuk menjamin transportasi elektron yang cepat dalam ETL, penyelarasan tingkat energi yang baik untuk transfer muatan dan

pemblokiran hole yang efisien, transmitasi tinggi, stabilitas tinggi, pemrosesan mudah dan biaya rendah (Jiang dkk., 2018).

Dalam mengoptimalkan pemrosesan ETL untuk memperoleh sel surya perovskit yang efisien banyak dilakukan dengan menggunakan metode *spin-coating* untuk menyebarkan film tipis secara merata dan mengontrol ketebalan lapisan film tipis (Chen dkk., 2019). Metode *spin-coating* menghasilkan lapisan yang lebih homogen dibandingkan dengan metode deposisi *doctor blade* (Pataya dkk., 2016). Laju *spin-coating* yang berbeda akan mengubah ketebalan film tipis dan mengontrol ketebalan lapisan (Series, 2019). Perubahan ketebalan salah satu lapisan dapat mempengaruhi kinerja perangkat secara keseluruhan. Laju *spin-coating* yang semakin tinggi, akan menghasilkan lapisan yang semakin transparan dan nilai transmitansi yang semakin baik. Wu dkk. (Wu dkk., 2017) melaporkan dengan variasi laju *spin-coating* 1000, 2000, 3000 rpm, ketebalan menurun secara berurut (420 nm, 320 nm, dan 130 nm) dan transmitansi lapisan TiO₂ meningkat secara berurut (52%, 61%, 64%). Selain itu, pada penelitian yang dilakukan Mukri dkk. (Mukri dkk., 2015) dilaporkan dengan ETL ZnO dan variasi laju *spin-coating* 1000, 2000, 3000, dan 5000 rpm, nilai transmitansi meningkat secara berurut (19,8%; 47,5%; 49%; 79,7%). Semakin tinggi nilai transmitansi, maka cahaya yang diserap oleh perovskit akan semakin banyak dan mampu meningkatkan nilai efisiensi sel surya (Marinova dkk., 2017). Bao dkk. (Bao dkk., 2017) melaporkan dengan variasi laju *spin-coating* 1000, 2000, dan 3000 rpm pada lapisan TiO₂ memperoleh efisiensi paling besar pada laju 3000 rpm yaitu 14,83%. Semakin tinggi laju putaran *spin-coting* menghasilkan efisiensi yang semakin besar. Efisiensi dari sel surya (*PCE*) ditentukan oleh faktor pengisi (*FF*), tegangan rangkaian terbuka (*V_{OC}*), dan kerapatan arus hubung singkat (*J_{SC}*).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, perlu untuk menganalisis pengaruh laju *spin-coating* pada lapisan transpor elektron terhadap kinerja sel surya. TiO₂ masih mendominasi bahan transpor elektron yang digunakan dalam *perovskite solar cells* (PSC), namun mobilitas rendah dan proses *annealing* yang tinggi menyebabkan perlu mencari bahan yang lebih baik untuk ETL (Bao dkk., 2017). SnO₂ memiliki mobilitas elektron yang lebih tinggi ($\approx 250 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$) dibandingkan dengan TiO₂ ($1 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$) dan ZnO ($115\text{-}155 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$). Selain itu, SnO₂ memiliki celah pita lebar

(3,4-3,8 eV), serta pita konduksi dan pita valensi yang dalam, stabilitas optik dan kimia yang sangat baik, dan transparansi tinggi (Xiong dkk., 2018). Xu dkk. (Xu dkk., 2021) melaporkan dengan laju putaran 4000 rpm, nilai transmitansi pada lapisan SnO₂ diperoleh sebesar 91%. SnO₂ memiliki transmisi cahaya yang baik karena celah pitanya yang lebar dan indeks reflektif yang kecil (Khan dkk., 2010). Kemampuan proses suhu rendah SnO₂ memungkinkan kompatibilitas dengan substrat yang peka terhadap suhu (Altinkaya dkk., 2021). Sel surya perovskit dengan substrat plastik seperti Polyethylene Terephthalate (PET) diproses pada suhu rendah (<150°C, sebaiknya 120°C), dikarenakan tidak tahan terhadap suhu tinggi yang rentan terhadap deformasi dan pembengkokan yang tidak dapat diubah (Sun dkk., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa SnO₂ memiliki kemampuan yang lebih baik, yang dapat meningkatkan efisiensi transfer elektron dan kinerja keseluruhan sel surya perovskite.

Pada penelitian ini dikaji sifat optik lapisan SnO₂ dan efisiensi sel surya perovskit. Lapisan tipis SnO₂ sebagai ETL dalam sel surya perovskit dideposisi menggunakan metode *spin-coating* untuk meneliti pengaruh nilai laju putaran terhadap sifat optik ETL dan efisiensi sel surya perovskit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh laju *spin-coating* terhadap sifat optik lapisan film tipis SnO₂?
2. Bagaimana pengaruh laju *spin-coating* terhadap efisiensi sel surya perovskit?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Sifat optik yang dianalisis meliputi spektrum absorbansi, spektrum transmitansi dan nilai *bandgap energy* dari SnO₂.
2. Efisiensi sel surya berdasarkan nilai dari J_{SC} , V_{OC} , dan FF .

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh deskripsi mengenai pengaruh laju *spin-coating* terhadap sifat optik lapisan film tipis SnO₂.
2. Memperoleh deskripsi mengenai pengaruh laju *spin-coating* terhadap efisiensi sel surya perovskit.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat berkontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan khususnya mengenai penelitian sel surya perovskit yang memberikan informasi mengenai pengaruh laju *spin-coating* terhadap sifat optik lapisan film tipis SnO₂ dan efisiensi sel surya perovskit. Selain itu, diharapkan penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk penelitian selanjutnya dalam mengembangkan fabrikasi sel surya untuk membuat sel surya yang lebih efisien dan sebagai alternatif solusi dalam memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan sel surya perovskit.

1.5 Struktur Penulisan

Skripsi ini disusun dalam lima BAB dengan beberapa sub-bab pada masing-masing BAB. BAB I Pendahuluan yang membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dilaksanakannya penelitian, manfaat penelitian, serta struktur penulisan skripsi. BAB II Tinjauan Pustaka yang membahas mengenai sel surya, perovskit solar cell, komponen sel surya perovskit, prinsip kerja sel surya perovskite, karakteristik optik lapisan SnO₂, dan efisiensi sel surya perovskite. Komponen sel surya yang dibahas diantaranya mengenai substrat, *Electron Transport Layer*, perovskit (lapisan absorban), *Hole Transport Layer*, dan elektroda. BAB III yang membahas metode penelitian, mengenai waktu dan tempat penelitian, metode penelitian yang digunakan, prosedur penelitian, karakterisasi, dan cara menganalisis data. BAB IV yang membahas hasil dan pembahasan berisi tentang keseluruhan data yang diperoleh pada penelitian yang dilakukan dari mulai data absorbansi, transmitansi, *bandgap* serta efisiensi sel surya perovskit. BAB V yang membahas simpulan, implikasi, dan rekomendasi berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, implikasi yang berupa konsekuensi dari hasil penelitian, serta rekomendasi mengenai penelitian yang telah dilakukan untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya.