

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Kebutuhan energi masyarakat meningkat dari waktu ke waktu yang membuat sumber daya alam berkurang dan mengakibatkan kekurangan bahan bakar fosil (Chang dkk., 2017). Saat ini ada 80 % energi konvensional digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat umum. Akan ada peningkatan konsumsi energi global sebesar 1,5 % per tahun hingga tahun 2030 (Hasan dkk., 2012). Untuk menangani hal tersebut diperlukan energi alternatif, energi matahari dianggap sebagai sumber energi terbarukan yang paling layak karena bersih, berkelanjutan, bebas impor, dan terjangkau (Ghann dkk., 2017). Kelimpahan energi matahari yang menyinari permukaan bumi dengan energi 120.000 terawatt dan menjadi sumber energi terbesar saat ini (Clifford dkk., 2011) dan juga pemanfaatan energi matahari tidak menyebabkan polusi dan kerusakan pada lingkungan (Yang dkk., 2019). Indonesia sangat berpotensi untuk mengembangkan sumber energi ini karena letak geografis strategis yaitu dilewati oleh garis khatulistiwa menjadi salah satu pendukung pengembangan sel surya di Indonesia dengan kapasitas sebesar 207,8 GW (Suparwoko & Qamar, 2022). Dalam beberapa dekade terakhir, berbagai teknologi telah dikembangkan untuk memanfaatkan energi matahari, salah satunya *photovoltaic* yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik (Hedley dkk., 2017). Sel surya biasanya dibuat dengan bahan semikonduktor seperti Silikon, Titanium Oksida, Germanium, dan lain-lain (McDonald dkk., 2005). Perkembangan sel surya masih berlangsung sampai saat ini untuk menghasilkan sel surya yang minim biaya namun tetap efisien. Generasi pertama pada sel surya yaitu sel surya berbasis silikon yang menghasilkan efisiensi yang tinggi, generasi kedua yaitu sel surya berlapis tipis (*thin film*) seperti *Cadmium Telluride* (CdTe) dan *Copper Indium Gallium Selenide* (CIGS), dan generasi ketiga yaitu sel surya berbasis nanokristal, *Copper Zinc Tin Sulfur* (CZTS), dan *dye sensitized*.

Dye Sensitized Cells (DSSC) merupakan jenis sel surya generasi ketiga dan menjadi salah satu pengembangan dari sel surya silikon konvensional yang menerima banyak perhatian selama beberapa dekade terakhir ini karena biaya yang

murah, ramah lingkungan, proses fabrikasi yang mudah dan sederhana, dan juga menghasilkan sel surya yang ringan (Maiaugree dkk., 2015). Penemuannya memulai era baru untuk penelitian *photovoltaic* berbiaya rendah yang dimulai pada tahun 1991 oleh Brian O'Regan dan Michael Grätzel (James & Contractor, 2018). Prinsip kerja DSSC didasarkan pada injeksi elektron ke dalam fotoanoda logam-oksida berstruktur nano (TiO_2 , ZnO) dari molekul *dye* yang teradsorpsi secara kimia dan diregenerasi oleh pasangan redoks dalam elektrolit cair (Todinova dkk., 2015).

DSSC memiliki struktur seperti *sandwich* yang terdiri dari kaca konduksi transparan, fotoelektroda, fotosensitizer, elektrolit, dan elektroda balik (Qu dkk., 2012). Kinerja DSSC tergantung pada fotoelektroda, fotosensitizer dan elektrolit. Penggabungan nanopartikel ukuran besar (100-400 nm) digunakan sebagai pusat hamburan cahaya dan efek pengumpulan cahaya yang ditingkatkan dan ditunjukkan secara eksperimental dan teoritis (Maheswari & Sreenivasan, 2015).

Pigmen fotosensitizer dapat membantu semikonduktor dalam meningkatkan penyerapan cahaya dan mengubahnya menjadi elektron dan *hole*, elektron akan mengalir ke sirkuit eksternal untuk menghasilkan listrik. Sensitizer menjadi salah satu komponen penting dari DSSC yang secara langsung terkait dengan stabilitas jangka panjang dari *dye*, karenanya stabilitas tergantung pada sifat molekul spesifik *dye*, komposisi kimia dari elektrolit yang ditambahkan ke *dye* dan reaktivitas terhadap *dye*, saat dipanaskan (Portillo-Cortez dkk., 2019). Dari literatur yang dilaporkan, telah ditemukan bahwa fotosensitizer N719 berbasis logam *ruthenium* kompleks memiliki kinerja stabil yang tinggi dibandingkan dengan sensitizer lainnya (Jiang dkk., 2018), tidak hanya memiliki efisiensi tinggi tetapi juga stabilitas foton yang tinggi (Wang dkk., 2004).

Fotoelektroda juga menjadi komponen utama dari DSSC yang menentukan kinerja perangkat. Dalam DSSC, fotoelektroda memiliki dua fungsi yaitu sebagai matriks untuk adsorpsi *dye* dan sebagai media transfer muatan untuk elektron. Luas permukaan yang tinggi, densitas pembawa yang optimal, impedansi rendah, dan pengangkut pembawa yang efisien adalah persyaratan untuk bahan fotoelektroda yang efisien untuk DSSC (Raj & Prasanth, 2016). Berbagai bahan telah diuji sebagai fotoelektroda dalam DSSC, salah satunya TiO_2 . Sampai saat ini, *Titanium dioksida* (TiO_2) merupakan bahan semikonduktor yang memiliki *bandgap* lebar dan

paling efisien yang bisa menyerap energi dari cahaya matahari (Kakiage dkk., 2015). TiO_2 juga fotoelektroda yang paling umum digunakan untuk adsorpsi sensitizer karena menghasilkan arus foton yang sangat tinggi karena luas permukaannya yang tinggi (Das dkk., 2018). TiO_2 memiliki luas permukaan yang lebar sekitar $\sim 200 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ yang mampu memfasilitasi jumlah *dye* yang teradsorpsi, hal tersebut menjadi keunggulan TiO_2 dibandingkan dengan semikonduktor lainnya (Yulianto dkk., 2010). Tiga bentuk kristal polimorfik dari *Titanium dioksida* yaitu *rutile* (tetragonal), *anatase* (tetragonal), dan *brukit* (ortorombik). Fase *anatase* menunjukkan kemampuan fotokatalitik yang tinggi, sedangkan fase *rutile* menunjukkan sebagai fase yang paling stabil (Šegota dkk., 2011).

Proses pembentukan TiO_2 dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu proses aerogel, metode sol-gel, metode sintesis pembakaran, dan proses hidrotermal (Umale dkk., 2019). Metode sol-gel merupakan salah satu teknik yang paling cocok untuk menyiapkan film tipis TiO_2 berpori dan berukuran nano (Yao dkk., 2011). Metode ini menghasilkan film dengan sifat fotokatalitik yang baik, pelapisan area yang luas, dengan peralatan dan biaya produksi yang rendah (Yu & Zhao, 2001). Pelapis TiO_2 yang diturunkan dari sol-gel dapat membentuk lapisan oksida seragam yang sangat tipis (skala nano) yang tidak pernah rusak (Hayashi dkk., 2021). Sol-gel juga metodologi sintesis yang banyak digunakan untuk mendapatkan bahan anorganik (da Fonseca dkk., 2021). Metode sol-gel memiliki banyak keunggulan yaitu kemungkinan membuat endapan pada substrat berbentuk kompleks, kontrol tingkat doping yang mudah, bahan awal yang murah, dan peralatan sederhana (Y. Lee dkk., 2010). Untuk pembentukan TiO_2 dengan metode sol-gel dibutuhkan prekursor seperti *Titanium isopropoxide* (TTIP), TTIP merupakan prekursor yang baik dalam menghasilkan larutan stabil dengan rasio hidrolisis rendah (Yazid dkk., 2019).

Penggunaan fotoelektroda dengan variasi lapisan TiO_2 pada DSSC perlu dioptimalkan ketebalannya dari nanometer hingga mikrometer agar menghasilkan kinerja DSSC yang tinggi. Ketebalan lapisan fotoelektroda mempengaruhi sifat optik dan kinerja DSSC. Lapisan TiO_2 dapat meningkatkan puncak absorbansi, semakin tebal lapisan maka semakin tinggi nilai absorbansinya dan semakin banyak pula *dye* yang menyerap pada lapisan tersebut. *Dye* menyebabkan lebih banyak

penyerapan foton yang menghasilkan eksitasi elektronik yang lebih tinggi dan meningkatkan terbentuknya arus, hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi DSSC (Dewi dkk., 2017). Penelitian mengenai pengaruh ketebalan fotoelektroda TiO_2 dalam DSSC telah banyak dilakukan. Pada tahun 2016 telah dilakukan penelitian menggunakan TiO_2 berstruktur mikrometer diantaranya pengaruh ketebalan orde mikrometer TiO_2 sebagai fotoelektroda pada DSSC (Kumari dkk., 2016) dan pengaruh ketebalan elektroda kerja TiO_2 transparan terhadap kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) sebagai Aplikasi *Solar Window* (Dewi dkk., 2016). Struktur nanometer hingga mikrometer memiliki batas butir rapat yang mengakibatkan terjadinya transfer muatan yang efisien (Liu dkk., 2016), struktur ini juga memiliki permukaan yang besar untuk memuat molekul *dye* yang dapat menghasilkan fotoelektron yang besar.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini dikaji mengenai sifat optik TiO_2 dan kinerja *dye sensitizer solar cell* (DSSC). Lapisan tipis TiO_2 sebagai fotoelektroda dalam DSSC disintesis menggunakan metode *spin coating* sampai diperoleh sejumlah sampel dengan ketebalan yang berbeda sehingga dapat dikaji pengaruh nilai ketebalan terhadap sifat optik dan kinerja DSSC.

1. 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan di atas, maka diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh ketebalan TiO_2 terhadap Sifat optik?
2. Bagaimana pengaruh ketebalan TiO_2 terhadap Kinerja DSSC?

1. 3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk :

1. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh ketebalan TiO_2 terhadap Sifat optik.
2. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh ketebalan TiO_2 terhadap Kinerja DSSC.

1. 4. Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Sifat optik yang dibahas pada penelitian ini meliputi nilai absorbansi, nilai *bandgap*, dan persentase *Light Harvesting Efficiency* (LHE) lapisan fotoelektroda TiO₂.
2. Kinerja DSSC yang dibahas pada penelitian ini meliputi *Tegangan Open-Circuit* (V_{oc}), *Densitas Arus Short-Circuit* (J_{sc}), *Fill Factor* (FF), dan efisiensi.

1. 5. Manfaat Penelitian

Diharap bahwa penelitian ini dapat berkontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan yang memberikan informasi mengenai ketebalan TiO₂ sebagai fotoelektroda dan pengaruhnya terhadap sifat optik dan kinerja DSSC, agar bisa digunakan sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya dalam mengembangkan energi terbarukan.

1. 6. Sistematika Penulisan

Laporan ini disusun dalam tiga BAB dengan beberapa sub-bab pada setiap BAB. BAB I Pendahuluan yang membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan. BAB II Kajian Pustaka yang membahas mengenai landasan teori tentang sel surya, *Dye Sensitized Cells* (DSSC), komponen DSSC, prinsip kerja DSSC, dan pengaruh sifat bahan fotoelektroda terhadap DSSC. BAB III Metode penelitian yang membahas mengenai metode penelitian, lokasi penelitian, proses penelitian, karakterisasi dan analisis data penelitian. BAB IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang seluruh data hasil penelitian dan analisis. BAB V Simpulan, Implikasi, Dan Rekomendasi berisi tentang kesimpulan penelitian, implikasi yang berupa konsekuensi Dari hasil penelitian, Serta rekomendasi mengensi penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya.