

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Peningkatan kebutuhan energi pada era modern ini menjadi salah satu pendorong utama perkembangan teknologi di bidang energi terbarukan (Kiswanto dkk., 2022). Sumber utama energi di dunia umumnya berasal dari bahan bakar fosil. Namun, penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus dapat mengakibatkan pemanasan global oleh efek rumah kaca karena meningkatnya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), serta krisis energi karena bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui (Cahyono dkk., 2018; Amalia dkk., 2020). Oleh karena itu, pemanfaatan sumber energi terbarukan dapat menjadi salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini (Cahyono dkk., 2018).

Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang ramah lingkungan yang diperoleh melalui proses alami yang berkelanjutan, seperti sinar matahari, angin, air, biofuel dan panas bumi (*geothermal*). Saat ini, energi terbarukan dikembangkan di seluruh dunia untuk membantu menggantikan posisi energi konvensional yang memiliki dampak buruk bagi lingkungan. Sumber energi terbarukan dipandang sebagai solusi strategis dan penting bagi setiap negara, mengingat perannya yang esensial dalam mendukung sistem dan dinamika kehidupan. Energi bukan sekadar komoditas biasa, tetapi menjadi kebutuhan pokok yang menopang kehidupan di berbagai sektor (Diantari dkk., 2019).

Energi surya merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang sangat ramah lingkungan dan berpotensi besar dalam memenuhi kebutuhan energi di masa depan. Dengan menggunakan teknologi fotovoltaik, energi dari sinar matahari dapat langsung diubah menjadi listrik, tanpa menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polutan lain yang merugikan lingkungan. Teknologi ini membuat energi surya menjadi salah satu pilihan paling bersih dan aman, yang dapat diakses secara bebas di seluruh dunia. Diperkirakan bahwa dalam beberapa dekade mendatang, energi surya akan memenuhi lebih dari 60% kebutuhan energi global, menggantikan

sumber-sumber energi fosil yang semakin terbatas. Kelebihan energi surya terletak pada ketersediaannya yang hampir tidak terbatas serta sifatnya yang berkelanjutan (*sustainable*) (Cahyono dkk., 2018). Total energi surya yang sampai di permukaan bumi adalah  $2,6 \cdot 10^{24}$  Joule setiap tahun (Cahyono, 2018). Besar energi surya yang tersedia ini 104 kali besar kebutuhan energy dunia yang mencapai  $2,6 \cdot 10^{20}$  joule/tahun.

Sel surya merupakan bagian dari panel surya yang dapat menyerap sinar matahari dan mengubah menjadi energi listrik (Arifianto, 2022). Sel surya memiliki kelebihan seperti dapat dipasang secara modular di setiap lokasi sehingga tidak membutuhkan transmisi (Parera dkk., 2019). Berbagai teknologi telah dikembangkan dalam proses pembuatan sel surya untuk menurunkan harga produksi agar lebih ekonomis (Yanel dan Saferi, 2023). Terdapat 3 jenis sel surya berdasarkan generasinya, generasi pertama adalah generasi sel surya konvensional yang menggunakan kristal silikon (paling sering digunakan), generasi kedua adalah sel surya jenis lapisan tipis (*thin film*) yang merupakan penyempurnaan dari generasi pertama dan generasi ketiga merupakan teknologi yang baru muncul dan belum secara luas dikomersialkan seperti sel surya organik, yaitu sel surya tersensitisasi zat warna (*Dye Sensitized Solar Cells*, DSSC) yang menggunakan zat warna sebagai sensitizer (Alhanif, 2024).

Sejak dikembangkan oleh M. Grätzel, *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) telah menarik perkembangan dunia Penelitian yang berkaitan dengan sel surya (Grätzel, 2003; Nugroho dkk., 2023). DSSC merupakan jenis sel surya yang saat ini efisiensinya berada di bawah sel surya silikon, tetapi DSSC mampu memberikan potensi pengembangan sel surya karena pembuatannya yang sederhana, ramah lingkungan, dan rendah polusi. Proses fabrikasi relatif lebih mudah dibandingkan sel surya kristal silikon generasi sebelumnya (Wendri dkk., 2019). Selain itu, produksinya memiliki biaya yang relatif terjangkau karena pembuatannya tidak menggunakan sistem vakum dan peralatan yang mahal (Sathyajothi dkk., 2017).

Struktur perangkat DSSC terdiri dari lima komponen utama, yaitu substrat konduktif, film tipis semikonduktor (fotoanoda), sensitiser atau zat warna, pasangan redoks (reduksi oksidasi) berupa elektrolit dan elektroda lawan (*counter*)

(Suci dan Stefanie., 2022). Prinsip yang digunakan dalam DSSC adalah prinsip fotoelektrokimia yang melibatkan perubahan-perubahan kimia akibat pengaruh sinar (Hadiningrat dan Rofiq, 2020). Pada DSSC penyerapan cahaya dan pemisahan muatan listrik terjadi melalui proses yang berbeda. Proses penyerapan cahaya dilakukan oleh molekul pewarna (*dye*), dan pemisahan muatan listrik dilakukan oleh semikonduktor anorganik nano-kristal yang memiliki celah pita lebar seperti TiO<sub>2</sub> (Nugroho dkk., 2023).

TiO<sub>2</sub> adalah salah satu semikonduktor yang sering dimanfaatkan sebagai komponen utama dalam DSSC, karena material ini mudah diperoleh dengan biaya yang relatif terjangkau. Semikonduktor TiO<sub>2</sub> memiliki celah pita (*bandgap*) sebesar 3,0 eV pada fase rutil dan 3,2 eV pada fase anatase. Fase anatase lebih banyak digunakan dalam DSSC karena memiliki struktur yang stabil pada suhu rendah. Struktur nanokristal dan luas permukaan yang tinggi dari TiO<sub>2</sub> dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja sistem DSSC terutama dalam meningkatkan densitas dan transfer elektron (Suci dan Stefanie, 2022).

Pigmen yang digunakan sebagai *dye* pada DSSC dapat berasal dari senyawa organik maupun anorganik. *Dye* anorganik berbasis *ruthenium* memiliki stabilitas yang sangat baik dan efisiensi tinggi, tetapi harganya mahal dan ketersediaannya terbatas. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, *dye* alami dapat menjadi alternatif. DSSC yang memanfaatkan ekstrak dari bahan alam sebagai *dye* alami bertujuan menggantikan *dye* sintetik yang dianggap kurang ramah lingkungan (Hug dkk., 2014). *Dye* organik umumnya diperoleh dari daun, buah-buahan dan bunga yang mengandung senyawa antosianin, klorofil, betalain, karotenoid dan xantofil. Penelitian DSSC semakin berkembang terutama pada *dye* berbasis antosianin dan klorofil, yang banyak terdapat pada buah maupun daun tumbuhan, sehingga mudah diperoleh dan jumlahnya yang memadai (Syafinar dkk., 2015).

Metode *doctor blade* adalah teknik pembuatan lapisan tipis yang menggunakan pisau atau *blade* yang dituangkan ke substrat. Dari larutan tersebut kemudian *blade* digerakkan untuk meratakan larutan menjadi lapisan yang seragam. Ketebalan lapisan dapat dikendalikan dengan mengatur jarak antara *blade* dan substrat serta sifat dari larutan tersebut. Teknik ini tergolong sederhana, biaya rendah, dan efektif

untuk menghasilkan lapisan tipis yang merata pada area luas, sehingga cocok digunakan dalam aplikasi seperti sel surya organik (Patil, 2023).

Berbagai penelitian telah dilakukan mengenai pemanfaatan *dye* organik pada aplikasi DSSC. Penelitian DSSC menggunakan *dye* alami sebelumnya dilakukan oleh Supriyanto dkk. (2020) dengan memanfaatkan nanokomposit ZnO/TiO<sub>2</sub> dan *dye* alami dari ekstrak daun kangkung dengan metode *spin coating*. Hasil penelitian menunjukkan V<sub>oc</sub> tertinggi sebesar 0,54553 V dan I<sub>sc</sub> tertinggi sebesar 0,00149. Metode yang digunakan dalam penelitian ini memerlukan alat khusus dengan harga yang cukup mahal, serta tidak meninjau ketebalan TiO<sub>2</sub>.

Penelitian lain dilakukan oleh Cahaya dkk. (2018) dengan memanfaatkan nanokomposit TiO<sub>2</sub> dan *dye* alami dari ekstrak daun alfafa dengan metode *doctor blade*. Hasil penelitian menunjukkan nilai V<sub>oc</sub> sebesar 0,318 V pada Ketebalan TiO<sub>2</sub> 10 μm memberikan kinerja arus-tegangan yang cukup baik untuk *dye* alami dari klorofil daun Alfafa. Meskipun demikian, penelitian ini hanya menggunakan satu variasi ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub>.

Penelitian-penelitian terdahulu memiliki beberapa kelemahan yang dapat menjadi dasar pengembangan lebih lanjut, seperti yang terlihat pada penelitian Supriyanto dkk. (2020) yang menggunakan metode *spin coating* dengan biaya alat yang tinggi dan tidak mempertimbangkan pengaruh ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub> terhadap kinerja DSSC. Di sisi lain, penelitian Cahaya dkk. (2018) menggunakan metode *doctor blade* yang lebih sederhana, namun hanya mengeksplorasi satu variasi ketebalan TiO<sub>2</sub> sehingga hasilnya kurang komprehensif. Berdasarkan kelemahan-kelemahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi variasi ketebalan TiO<sub>2</sub> dan pengaruh jenis *dye* klorofil dari daun cincau terhadap efisiensi DSSC, dengan menggunakan metode *doctor blade* pada substrat *Indium Tin Oxide* (ITO) yang lebih stabil dan mendukung efisiensi pengangkutan elektron. Diharapkan penelitian ini mampu menghasilkan nilai karakteristik I-V yang lebih baik sebagai solusi energi listrik alternatif di masa depan.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan utama yang perlu diselesaikan dalam penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh variasi ketebalan lapisan  $\text{TiO}_2$  terhadap performa DSSC yang menggunakan dye alami dari ekstrak daun cincau?
2. Bagaimana karakteristik I-V dari DSSC dengan dye klorofil daun cincau pada masing-masing ketebalan  $\text{TiO}_2$ ?
3. Bagaimana efektivitas penggunaan ekstrak daun cincau sebagai dye alami dalam meningkatkan efisiensi DSSC?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan lapisan  $\text{TiO}_2$  terhadap performa DSSC.
2. Untuk menganalisis karakteristik I-V dari DSSC yang menggunakan dye klorofil daun cincau pada masing-masing variasi ketebalan lapisan  $\text{TiO}_2$ .
3. Untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan ekstrak daun cincau sebagai dye alami.

## **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, penelitian ini bertujuan untuk menambah wawasan mengenai potensi pemanfaatan daun cincau dalam bidang energi terbarukan serta mengembangkan pengetahuan tentang penggunaan metode *doctor blade* dalam produksi sel surya organik. Di sisi praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi pemanfaatan daun cincau sebagai bahan bernilai tambah untuk sel surya DSSC yang ramah lingkungan, serta menawarkan alternatif teknologi produksi sel surya yang lebih murah dan berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini juga dapat mendorong perkembangan energi terbarukan berbasis sumber daya lokal yang mudah diakses dan ekonomis.