

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak beberapa tahun terakhir, populasi dunia meningkat secara masif yang menyebabkan peningkatan pesat terhadap permintaan energi. Akibatnya, cadangan bahan bakar fosil di bumi menipis dengan cepat (Alkali dkk., 2022). Diperkirakan, konsumsi energi akan meningkat dari 19,2 TW per tahun menjadi 24,6 TW per tahun dimulai dari tahun 2015 hingga 2040 (Carella dkk., 2018). Selain persediaan yang semakin menipis karena penggunaannya yang masif, bahan bakar fosil sebagai sumber penggunaan energi listrik ini menghasilkan gas emisi rumah kaca seperti karbon dioksida, karbon monoksida, sulfur dioksida Yang mengakibatkan pemanasan global (Singh dkk., 2021).

Demi mewujudkan kehidupan berkelanjutan, sumber teknologi yang melimpah dan tidak menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan sangatlah dibutuhkan. Dalam hal ini energi matahari dapat menjadi jawaban yang menjanjikan karena energi matahari merupakan sumber energi yang bersih dan dianggap tidak akan habis serta tidak memerlukan biaya (Vinaayak dkk., 2022). Energi matahari bisa dikonversi secara langsung menjadi panas sehingga para peneliti menggunakan energi matahari sebagai pembangkit listrik (Hosseinnezhad dkk., 2023). *Dye-sensitized Solar Cells* (DSSC) merupakan salah satu teknologi hemat biaya yang diteliti dalam beberapa tahun terakhir (Błaszczuk dkk., 2021). Pembuatan sel surya ini memerlukan biaya yang relatif rendah karena sel terbuat dari bahan yang biayanya rendah serta perakitannya yang mudah dan sederhana (Luque & Hegedus, 2003).

Efisiensi dari sel surya generasi ketiga ini lebih tinggi dibandingkan dengan sel surya film tipis namun tidak lebih tinggi dari sel surya kristalin (Richhariya dkk., 2017). DSSC yang dikembangkan pertama kali pada tahun 1991 oleh O'Regan dan Grätzel memiliki efisiensi konversi energi sebesar 7% (O'Regan & Grätzel, 1991). Film oksida logam berstruktur nano yang menjadi dasar perangkat DSSC, disensitisasi oleh pewarna yang teradsorpsi untuk memanen cahaya tampak (Ahliha dkk., 2017). Adapun komponen untuk perakitan DSSC terdiri dari kaca konduktif

transparan sebagai substrat, semikonduktor dengan celah pita yang lebar, elektrolit, serta elektroda balik (Supriyanto dkk., 2018). Kaca konduktif transparan yang biasa digunakan sebagai substrat adalah *Flourine-doped Tin Oxide* (F:SnO₂) dan *Indium Tin Oxide* (In:SnO₂) (Supriyanto dkk., 2018). Untuk material semikonduktor, yang umum dipakai pada perangkat ini adalah TiO₂ (Hemamali & Kumara, 2013). TCO (*Transparent Conducting Oxide*) melapisi substrat berfungsi sebagai elektroda dan elektroda balik. Untuk mempercepat reaksi redoks, elektroda balik dilapisi oleh elektrolit, dimana yang umum dipakai adalah I^-/I_3^- (*iodide/triiodide*) (Septina, 2007). Pewarna teroksidasi karena menyerap foton dan kemudian elektron berenergi diinjeksikan ke pita konduksi semikonduktor. Dan setelah diinjeksi elektrolit akan bekerja mengumpulkan elektron karena reaksi redoks, sehingga terjadi siklus konversi cahaya menjadi Listrik (Bhogaita dkk., 2016; Ruhane dkk., 2017).

Peran penting pada DSSC adalah pigmen, karena efisiensi yang lebih besar dapat dihasilkan jika spektrum yang diserap pigmen pewarna memiliki rentang yang lebar (Nakhaei dkk., 2022). Umumnya, *Ruthenium-bipyridyl* digunakan sebagai pewarna pada perangkat DSSC dan menghasilkan efisiensi konversi energi yang tinggi yaitu sekitar 11–12% (Singh dkk., 2021) Rutenium (Ru) dinilai sebagai *sensitizer* yang bagus untuk DSSC karena daya serap transfer muatannya yang kuat pada seluruh rentang cahaya tampak serta sangat efisien (Haryanto dkk., 2014). Karena harga Rutenium (Ru) yang mahal, para peneliti mulai mengembangkan *sensitizer* organik bebas logam (Choi dkk., 2007). Pewarna alami merupakan pilihan yang baik untuk menggantikan Rutenium (Ru) sebagai *sensitizer* (Alkali dkk., 2022). Pewarna alami dapat ditemukan pada buah, bunga, daun, akar, dll (Prakash & Janarthanan, 2023). Pemilihan pewarna alami sebagai *sensitizer* tidak hanya karena biayanya yang murah tetapi juga pembuatannya yang lebih mudah (Haryanto dkk., 2014). Pigmen seperti antosianin dan karotenoid yang terkandung dalam pewarna alami menjadikan pigmennya fotoaktif dan dapat teradsorpsi pada permukaan TiO₂ (Singh dkk., 2021). Walaupun pewarna alami ini cocok digunakan pada DSSC, struktur kimianya menjadi masalah utama karena sulit diubah secara *in vitro*. Hal ini disebabkan karena tumbuhan berevolusi secara alami (Calogero dkk., 2013).

Karena keterbatasan tersebut, diperlukan alternatif untuk memaksimalkan fungsi pewarna alami dalam DSSC, seperti perubahan pH dan konsentrasi (Kumara dkk., 2017). Jenis pelarut merupakan hal penting dalam fabrikasi DSSC karena tingkat keasaman dapat mempengaruhi spektrum serapan pewarna juga ikatan zat pewarna dengan TiO₂ yang akan memberikan dampak terhadap karakteristik optik dan kinerja DSSC (Al-Alwani dkk., 2015; Golshan dkk., 2021; Kumara dkk., 2017). Hal serupa juga akan terjadi jika terdapat perubahan pada konsentrasi pengekstrak di dalam pelarut (Faqih dkk., 2019; Muryani dkk., 2019).

Penelitian yang lebih mendalam pada DSSC alami atau NDSSC (*Natural Dye Sensitized Solar Cell*) banyak dilakukan karena efisiensinya lebih rendah dari sel surya yang sudah ada (Rahul dkk., 2021). Al-Bat'hi, dkk. (2013) meneliti tanaman *Lawsonia inermis*, *Curcuma longa*, dan *Rhus coriaria* sebagai pewarna alami DSSC masing-masing memiliki efisiensi 0,7%, 1,5%, dan 0,36%. Efisiensi dari NDSSC yang berasal dari pigmen antosianin *Brassica aleracea* atau kol merah mendapatkan hasil sebesar 2,90% (Marco dkk., 2015).

Buah dewandaru (*Eugenia uniflora*) atau sering disebut ceremai belanda merupakan salah satu buah langka yang hidup di Indonesia (Indrawati dkk., 2019). Buah ini juga disebut *Brazilian cherry* karena utamanya tumbuh di negara Brazil (Migues dkk., 2018). Buah dewandaru memiliki banyak kandungan antioksidan seperti antosianin, flavonoid, dan karotenoid (Bagetti dkk., 2011). Ketiga pigmen tersebut dapat digunakan sebagai fotosensitizer pada DSSC (Prakash & Janarthanan, 2023) Hingga sekarang, belum banyak penelitian mengenai pengaplikasian buah dewandaru sebagai pewarna alami DSSC.

Pada penelitian ini, akan dilakukan sintesis dan karakterisasi DSSC dengan ekstrak buah dewandaru sebagai pewarna alaminya. Dimana, variasi pH pelarut dan konsentrasi ekstrak buah dalam pelarut akan menjadi variabel bebas untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya saat buah ini dijadikan sebagai pewarna alami DSSC.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pH pelarut ekstrak buah Dewandaru terhadap karakteristik optik dan kinerja DSSC?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi ekstrak buah Dewandaru terhadap karakteristik optik dan kinerja DSSC?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh pH pelarut ekstrak buah Dewandaru terhadap karakteristik optik dan kinerja DSSC.
2. Meperoleh gambaran mengenai pengaruh konsentrasi ekstrak buah Dewandaru terhadap karakteristik optik dan kinerja DSSC.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Karakteristik optik yang dibahas pada penelitian ini mencakup kemampuan absorbansi, lebar celah pita, level energi *Highest Occupied Molecular Orbital* (HOMO) dan *Lowest Unoccupied Molecular Orbital*.
2. Kinerja DSSC yang dibahas pada penelitian ini mencakup tegangan rangkaian terbuka (*open-circuit voltage*, V_{oc}), densitas arus sirkuit pendek (*short-circuit current density*, J_{sc}), *fill factor* (FF), dan efisiensi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang ilmu pengetahuan dengan menyediakan wawasan tentang penggunaan ekstrak buah dewandaru (*Eugenia uniflora*) sebagai pewarna alami pada DSSC, serta bagaimana variasi pH pelarut dan variasi konsentrasinya memengaruhi sifat optik dan kinerja perangkat tersebut. Harapannya, hasil penelitian ini dapat menjadi landasan yang berguna untuk penelitian selanjutnya dalam upaya mengembangkan solusi energi alternatif yang lebih berkelanjutan..

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan ini disusun dalam lima 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 dasar teori tentang sel surya, DSSC, Komponen dan konfigurasi DSSC. prinsip kerja DSSC, dan buah dewandaru sebagai pewarna alami untuk DSSC. BAB III Metode Penelitian yang membahas mengenai metode penelitian, lokasi penelitian, alat dan bahan, proses penelitian, dan karakterisasi dan analisis data hasil penelitian. BAB IV Hasil dan Pembahasan menganalisis dan menjelaskan secara terperinci data hasil penelitian mengenai pengaruh pH dan konsentrasi larutan *dye* terhadap karakteristik optik dan kinerja DSSC. BAB V Simpulan, Implikasi dan Rekomendasi berisi kesimpulan serta implikasi dari penelitian yang dilakukan dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan penelitian ini.