

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Tingkat konsumsi energi oleh masyarakat modern yang berorientasi industri berkembang pesat. Untuk memenuhi kebutuhan energi, sumber energi alami, konvensional, serya terbatas ini banyak digunakan. Akibatnya sumber daya alam yang berkurang dengan pesat ini mengakibatkan ancaman kekurangan bahan bakar fosil dalam waktu dekat (Chang R-D, 2017). Kebutuhan sumber energi yang semakin menipis membuat manusia perlu menemukan energi alternatif sebagai sumber energi terbarukan. Berdasarkan hasil kajian serta penerapan teknologi tahun 2014, konsumsi energi final Indonesia pada periode 2000-2012 mengalami peningkatan sekitar 2,9% disetiap tahunnya dengan penggunaan minyak bumi yang mendominasi penggunaan sumber energi utama (Sugiyono, 2014). Sumber energi terbarukan antara lain berupa sinar matahari, angin, air, gelombang air laut, panas bumi, dan sebagainya (Jaliwala, 2014) Tenaga matahari merupakan energi yang saat ini banyak digunakan dalam membuat energi alternatif seperti Solar Cell. Karena letak geografis Indonesia yang berada pada garis katulistiwa menyebabkan Indonesia akan menerima panas matahari sekitar 4800 watt/m^2 disetiap harinya lebih banyak daripada negara lain (Placeholder3) (Manan, 2009). Maka dari itu energi matahari di Indonesia merupakan energi yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Energi surya merupakan salah satu energi alternatif terpenting di dunia dalam mengurangi bahan bakar fosil. Menurut *BP Statistical review of World*, potensial energi fosil dari minyak bumi didapatkan sekitar $57 \times 10^{21} \text{ J}$ dengan tingkat konsumsi 0.18 ZJ disetiap tahunnya (Petroleum, 2009). Sel surya adalah energi alternatif yang bekerja dalam Sel surya berdasarkan fotovoltaiik, foton dari radiasi matahari yang semula diserap kemudian diubah menjadi energi listrik (Aziz). Sel surya dibuat dengan bahan semikonduktor seperti Silikon, Titanium Oksida, Germanium, dan lain-lain (McDonald, 2005).

Sel surya yang digunakan saat ini biasanya banyak menggunakan bahan berbasis silikon (sel surya konvensional). Terdapat tiga generasi dalam pengembangan teknologi sel surya saat ini yaitu sel surya dengan bahan silikon dan

kristal tunggal, sel surya dengan teknologi lapisan tipis (*thin film*) berbahan semikonduktor organik, serta sel surya berbasis *dye-sensitized* (Nadya Aruma Dewi, 2016). Pembuatan sel surya berbahan silikon saat ini masih tergolong mahal, maka dari itu perlu pengembangan lebih lanjut dengan bahan dasar yang murah. Misalnya dari bahan alam yang banyak didapat serta harga yang cukup murah, yaitu DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) (Rafika Andari, 2018). O'Regan dan Grätzel memperkenalkan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) pada tahun 1991 dengan bahan material semikonduktor yang tidak murni dengan *band gap* lebar seperti TiO_2 , ZNO, Cds, dan lainnya sebagai donor elektron serta terdapat molekul pewarna berupa *dye* untuk menyerap foton (Septina, 2007). *Dye* memiliki peranan penting dalam perkembangan kinerja yang cukup tinggi dari DSSC. *Dye* perlu memiliki persyaratan yang kuat dalam menyerap spektrum cahaya tampak, membawa ikatan yang sesuai dengan gugus kimia untuk dapat diikat pada semikonduktor serta dapat menyuntikkan elektron ke permukaan semikonduktor (Rosana NTM, 2014)

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) sudah banyak menarik perhatian dalam generasi masa depan sel surya dengan pengaplikasian yang cukup luas seperti kaca jendela, kaca depan mobil, charger ponsel, atau bahkan sel surya fleksibel dan transparan karena melimpah dan tidak beracun, serta merupakan sumber energi terbarukan (E. C. Prima A. N., 2018). Berbeda dengan Sel surya konvensional biasanya yang bekerja dengan prinsip dasar *solid state theory*, DSSC biasanya bekerja berdasarkan prinsip *photoelectrochemical* (Grätzel, 2003). Sel surya jenis *dye-sensitized solar cell* adalah sel surya generasi ketiga dalam pemanfaatan prinsip elektrokimia. Sel surya jenis ini diyakini mampu menyediakan konsep alternatif dengan biaya yang cukup terjangkau dalam pembuatannya, serta dengan teknologi fabrikasi yang lebih sederhana dibandingkan dengan sel surya berbahan silikon kristal (Natalita M. Nursam, 2011). Pewarna alami pada DSSC ini biasanya didapat dari sumber atau pigmen organik suatu bahan alam seperti antosianin, klorofil, betalain, dan karotenoid (G. Calogero, 2015).

Berbagai macam bahan yang telah digunakan untuk melengkapi lapisan pigmen DSSC menghasilkan beragam efisiensi. Kinerja fotovoltaiik dari segi hasil konversi serta stabilitas jangka panjang sejauh ini berhasil dicapai dengan hasil yang baik

menggunakan *polypyridyl* yang kompleks, *ruthenium*, serta *osmium* (Grätzel, 2003). Penggunaan pigmen klorofil pada DSSC menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 4,2% yaitu dari ekstrak bayam (Wang, 2006). Tingginya efisiensi konversi energi surya menjadi listrik dari DSSC merupakan salah satu daya tarik dalam perkembangan riset DSSC di berbagai negara akhir-akhir ini. Maka dari itu diperlukan pengembangan lebih lanjut mengenai penelitian yang menghasilkan DSSC dengan efisiensi yang lebih tinggi dengan biaya yang lebih murah serta mudah didapat. Secara umum, DSSC ini terdiri dari fotoanoda yang merupakan bahan yang sering digunakan adalah anatase TiO_2 dengan dekorasi satu lapisan molekul *dye* sebagai sensitizer, elektroda lawan berlapis, serta larutan elektrolit dengan ion/tri-iodide terlarut antara pasangan ion redoks antar elektroda. Kemajuan dari transport elektron fotogenerasi melintasi jaringan nanopartikel TiO_2 merupakan hambatan utama dalam peningkatan efisiensi konversi DSSC (N. yang, 2010) (Q. Liu, 2013). Dengan tujuan pengembangan DSSC dalam meningkatkan kemampuan transfer elektron, pigmen alami tetap lebih rendah walaupun memiliki absorbansi yang lebih tinggi daripada bahan *ruthenium* (Z. S. Wang, 2004).

Daun Binahong (*Anredera Cordifolia*) merupakan tanaman yang tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi dan dapat digunakan sebagai salah satu sumber *dye* alami dengan ekstrak klorofil yang dapat dimanfaatkan sebagai *dye* sensitizer pada sel surya jenis DSSC. Zat pewarna alami tersebut mampu memberikan efek photovoltaic walaupun efisiensi yang dihasilkan masih jauh lebih kecil daripada zat warna sintesis.

Keuntungan dari DSSC biasanya selain dari bahan yang murah dan mudah didapat, proses fabrikasinya pun mudah serta sederhana, sehingga pembuatan *dye sensitized solar cell* (DSSC) menggunakan ekstrak bahan alam dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang dilihat pengaruhnya terhadap luas permukaan TiO_2 . Parameter yang menentukan baik atau tidaknya suatu TiO_2 digunakan sebagai lapisan semikonduktor pada DSSC selain dari ukuran partikelnya yang kecil, serta ketebalan dari lapisan TiO_2 yang meliputi suatu ketebalan lapisan TiO_2 yang meliputi struktur permukaan serta diameter pori antar partikel TiO_2 sebagai diffusor *dye*. Berkaitan dari aspek material semikonduktor sebagai ciri utama dari

sebuah sel surya, anatase TiO_2 atau titanium dioksida ini merupakan sel generasi ketiga yang umum digunakan sebagai fotoelektroda (O' Regan, 1991). Keunggulan yang dimiliki titanium dioksida dibandingkan dengan semikonduktor lainnya diantaranya memiliki luas permukaan yang lebar ($\sim 200 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) yang mampu memfasilitasi jumlah *dye* yang teradsorpsi (Yulianto, 2010). Level dari pita konduksi TiO_2 sebesar -4.0 eV relative dekat terhadap posisi orbital molekul tak terisi (*lowest unoccupied molecular orbital* (LUMO)) sebagian besar fotosensitizer organik. Orbital dari molekul ini berperan sebagai penginjeksi atau elektron dalam keadaan tereksitasi menuju pita konduksi semikonduktor. Potensial pita konduksi TiO_2 ini memfasilitasi terjadinya transfer elektron dari eksiton *dye* menuju sirkuit eksternal dalam menghasilkan arus listrik (O' Regan, 1991). Beberapa parameter yang mempengaruhi hasil penelitian seperti pH larutan, jenis natural *dye*, kemampuan absorbansi dari natural *dye*, jenis pelarut, serta waktu pengukuran untuk mengetahui permormansi DSSC. Penggunaan fotoelektroda dengan variasi lapisan TiO_2 pada DSSC ini perlu adanya optimasi ketebalan lapisan yang berukuran nanometer hingga mikrometer agar dapat dihasilkan kinerja dari DSSC yang tinggi. Peningkatan temperatur kerja juga dapat menyebabkan perubahan nilai mobilitas elektron yang akan berpengaruh terhadap kinerja DSSC (Aboulouard, 2017). Asumsi pada proses penelitian ini berupa volume elektrolit yang diinjeksikan sama, konsentrasi larutan sama, konsentrasi larutan TiO_2 sama, serta intensitas solar simulator yang konstan digunakan pada pengujian efisiensi DSSC.

Penelitian mengenai fotoelektroda dengan variasi TiO_2 pada DSSC ini telah diteliti secara eksperimen maupun simulasi. Pemodelan variasi ketebalan elektroda pada skala mikrometer dalam menentukan daya maksimum yang dihasilkan oleh *solar window* telah dilakukan pada tahun 2008 (Ni, 2008). Pada tahun 2016 telah dilakukan beberapa penelitian mengenai pengaruh ketebalan orde mikrometer elektroda kerja TiO_2 transparan yang dilakukan secara eksperimen (Dewi N. A., 2016) serta telah dilakukan penelitian secara eksperimen mengenai ketebalan orde mikrometer pada TiO_2 sebagai fotoanoda pada DSSC (Kumari, 2016). Variasi ketebalan fotoelektroda TiO_2 juga dilakukan pada penelitian yang dilakukan pada tahun 2020 (Nova, 2020).

Penelitian yang telah dilakukan ini menggunakan pemanfaatan TiO_2 yang berdimensi mikrometer. (Liu, 2016) mengemukakan bahwa struktur dimensi nanometer ini dapat menghasilkan permukaan yang besar dalam memuat molekul zat pewarna hingga memungkinkan dalam menghasilkan fotoelektron dalam jumlah yang banyak. Semikonduktor berdimensi nanometer juga memiliki batas butir yang cukup rapat yang memungkinkan transfer pembawa muatan lebih efisien.

Kontribusi dari hasil penelitian ini yaitu menghasilkan kemampuan ekstrak natural *dye* berbahan dasar klorofil dengan perbedaan ketebalan semikonduktor TiO_2 mempunyai potensi yang cukup untuk fotosensitizer pada DSSC.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil morfologi dari fotoelektroda TiO_2 ?
2. Bagaimana pengaruh ketebalan fotoelektroda TiO_2 terhadap sifat optik *dye* klorofil sebagai fotosensitizer?
3. Bagaimana pengaruh ketebalan fotoelektroda TiO_2 terhadap efisiensi DSSC?

1.3 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi analisis morfologi dengan perbedaan ketebalan lapisan fotoelektroda TiO_2 satu sampai dengan empat lapis sebelum direndam pada *dye* klorofil ekstrak daun binahong untuk mengetahui nilai ketebalan serta ukuran bulir penyusunnya.

Sifat optik yang dibahas pada penelitian ini berupa spektrum absorbansi serta nilai dari *Light Harvesting Efficiency* (LHE) dalam mengetahui nilai panjang gelombang yang optimal yang dapat berpengaruh terhadap potensial reduksi dan oksidasi *dye*.

Efisiensi DSSC yang dibahas dalam penelitian ini meliputi sifat listrik sampel yang telah dimaserasi dalam *dye* selama 22jam. Tegangan *Open-Circuit* (V_{oc}), Densitas Arus *Short-Circuit* (J_{sc}), *Fill Factor* (FF), dan Efisiensi didapat untuk mengetahui persentase nilai energi input yang dikonversi menjadi energi listrik.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui gambaran mengenai hasil morfologi fotoelektroda TiO₂.
2. Mengetahui karakteristik optik *dye* klorofil sebagai fotosensitizer dengan ketebalan fotoelektroda TiO₂ yang optimal.
3. Mengetahui nilai yang efisien dari sampel sel surya dengan perbedaan ketebalan fotoelektroda TiO₂.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terhadap pengaruh ketebalan TiO₂ terhadap kinerja DSSC, sehingga dapat dimanfaatkan untuk penelitian selanjutnya dalam mengembangkan energi terbarukan dengan prospek yang tinggi yaitu ramah lingkungan, proses fabrikasi yang mudah, serta biaya penelitian yang rendah.

1.6 Sistematika Penyusunan Laporan

Skripsi ini disusun dalam lima bagian dengan sistematika penulisan dengan beberapa sub-bab dari setiap BAB. BAB I Pendahuluan membahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dilaksanakannya penelitian, manfaat penelitian, hipotesis, serta sistematika penulisan laporan. BAB II Kajian Pustaka membahas mengenai landasan teori mengenai sel surya, yang meliputi *dye sensitized solar cells*, fotosensitizer, komponen DSSC, prinsip kerja DSSC, serta karakterisasi sel surya menggunakan klorofil. BAB III Metode Penelitian berisi tentang waktu dan lokasi penelitian, metode penelitian, studi literatur, preparasi *dye* sensitizer dari DSSC, preparasi fotoelektrode, electrode lawan dan elektrolit, perakitan DSSC, serta karakterisasi dari DSSC. BAB IV Hasil Penelitian pembahasan mengenai identifikasi jenis *dye* klorofil hasil sintesis, analisis absorbansi gelombang natural *dye* sensitizer analisis nanopartikel electrode TiO₂, serta analisis performansi DSSC yang berbasis natural *dye* sensitizer. BAB V Kesimpulan berupa simpulan serta implikasi dan rekomendasi mengenai penelitian yang telah dilakukan untuk dikembangkan selanjutnya.