

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil dan produk tekstil (TPT) merupakan salah satu industri yang penting karena merupakan gabungan dari industri berteknologi tinggi, padat modal, dan keterampilan sumber daya manusia yang menyerap tenaga kerja. Sebagai salah satu sektor industri yang bersifat *labor intensive*, industri TPT diharapkan mampu mendorong penyerapan tenaga kerja pada sektor industri. Selain itu, industri TPT termasuk ke dalam kluster industri yang difokuskan untuk pertumbuhan ekonomi. Industri TPT memiliki kontribusi yang besar terhadap PDB Indonesia dan masuk dalam kelompok lima industri dengan kontribusi terbesar dalam pembentukan PDB (Asmara, Purnamadewi, Mulatsih, & Novianti, 2013). Disisi lain, industri TPT Indonesia mempunyai banyak kendala dan hambatan dalam peningkatan daya saing tersebut. Paling tidak ada 10 masalah utama yang menjadi pemicu rendahnya daya saing TPT di Indonesia. Masalah tersebut antara lain adalah rendahnya teknologi, ketergantungan impor bahan baku, minimnya industri pendukung, rendahnya sumber daya manusia, keterbatasan modal kerja, pasokan listrik, agresif dan dinamisnya produk TPT, lemahnya kinerja ekspor, dan persoalan transportasi, serta persoalan perpajakan. (Ragimun, 2010)

Salah satu kendala dan hambatan yang menjadi pemicu rendahnya daya saing TPT adalah energi listrik, energi listrik merupakan kebutuhan dasar untuk menggerakkan hampir seluruh aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat. Energi listrik memiliki manfaat yang begitu besar dan pentingnya, sedangkan sumber energi pembangkit listrik terutama yang berasal dari sumber daya tak terbarui ketersediannya semakin terbatas, maka untuk menjaga kelestarian sumber energi perlu diupayakan langkah strategis yang dapat menunjang penyediaan energi listrik secara optimal. Jumlah energi itu sendiri masih didominasi oleh sumber-sumber energi fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara yang nantinya akan habis sehingga diperlukan energi terbarukan yang ramah lingkungan untuk mengatasi masalah tersebut. Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan, salah satunya adalah memanfaatkan energi matahari yang kontinu, bersih dan melimpah karena secara geografis dilalui oleh garis khatulistiwa dan menerima panas matahari lebih banyak dari pada negara lain, yaitu 4800 watt/m²

per hari. Energi matahari bisa dikembangkan menjadi tenaga sel surya sebagai energi alternatif yang dapat diubah menjadi energi listrik (Hardianti, 2018)

Perkembangan teknologi sel surya hingga saat ini sudah mencapai tiga generasi yaitu sel surya tipe silikon, sel surya tipe lapis tipis (*thin film*) dan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Sel surya generasi pertama dan kedua merupakan sel surya berbasis teknologi silikon yang banyak digunakan saat ini. Namun mahal biaya produksi serta fabrikasi yang tidak sederhana menjadi kendala dalam pemanfaatan sel surya berbasis silikon (Wijayanti, 2010). *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan sel surya generasi ketiga berbasis bahan semikonduktor TiO_2 dan *dye* sebagai pemeka cahaya (Astuti, 2012). *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sel surya silikon diantaranya harganya murah, proses fabrika yang mudah, bahan yang digunakan mudah didapat dan ramah lingkungan (Yulika, 2014).

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) terdiri atas fotoanoda dari kaca konduktif yang saling berhadapan dan dipisahkan oleh elektrolit redoks yang kemudian disusun dengan struktur *sandwich*. Sejak DSSC diperkenalkan pertama kali dengan menggunakan fotoanoda berupa film TiO_2 , para peneliti telah meningkatkan performansi DSSC sebagai piranti yang berpotensi untuk dikomersilkan. Titanium dioksida merupakan material yang umum digunakan sebagai sel *photovoltaic*. Material ini memiliki sifat optoelektronik dan fotokatalitik tinggi. Telah banyak upaya yang dilakukan untuk meningkatkan performa sistem, diantaranya dengan memodifikasi material fotoanoda dan *counter electrode* (CE), salah satunya dengan mengembangkan material komposit sebagai fotoanoda. Sementara itu, para peneliti juga telah memperkenalkan beberapa material inert yang dapat dimanfaatkan sebagai material CE untuk menggantikan platina (Pt) yang harganya mahal seperti grafit, karbon, grapheme, *carbon nanotube*, dan beberapa polimer lain (Diantoro, Sa'adah, Sujito, Himmah, & Nashikhudin, 2019).

Pada umumnya, proses deposisi fotoanoda DSSC dilakukan dengan metode *spin coating*, *screen printing*, dan *doctor blade*. Material yang umum digunakan berupa nanopartikel tiga dimensi. Adapun material berstruktur satu dimensi memberikan peluang kajian yang lebih luas, seperti mengatur densitas, porositas, ketebalan, penjajaran, orientasi, dan lain-lain. Material semikonduktor berstruktur *nanofiber* yang terdeposisi pada fotoanoda memiliki luas permukaan spesifik tinggi.

Tingginya luas permukaan tersebut mengakibatkan semakin meningkat pula *dye* yang terabsorpsi, sehingga semakin banyak pula foton yang diserap. Selain itu, *nanofiber* yang dihasilkan dari metode ini memiliki interkoneksi pori baik sehingga menunjang performa piranti konversi energy. Terdapat beberapa metode untuk membuat material *nanofiber*, yaitu *chemical vapor deposition* (CVD), *self assembly*, *wet chemical synthesis*, dan *electrospinning*. Diantara berbagai metode tersebut, *electrospinning* merupakan metode yang paling umum digunakan karena tergolong sederhana, efisien, murah, dan dapat diproduksi secara massal. (Diantoro, Sa'adah, Sujito, Himmah, & Nashikhudin, 2019). Prinsip kerja *elektrospinning* berdasarkan teori medan elektrostatik, dimana pembentukan serat melalui pancaran muatan listrik dari suatu larutan atau cairan polimer. Parameter penting yang perlu diperhatikan karena mempengaruhi kualitas dari serat nano yang dihasilkan adalah konduktivitas, konsentrasi, viskositas, tegangan permukaan, dan berat molekular; parameter proses seperti tegangan, jarak ujung jarum ke kolektor, bentuk kolektor, diameter jarum, dan laju umpan. Kondisi lingkungan seperti kelembaban dan temperatur lingkungan juga merupakan hal yang perlu dipertimbangkan (Krisnandika, 2017).

Pada struktur DSSC terdapat *dye* yang berfungsi sebagai zat pemeka cahaya atau *sensitizer*. Sejauh ini *dye* yang bisa digunakan sebagai pemeka cahaya dapat berupa *dye* sintesis maupun *dye* alami. Namun *dye* sintesis memiliki kelemahan diantaranya harganya yang cukup mahal dan juga mengandung logam berat yang tidak baik untuk lingkungan. *Dye* alami yang digunakan sebagai *sensitizer* diperoleh dari ekstraksi bagian tumbuhan seperti daun, bunga, akar dan buah (Nafi, 2013). Tumbuhan yang dapat digunakan sebagai *dye* dapat mengandung pigmen alami berupa antosianin, klorofil dan karoten (Bashir, 2016). Sifat dari β -*carotene* yang termasuk dalam karotena yang mampu menyerap cahaya merupakan fungsi dari *dye* pada DSSC. Fungsi absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye* yang terabsorpsi pada permukaan semikonduktor TiO_2 . β -*carotene* memiliki absorpsi maksimum pada panjang gelombang 400-550 nm. Sehingga β -*carotene* merupakan komponen utama yang terungkap karakteristik fotosensitizer pada sinar tampak (Khoiruddin, 2012). Dalam skripsi ini *dye* alami sebagai *sensitizer* yang digunakan adalah wortel (*Daucus carota*) yang memiliki kadar β -*carotene* tinggi. β -*carotene* ini akan dikaji mulai dari proses ekstraksi β -*carotene*, pengujian karakteristik optik dan I-V dari *dye* β -*carotene*, serta fabrikasi DSSC.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang dapat menghasilkan tegangan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menciptakan solar sel yang dapat digunakan untuk mengembangkan dengan berbagai material. Berdasarkan latar belakang diatas, judul yang diangkat pada skripsi ini adalah “**STUDI PEMBUATAN DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) BERBASIS SERAT NANO ELEKTROSPINNING DENGAN SENSITIZER β -KAROTEN DARI WORTEL (*DAUCUS CAROTA L*)**”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka terdapat beberapa masalah yang dapat dianalisa, yaitu:

1. Bagaimana perancangan dan pembuatan *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan fotoanoda serat nano *elektrospinning* komposit PVA-TiO₂ dan *dye* wortel?
2. Bagaimana karakterisasi *dye* wortel menggunakan FTIR, karakterisasi serat nano *elektrospinning* komposit PVA-TiO₂ menggunakan SEM, karakterisasi absorbansi larutan *dye* wortel menggunakan UV-Vis?
3. Bagaimana tegangan dan arus yang dihasilkan dari *dye sensitized solar cell* (DSSC) yang dirancang?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa batasan masalah yakni :

1. Bahan semikonduktor yang digunakan sebagai elektroda kerja adalah nanopartikel PVA-TiO₂, dan tidak dibahas secara rinci mengenai pengaruh zat-zat yang dipakai dalam proses pembuatan.
2. Teknik pendeposisian serat nano PVA-TiO₂ pada kaca konduktif dilakukan menggunakan metode *elektrospinning* dan tidak dilakukan variasi teknik, ketebalan, dan luas permukaan PVA-TiO₂ terdepresiasi.
3. *Dye* yang digunakan merupakan ekstrak wortel.
4. Larutan elektrolit yang digunakan adalah KI, I₂, acetonitril dan tidak dilakukan variasi larutan elektrolit yang lainnya.
5. Karbon yang dipakai merupakan kain konduktif karbon.
6. Kaca konduktif yang digunakan adalah kaca konduktif ITO.
7. Karakterisasi hasil performa DSSC sampai menghasilkan tegangan dan arus dengan menggunakan alat multimeter analog dibawah sinar cahaya.

1.4 Maksud dan Tujuan

1.4.1 Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) berbasis serat nano *elektrospinning* dengan sensitizer β -karoten dari wortel (*Daucus Carota* L).

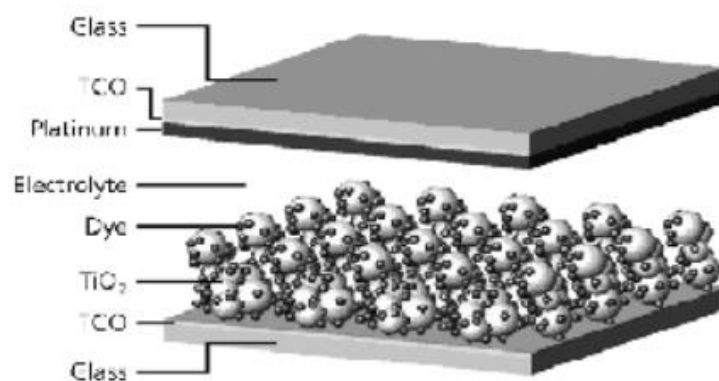
1.4.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat menjelaskan pembuatan *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan fotoanoda serat nano *elektrospinning* komposit PVA-TiO₂ dan *dye* wortel.
2. Mengkarakterisasi *dye* wortel menggunakan FTIR, karakterisasi serat nano *elektrospinning* komposit PVA-TiO₂ menggunakan SEM, karakterisasi absorbansi larutan *dye* wortel menggunakan UV-Vis.
3. *Dye sensitized solar cell* (DSSC) yang dirancang dapat menghasilkan tegangan dan arus.

1.5 Kerangka Pemikiran

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), sejak pertama kali ditemukan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC bahan disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silicon (Phani, Tulloch, Vittorio, & Skyrabin, 2001). Berbeda dengan sel surya konvensional, DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia sehingga menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan. Selain elektrolit, DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO₂, molekul *dye* yang teradsorpsi di permukaan TiO₂, dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif, seperti terlihat pada **Gambar 1.1**



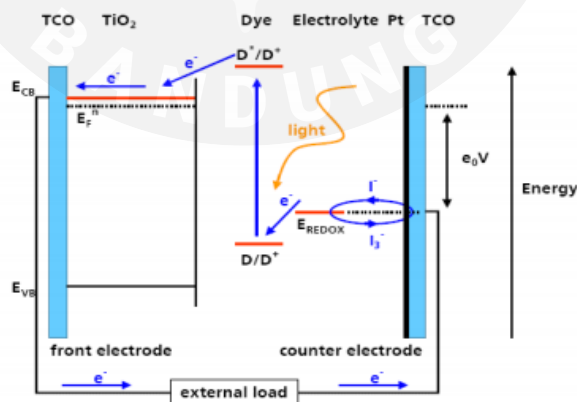
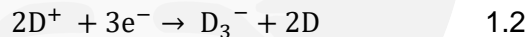
Gambar 1. 1 Struktur *Dye Sensitized Solar Cell* (Sastrawan, 2006)

Pada bagian atas dan alas sel surya merupakan *glass* yang sudah dilapisi oleh TCO (*Transparent Conducting Oxide*) biasanya SnO_2 , yang berfungsi sebagai elektroda dan *counter*-elektroda. Pada TCO *counter*-elektroda dilapisi katalis untuk mempercepat reaksi redoks dengan elektrolit. Pasangan redoks yang umumnya dipakai yaitu I^-/I_3^- (iodide/triiodide). Pada permukaan elektroda dilapisi oleh nanopori TiO_2 yang mana *dye* teradsorpsi di pori TiO_2 . *Dye* yang umumnya digunakan yaitu jenis *ruthenium complex*.

Skema kerja dari DSSC ditunjukkan pada Gambar 1.2. Pada dasarnya prinsip kerja dari DSSC merupakan reaksi dari transfer elektron. Proses pertama dimulai dengan terjadinya eksitasi elektron pada molekul *dye* akibat absorpsi foton. Elektron tereksitasi dari *ground state* (D) ke *excited state* (D^*) dinyatakan dalam persamaan 1.1.



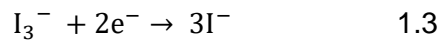
Elektron dari *excited state* kemudian langsung terinjeksi menuju *conduction band* (E_{CB}) titania sehingga molekul *dye* teroksidasi (D^+). Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit (I^-) maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya (*ground state*) dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh *dye* yang teroksidasi dan dinyatakan dengan persamaan 1.2



Gambar 1. 2 Skema Kerja dari DSSC (Sastrawan, 2006)

Setelah mencapai elektroda TCO, elektron mengalir menuju *counter*-elektroda melalui rangkaian eksternal. Dengan adanya katalis pada *counter*-elektroda, elektron diterima oleh elektrolit sehingga hole yang terbentuk pada elektrolit (I_3^-),

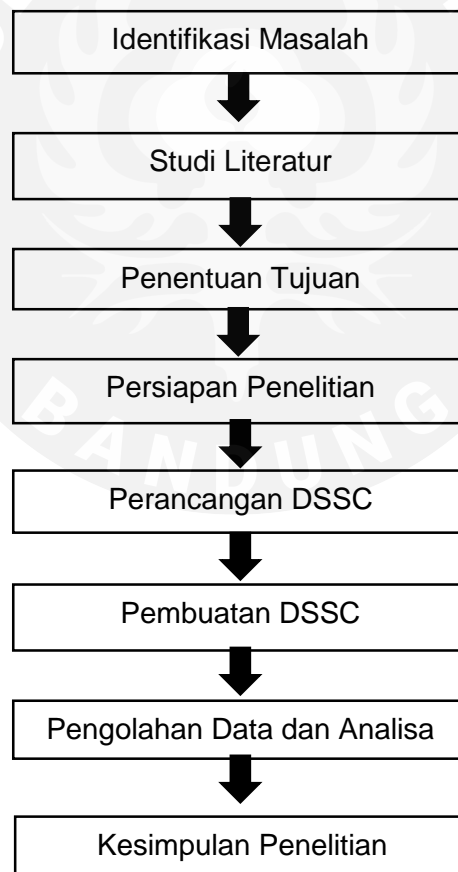
akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berekombinasi dengan elektron membentuk iodide I^- dan dinyatakan dengan persamaan 1.3



Setelah mencapai elektroda TCO, elektron mengalir menuju *counter*-elektroda melalui rangkaian eksternal. Dengan adanya katalis pada *counter*-elektroda, elektron diterima oleh elektrolit sehingga hole yang terbentuk pada elektrolit (I_3^-), akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berekombinasi dengan elektron membentuk iodide (I^-).

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam mempermudah penelitian serta penyusunan penelitian maka metode penelitian yang dilakukan melalui beberapa langkah metode penelitian seperti pada Gambar 1.3.



Gambar 1. 3 Diagram Alir Metode Penelitian.

Metodologi penelitian yang dilakukan antara lain:

1. Identifikasi masalah : Mengidentifikasi masalah atau melakukan pengamatan untuk menentukan gejala permasalahan pada penelitian.
2. Studi Literatur : Mengumpulkan informasi ataupun data dari literature yang ada yang berhubungan dengan topik penelitian.
3. Penentuan Tujuan : Menetapkan sasaran penelitian yang akan dilakukan
4. Persiapan Penelitian : Menentukan alat, metode, dan prinsip pembuatan dssc yang akan dirancang.
5. Perancangan DSSC : membuat rancangan DSSC yang akan dibuat.
6. Pembuatan DSSC : membuat DSSC sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan.
7. Pengolahan Data dan Analisa : melakukan pengolahan data serta analisis terhadap hasil DSSC yang telah dibuat.
8. Kesimpulan Penelitian : menyimpulkan hasil dari penelitian sesuai dengan data pengamatan dan analisis yang telah dilakukan.

