

Bab I Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Energi matahari atau energi surya merupakan salah satu energi terbarukan, tidak akan pernah habis dan dapat dimanfaatkan dengan berbagai teknologi untuk menghasilkan listrik. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi mencapai 3×10^{24} joule pertahun, energi ini setara dengan 2×10^{17} Watt (Wuriyandani et al., 2015). Jika energi surya dikonversikan menjadi energi listrik, maka energi tersebut dapat berfungsi sebagai energi alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. Sel surya merupakan salah satu teknologi energi alternatif untuk menkonversi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik tanpa menghasilkan emisi gas buang. Pada prinsipnya, cara kerja sel surya sama dengan cara kerja fotosintesis pada tumbuhan. Energi cahaya digunakan untuk menghasilkan elektron bebas. Sel surya menggunakan elektron bebas untuk menghasilkan listrik, sedangkan tumbuhan menggunakan elektron bebas untuk menghasilkan energi kimia (Gong et al., 2017).

Saat ini, sel surya yang paling banyak digunakan adalah berbasis silikon dengan efisiensi paling tinggi di angka sekitar 20,5%. Meskipun demikian, ia juga memiliki kelemahan. Kelemahan dari sel surya jenis ini adalah biaya produksi yang tinggi, bahkan lebih mahal dibandingkan dengan sumber energi dari fosil. Apalagi, pembuatan sel surya jenis ini sulit dilakukan karena kebutuhan teknologi ruang bersih yang canggih. Dengan berkembangnya nanoteknologi, tampaknya terobosan teknologi sel surya dapat dicapai. Salah satu terobosan tersebut adalah teknologi dye sensitized solar cell (DSSC). DSSC juga sangat menarik untuk dikembangkan karena mempunyai beberapa kelebihan diantaranya material penyusun yang relatif murah, efisiensi yang tinggi, ramah lingkungan dan proses fabrikasi yang relatif mudah (Akilimali et al., 2018).

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) pertama kali diusulkan oleh Michael Gratzel dan O'regan pada tahun 1991. Pada umumnya DSSC terdiri atas fotoanoda dari kaca konduktif yang saling berhadapan, *dye* sebagai *fotosensitizer*, elektrolit redoks dan

counter elektroda yang kemudian disusun dengan struktur sandwich (Hardeli & dkk, 2013). DSSC diperkenalkan pertama kali dengan menggunakan fotoanoda berupa film TiO_2 . Titanium dioksida merupakan material yang umum digunakan sebagai sel photovoltaic. Material ini memiliki sifat optoelektronik dan fotokatalitik tinggi. Banyak penelitian dilakukan yang bertujuan untuk meningkatkan performa DSSC sebagai piranti yang dapat dikomersilkan. Salah satunya dengan mengembangkan material komposit sebagai fotoanoda (Diantoro et al., 2018).

Pada umumnya, proses deposisi fotoanoda DSSC dilakukan dengan metode *spin coating*, *screen printing*, dan *doctor blade*. Material yang umum digunakan berupa nanopartikel tiga dimensi. Seiring berkembangnya teknologi, ketertarikan dunia terhadap bahan serat nano dan aplikasinya sangat tinggi. Material semikonduktor berbasis serat nano yang terdeposisi pada fotoanoda memiliki luas permukaan tinggi (Istirohah et al., 2020). Sifat dari bahan serat nano dapat menghasilkan luas permukaan yang tinggi terhadap volume. Serat nano didefinisikan sebagai serat dengan ketebalan kurang dari 1 mikrometer. TiO_2 dalam bentuk fiber lebih aplikatif dibanding dalam bentuk serbuk karena fiber memiliki beberapa kelebihan yakni rasio luas permukaan per volume yang lebih besar, dengan demikian sinar UV yang terserap lebih banyak. Struktur unik serat nano menyediakan jalur linier sebagai pembawa elektron, menghasilkan efisiensi konversi lebih tinggi. Selain itu luas permukaan yang tinggi bermanfaat untuk penyerapan dye yang berkontribusi pada transpor elektron, sehingga meningkatkan jumlah foton yang dipanen untuk menghasilkan elektron. Serat nano juga memiliki interkoneksi pori yang baik sehingga menunjang performa DSSC sebagai piranti konversi energi (Montallana et al., 2020).

Pada komponen DSSC, terdapat *dye* yang berfungsi sebagai zat pemeka cahaya atau sensitizer. Kinerja DSSC sangat bergantung pada struktur molekul *sensitizer*. Banyak senyawa kimia, seperti ftalosianin, kumarin, turunan karboksilasi antrasena dan porfirin telah digunakan untuk sensitisasi semikonduktor pada DSSC. *Dye* sintesis memiliki kelemahan, harganya yang mahal dan kandungan logam berat yang dapat membahayakan lingkungan. *Dye* dari bahan organik yang digunakan sebagai *sensitizer*

diperoleh dari ekstraksi bagian tumbuhan seperti daun, bunga, akar dan buah (Maulana Nafi, 2013). Bagian – bagian tumbuhan tersebut mengandung pigmen alami berupa antosianin, klorofil dan karoten. 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 (Bashir et al., 2016). Sehingga β -carotene dapat digunakan sebagai komponen utama *fotosensitizer* pada sinar tampak (Hardani et al, 2019).

Elektrospinning adalah metode serbaguna untuk memproduksi produk 1-dimensi (1D) dan metode yang paling umum digunakan dalam membuat serat berukuran nano, karena tergolong sederhana, efisien, murah, dan dapat diproduksi secara massal (Mamun et al., 2019). Prinsip kerja elektrospinning berdasarkan teori medan elektrostatis, dimana pembentukan serat melalui pancaran muatan listrik dari suatu larutan atau cairan polimer. Proses plasma mampu meningkatkan fungsional bahan tekstil dengan memodifikasi permukaan bahan tersebut. Prinsip kerja dari proses plasma ialah terjadinya ionisasi gas dengan muatan yang setara antara ion positif dan negatif dikarenakan adanya daya elektromagnet pada tekanan atmosfer atau tanpa tekanan (vakum) dalam suatu reaktor pada suhu ruangan. Maka secara sederhana plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fasa materi keempat setelah fasa padat, cair, dan fasa gas (Tayibnapis & Sitohang, 2015).

Permasalahan pertama adalah efisiensi penyerapan foton yang sangat kecil yaitu sebesar 0,5%. Ini disebabkan oleh bandgap TiO_2 yang cukup lebar hingga 3,8 eV (Fahyuan et al., 2015). Penggunaan material satu dimensi seperti serat nano diharapkan menjadi solusi untuk menciptakan bandgap sesuai, sekaligus memberikan luas permukaan tinggi untuk meningkatkan sifat absorpsi pada DSSC.

I.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diuraikan identifikasi masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan dan pembuatan prototipe DSSC berbasis serat nano dari PVA/TiO₂ sebagai fotoanoda dengan bahan organik sebagai *dye sensitizer*?
2. Bagaimana tegangan dan arus yang dihasilkan dari DSSC berbasis serat nano yang dirancang?
3. Bagaimana pengaruh karakterisasi proses plasma terhadap serat nano PVA/TiO₂ sebagai fotoanoda pada DSSC?

I.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk studi pembuatan DSSC berbasis serat nano PVA/TiO₂ modifikasi plasma dengan *sensitizer* bahan organik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar tegangan dan arus yang dihasilkan dari DSSC berbasis serat nano PVA/TiO₂ hasil modifikasi plasma dengan *sensitizer* bahan organik.

I.4. Batasan Masalah

1. Bahan baku serat nano yang digunakan adalah berasal dari PVA dan TiO₂.
2. Pembuatan serat nano PVA/TiO₂ menggunakan metode elektrospinning.
3. Bahan baku pewarna organik sebagai *dye sensitized* pada DSSC berasal dari wortel dan buah naga merah.
4. Elektrolit yang digunakan merupakan elektrolit dari KI dan I.
5. Lama proses modifikasi plasma terhadap seluruh sampel adalah 10 menit.
6. Lama proses pembuatan serat nano menggunakan metode elektrospinning adalah selama 5 menit.

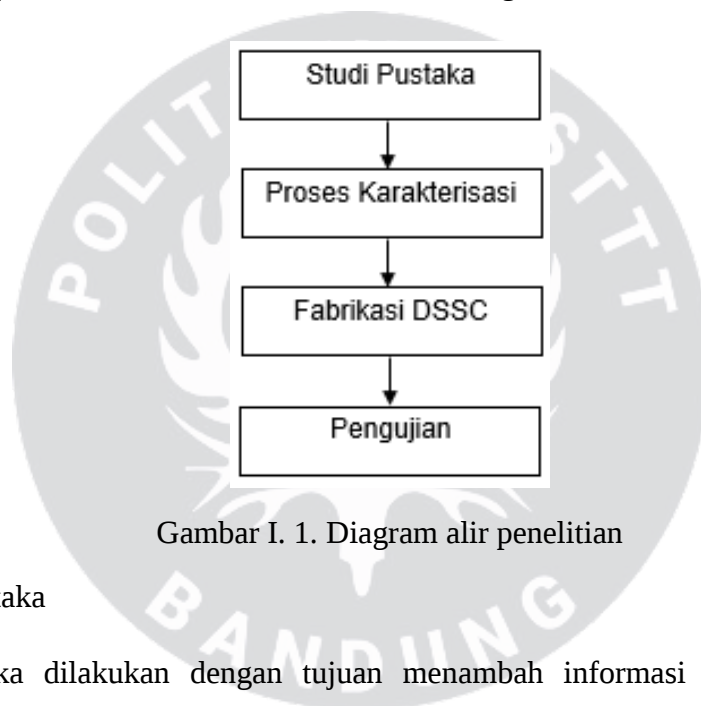
I.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah membuat prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) berbasis serat nano sebagai piranti konversi energi cahaya menjadi listrik, sehingga dapat dijadikan alternatif atau pengganti energi fosil yang terus berkurang dan membahayakan lingkungan. Manfaat dan dampak yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ditemukanya alternatif baru DSSC yang diharapkan mampu digunakan sebagai piranti konversi energi terbarukan sebagai sumber energi listrik.
2. Fabrikasi produk DSSC menggunakan bahan baku lokal dan metode sederhana yang efektif untuk menghemat biaya produksi.
3. Meningkatkan kemandirian bangsa dengan memanfaatkan energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.

I.6. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dalam tesis ini dilakukan dengan metode sebagai berikut :



Gambar I. 1. Diagram alir penelitian

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan tujuan menambah informasi untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan. Studi pustaka diperoleh dari jurnal-jurnal penelitian, makalah, buku, dan artikel nasional maupun internasional yang berkaitan dengan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).

2. Proses Karakterisasi

Proses karakterisasi awal yang dilakukan adalah dengan membuat serat nano PVA/TiO₂ dengan konsentrasi tertentu menggunakan metode elektrospinning sebagai komponen semikonduktor yang terdeposisi pada kaca ITO dan membuat ekstrak zat warna sebagai komponen *sensitizer*. Selanjutnya, untuk mengetahui morfologi serat

nano dilakukan pengujian SEM. Untuk mengetahui hasil karakterisasi juga dilakukan pengujian FTIR dan UV-Vis masing – masing bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam sampel dan absorbansi cahaya terhadap bahan – bahan yang akan digunakan untuk komponen DSSC.

3. Fabrikasi DSSC

Proses fabrikasi dilakukan setelah setiap komponen sudah sesuai, diantaranya : semikonduktor serat nano PVA/TiO₂ yang sudah terdeposisikan pada kaca ITO ditambahkan *dye* dari ekstrak pewarna bahan organik dan elektrolit, *counter* elektroda yang terlapis oleh karbon. Komponen – komponen tersebut, disusun dengan struktur sandwich lalu dijepit oleh penjepit kertas. Susunan tersebut menghasilkan sebuah rangkaian DSSC yang siap untuk dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat kelistrikanya.

4. Pengujian

Proses pengujian dan evaluasi hasil percobaan dilakukan di Laboratorium penelitian, yaitu dengan uraian sebagai berikut :

1. Pengujian viskositas larutan dilakukan di Laboratorium penelitian Balai Besar Tekstil.
2. Pengujian *Fourier Transfer InfraRed* (FTIR) dilakukan di Laboratorium penelitian Magister Politeknik STTT Bandung.
3. Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan di Laboratorium Pusat Survey Geologi Bandung.
4. Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Laboratorium Pusat Survey Geologi Bandung.
5. Pengujian Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Terpadu POLTEKKES Bandung.

I.7. Sistematika Tesis

Penulisan penelitian pada tesis ini terdiri dari lima bab dengan setiap bab terdiri beberapa sub bab. Secara sistematis penjelasan atas bab tersebut adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan memuat gambaran umum dari penelitian di tesis ini. Diawali dengan latar belakang masalah yang menjelaskan kronologi munculnya masalah yang selanjutnya dilakukan penelitian. Dari latar belakang tersebut diidentifikasi menjadi sub bab identifikasi masalah yang bersisikan pertanyaan yang akan dicari jawabanya pada penelitian tesis ini. Penelitian pada tesis ini memiliki maksud dan tujuan serta manfaat yang ingin dicapai, terurai pada masing – masing sub bab.

Bab II Tinjauan pustaka menelusuri secara kritis terhadap hasil-hasil penelitian tentang bahasan yang berkaitan dengan DSSC yang relevan dengan penelitian ini, pada bab ini juga menguraikan penjelasan tentang teori-teori yang digunakan untuk menganalisis permasalahan dalam penelitian.

Bab III Metode penelitian memaparkan cara-cara yang ditempuh dalam melakukan penelitian ini. Sub bab ini mencakup jenis dan pendekatan dalam penelitian, sumber dan teknik pengumpulan data, analisis dan interpretasi data. Bab ini diakhiri dengan sistematika pembahasan tesis yang berupa skema penulisan tesis.

Bab IV Hasil dan pembahasn berisi pembahasan data hasil pengujian dibarengi dengan teori-teori yang komprehensif bahwa serat nano dari PVA/TiO₂ dengan menggunakan *sensitizer* dari ekstrak warna buah dapat menghasilkan DSSC yang dapat mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik.

Bab V Kesimpulan berisi jawaban berupa kajian yang lengkap dan saintifik terhadap rumusan masalah yang dicantumkan dalam bab pendahuluan. Dalam bab ini juga akan memberikan saran dengan harapan apa yang digagas dan dilakukan dalam penelitian ini akan memberikan kajian lebih lanjut dalam rangka pengembangan keilmuan. Sementara di bagian akhir penulisan ini dilampirkan daftar pustaka dan lampiran data penelitian hasil pengujian.