

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan cadangan sumber energi fosil yang terus menipis, muncul berbagai cara penggunaan sumber energi yang terbarui. Salah satunya adalah penggunaan *solar cell* atau sel surya. Sebagai salah satu negara tropis di dunia, Indonesia memiliki potensi yang besar dalam bidang energi surya. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% (Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 2008).

Menurut Undang-Undang No. 30/2007 tentang Energi, dalam Pasal 19 Ayat 1 berbunyi: setiap orang berhak memperoleh energi, kemudian pada Pasal 20 Ayat 5 yang berbunyi: penyediaan energi dari sumber energi baru dan sumber energi terbarukan yang dilakukan oleh badan usaha, bentuk usaha tetap, dan perseorangan dapat memperoleh kemudahan dan/atau insentif dari pemerintah dan/atau pemerintah daerah sesuai dengan kewenangan untuk jangka waktu tertentu hingga tercapai nilai keekonomiannya.

Berdasarkan penelitian Richard E. Smalley (2005), energi menduduki peringkat pertama dari kepentingan global. Upaya yang diperlukan untuk mengatasi masalah yang akan datang pada abad ke-21 tersebut diantaranya adalah penemuan dari "*new oil*" sebagai basis dari sumber energi yang dapat menggantikan minyak dan gas.

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic* (PV). *Photo* merujuk kepada cahaya dan *voltaic* merujuk kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radian matahari. *Photovoltaic cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai *cell* maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga didesain

untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabungkan secara seri atau parallel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan seperti yang dinyatakan pada jurnal *A Detailed Modeling Method for Photovoltaic Cells* oleh Chenni, R., Makhlouf, M., Kerbache, T., & Bouzid, A. (2007).

Terdapat beberapa tipe dari sel surya yang dapat mengonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya yang memiliki efisiensi konversi paling tinggi adalah generasi pertama dari sel surya berbasis kristal silicon tunggal (Belfar dan Mostefaoui, 2011). Kekurangan dari perangkat tersebut adalah harga pembuatan dan instalasi yang tinggi. Penelitian (Konan, K., Saraka, J., Zoueu, J., & Gbaha, P., 2007) telah dilaksanakan untuk mengembangkan generasi kedua dari sel surya memiliki lapisan tipis semi-konduktor untuk mengurangi biaya produksi dan meningkatkan efisiensi dari generasi pertama sel surya. Generasi ketiga dari sel surya merupakan *dye-sensitized solar cells* (DSSC). DSSC merupakan perangkat yang mengubah cahaya tampak menjadi energi listrik berdasarkan *photosensitization* dari besarnya *band-gap* semi-konduktor TiO_2 menggunakan molekul *dye*. (Haryanto, D., Landuma, S., & Purwanto, A., 2014)

Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan generasi ketiga dari *solar cell* yang dikembangkan oleh O'regan dan Gratzel pada tahun 1991. DSSC merupakan bagian dari Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) atau umumnya dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik (PLTS Fotovoltaik). Performa dari DSSC sangatlah bergantung pada *sensitizer* dan semi-konduktor yang digunakan.

Sejauh ini zat warna yang digunakan pada DSSC sebagai *sensitizer* adalah zat warna sintesis dan zat warna alami. Zat warna sintesis umumnya digunakan kompleks rutenium yang memiliki daerah resapan cahaya dari sinar cahaya tampak hingga *near-infrared*. Akan tetapi zat warna sintesis ini mahal harganya, hal ini dapat disebabkan karena ruthenium merupakan salah satu logam paling langka di bumi dengan angka produksi 12 ton per tahun. Meskipun manusia jarang berkontak secara langsung dengan ruthenium, zat ini termasuk dalam zat yang beracun dan karsinogenik. Ruthenium merupakan salah satu radionuklida yang tahan lama sehingga dapat dan akan terus menyebabkan resiko terkena kanker selama puluhan hingga ratusan tahun yang akan datang (Lenntech.com). Sebagai gantinya,

digunakan zat warna alami yang dapat diekstrak dari bagian-bagian tumbuhan diantaranya buah, bunga dan daun. Berbagai ekstrak tumbuhan telah digunakan sebagai fotosensitizer. Untuk meningkatkan aktivitas katalis dari TiO_2 dibutuhkan luas area TiO_2 yang besar (Hardani dkk., 2019).

Dengan menggunakan elektrospinning sebagai metode mendisposisikan TiO_2 , luas permukaan yang terkena sinar matahari akan lebih banyak karena serat nano memiliki pori-pori yang banyak. Hal tersebut akan menyebabkan lebih banyak elektron yang terbangkitkan dan dapat menghasilkan tegangan dan arus listrik yang lebih besar. Elektrospinning pada mulanya tidak dianggap sebagai teknik yang memungkinkan karena adanya kesulitan dalam proses pengeringan dan pengumpulan nanofiber selama proses berlangsung. Sejarah bermula pada tahun 1897 saat Rayleigh pertama kali mengobservasi teknik electrospinning. Pada tahun 1914, Zenleny melakukan studi yang komprehensif terhadap electrospinning yang kemudian dipatenkan oleh Formhals pada 1934. Sekitar pada tahun 1960, studi fundamental mengenai proses pembentukan jet diinisiasikan oleh Taylor. Kemudian pada tahun 1969, Taylor mempelajari bentuk tetesan polimer yang dihasilkan oleh ujung jarum ketika medan listrik diaktifkan. Bentuk kerucut dari jet kemudian disebut *taylor cone*. Sejak saat itu, teknik ini disebut *electrostatic spinning*. Pada tahun 1990-an, sebutan tersebut berubah menjadi *electrospinning*.

Dari uraian diatas, dilakukan penelitian pembuatan DSSC menggunakan buah naga (*Holycereus polyrhizus*) sebagai *sensitizer* dan mengkarakterisasi DSSC yg telah dibuat. Hasil dari penelitian disajikan dalam karya tulis yang berjudul:

“PEMANFAATAN SERAT NANO TiO_2 /PVA/DYE PADA PURWARUPA DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN EKSTRAK BUAH NAGA (*HOLYCEREUS POLYRHIZUS*)”

1.2 Identifikasi Masalah

Bedasarkan uraian diatas, maka penulis membuat identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Apakah *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) dapat dirancang menggunakan serat nano TiO_2/PVA dengan *sensitizer* ekstrak buah naga (*Holycereus polyrhizus*)?
2. Bagaimanakah performa kelistrikan dari *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) menggunakan buah naga sebagai *sensitizer* dan serat nano TiO_2/PVA ?
3. Bagaimana hasil karakterisasi dari *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan ekstrak buah naga?

1.3 Maksud dan Tujuan

1.3.1 Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan dari ekstrak *Holycereus polyrhizus* (buah naga) pada *nanofiber* TiO_2/PVA sebagai *sensitizer* DSSC.

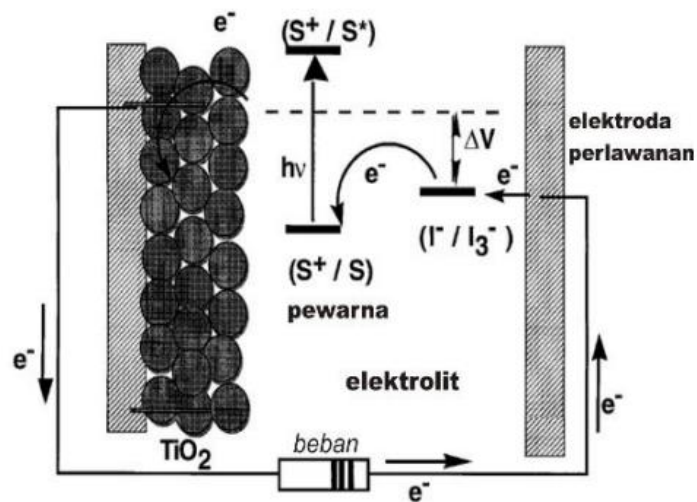
1.3.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) dapat dirancang menggunakan serat nano TiO_2/PVA dengan ekstrak buah naga (*Holycereus polyrhizus*) sebagai *sensitizer*.
2. Dapat menjelaskan performa kelistrikan *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) menggunakan buah naga sebagai *sensitizer* dan serat nano TiO_2/PVA .
3. Dapat menjelaskan karakteristik dari *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) menggunakan buah naga sebagai *sensitizer*.

1.4 Kerangka Penelitian

DSSC tersusun atas elektroda kerja anoda (semikonduktor TiO_2 – zat warna) dan elektroda lawan (karbon) katoda sebagai katalis yang keduanya dilapiskan pada kaca konduktif. Kaca konduktif yang digunakan pada penelitian ini adalah kaca ITO (*Indium-Tin Oxide*).



Gambar 1.1 Skema kerja DSSC (L. Diah, dkk., 2008)

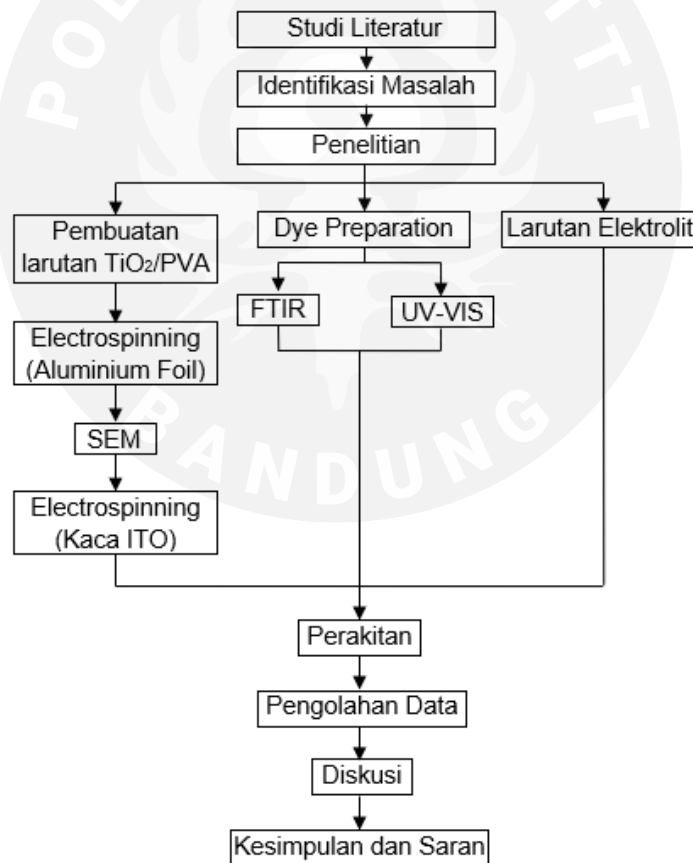
Dye Sensitizer (S) menyerap sejumlah foton mengakibatkan elektron tereksitasi dari level HOMO ke LUMO pada molekul *dye*. *Dye Sensitizer* tereksitasi (S^*) menginjeksi sebuah elektron ke dalam pita konduksi (CB) semikonduktor (TiO_2) yang berada sedikit lebih tinggi daripada level konduksi TiO_2 . Elektron tersebut melintas melewati partikel-partikel TiO_2 menuju kontak belakang berupa lapisan konduktif transparan ITO (Indium Tin Oxide), selanjutnya ditransfer melewati rangkaian luar menuju elektroda lawan. Elektron masuk kembali ke dalam sel dan mereduksi sebuah donor teroksidasi yang (I^+) ada di dalam elektrolit. *Dye-Sensitizer* teroksidasi (S^+) akhirnya menerima sebuah elektron dari donor tereduksi (I_3^-) dan tergenereasi kembali menjadi molekul awal (S). Tegangan yang dihasilkan oleh sel surya tersensitisasi *dye* berasal dari perbedaan tingkat energi konduksi elektroda semikonduktor TiO_2 dengan potensial elektrokimia pasangan elektrolit redoks. Sedangkan arus yang dihasilkan dari sel surya ini terkait langsung dengan jumlah foton yang terlibat dalam proses konversi dan bergantung pada intensitas penyinaran serta kinerja *dye* yang digunakan (L. Diah, dkk., 2008).

Pada penelitian ini, digunakan serat nano (TiO_2/PVA) hasil elektrospinning dan zat warna antosianin yang diekstrak dari buah naga (*Holycereus polyrhizus*). Material TiO_2 dipilih karena kemampuan permukaannya untuk menahan aliran elektron dibawah sinar photon (*ultra-violet range*) (Ali dkk., 2010). Penulis memilih untuk menggunakan ekstrak dari buah naga (*Holycereus polyrhizus*) karena buah tersebut

merupakan salah satu buah yang dapat ditemukan dengan mudah, sifatnya yang ramah lingkungan dan juga memiliki harga yang terjangkau. Kemampuan dari *sensitizer* pada *dye* natural sangatlah berhubungan dengan properti antosianin. Molekul antosianin dalam bentuk karbonil dan hidroksil yang secara alami terbentuk pada buah, daun dan bunga menyebabkan buah, daun dan bunga memiliki pigmen warna yang berada pada spektrum merah-biru cahaya tampak. (Ali dkk., 2010)

Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi *nanofiber* dan pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari ekstrak buah naga. Untuk mengetahui ukuran daya serap cahaya pada daerah UV (200-350nm) dan sinar tampak (350-800nm) dilakukan uji UV-Vis.

1.5 Metodologi Penelitian



Gambar 1.2 Alur Proses Metodologi Penelitian

1. Studi Literatur

Serangkaian kegiatan untuk mengumpulkan, membaca, dan memahami bahan penelitian. Hal ini dapat diperoleh dari berbagai sumber (jurnal, website, artikel atau buku).

2. Identifikasi Masalah

Dilakukan untuk menentukan atau mengidentifikasi suatu hal yang dapat dikembangkan atau ditemukan solusinya pada penelitian.

3. Persiapan Pengujian

Persiapan yang harus dilakukan sebelum dilakukannya penelitian adalah mempersiapkan bahan baku pembuatan larutan elektrospinning dan ekstrak buah naga yang akan digunakan.

4. Pelaksanaan Pengujian

Proses pengujian yang dilakukan:

- a) Melakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui morfologi *nanofiber* hasil elektrospinning.
- b) Melakukan uji FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengidentifikasi senyawa, gugus fungsi dan menganalisa campuran dan sample yang dianalisis.
- c) Melakukan pengujian UV-VIS untuk mengetahui ukuran daya serap cahaya pada daerah UV dan sinar tampak.
- d) Melakukan pengujian kelistrikan untuk mengetahui apakah *Dye-Sensitized Solar Cell* yang telah dibuat berhasil menghasilkan listrik atau tidak.

5. Analisa dan Diskusi

Melakukan analisis dan diskusi akan hasil pengujian berdasarkan data yang telah didapatkan pada saat pengujian.

6. Kesimpulan

Membuat kesimpulan dari penelitian yang menjawab pertanyaan dari identifikasi masalah dan menyimpulkan hasil analisa dan diskusi.

1.6 Pembatasan Masalah

1. Penelitian pembuatan purwarupa DSSC menggunakan ekstrak buah naga.
2. Pembuatan purwarupa hanya sampai mendapatkan hasil listrik yang dihasilkan dibawah sinar cahaya matahari langsung dan tidak langsung.
3. Tidak dikaji lebih jauh mengenai viskositas larutan TiO_2/PVA yang digunakan.
4. Tidak dikaji lebih jauh mengenai pengaruh jarak, tegangan, massa beban, suhu ruangan, kecepatan kolektor, dan waktu kolektor yang digunakan dalam proses pembuatan serat.
5. Tidak dikaji lebih jauh mengenai pengaruh larutan elektrolit yang berbeda-beda.
6. Tidak dikaji lebih jauh mengenai pengaruh lama rendaman yang berbeda-beda.
7. Kain karbon atau kandungan karbon dalam kain yang dibeli tidak dikaji lebih jauh.
8. Tidak dikaji lebih jauh pengaruh variasi diameter *nanofiber*.
9. Pengukuran hasil serat nano menggunakan hasil dari pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan di Balai Besar Tekstil.

1.7 Lokasi Penelitian

Perakitan DSSC menggunakan ekstrak buah naga dilakukan di Laboratorium Fisika Politeknik STTT Bandung. Pengujian SEM dilakukan di Balai Besar Tekstil Bandung. Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Sentral Universitas Padjajaran. Pengujian UV-VIS dilakukan di Laboratorium Sintesa Kimia dan Polimer Gedung A Politeknik STTT Bandung.