

BAB III

METODE PENELITIAN

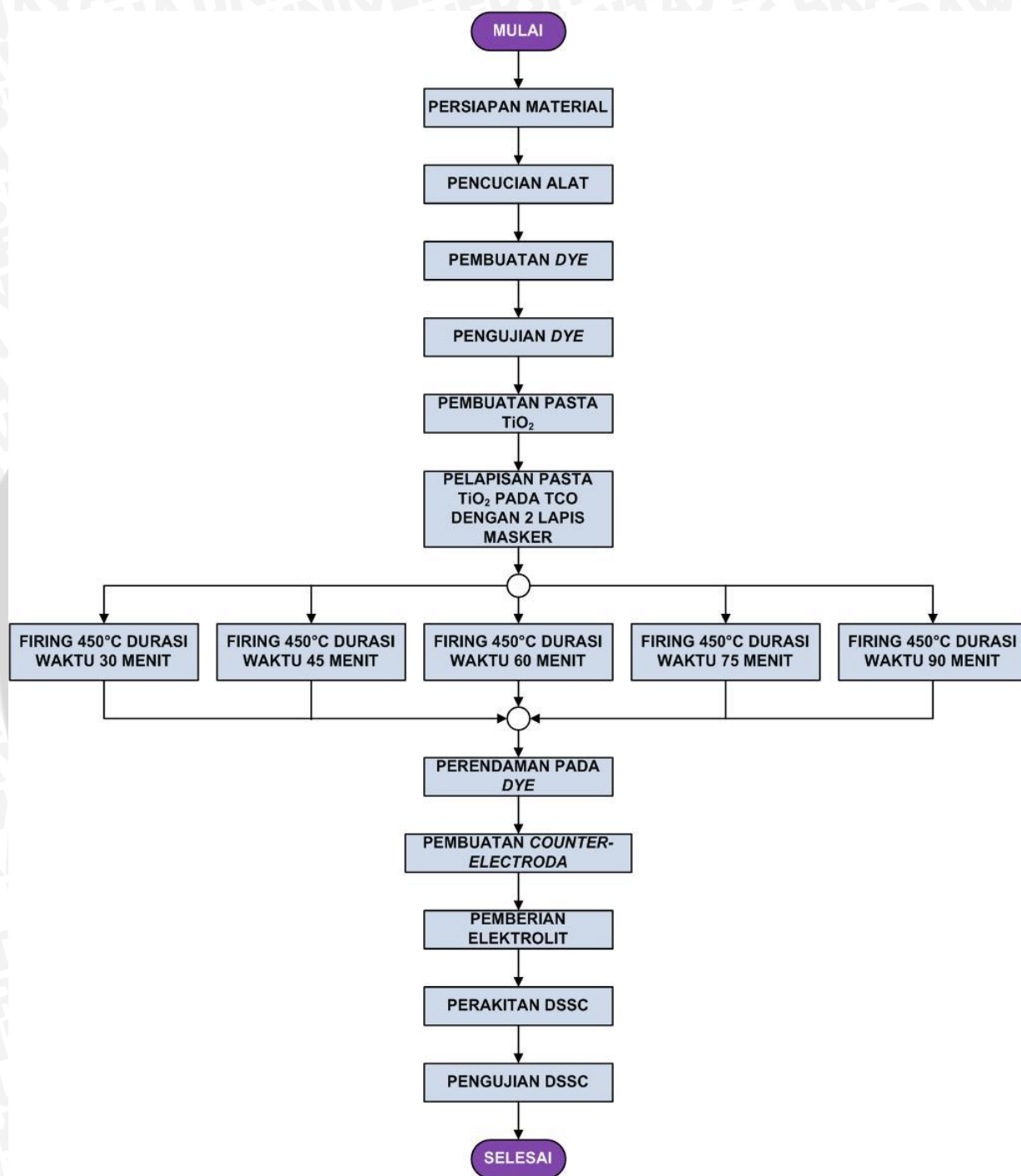
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan berdasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasi penelitian tentang pengaruh variasi waktu pemanggangan Titanium Dioksida (TiO_2) terhadap daya keluaran *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan terdiri atas kerangka solusi masalah, perancangan *dye-sensitized solar cell* (DSSC), penentuan jenis data, cara perolehan data atau pengukuran, model analisis data dan pengambilan kesimpulan.

3.1 Perancangan *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Dalam penelitian ini akan dirancang 5 prototipe solar sel organik atau *dye-sensitized solar cell* (DSSC) dengan menggunakan zat klorofil daun jarak merah sebagai *dye* untuk penyerapan cahaya matahari, serta menggunakan variasi waktu pada proses pemanggangan (*firing*) pasta TiO_2 . Variasi waktu pemanggangan terdiri dari 5 durasi waktu berbeda saat proses pemanggangan pasta TiO_2 yang telah dideposisikan pada substrat TCO.

Variasi waktu pemanggangan TiO_2 yang dirancang dalam penelitian ini yaitu dalam durasi : 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit dengan menggunakan 5 prototipe DSSC, variasi tersebut merupakan variasi waktu pemanggangan pasta TiO_2 yang telah dideposisikan ke kaca TCO. kelima prototipe DSSC tersebut mendapatkan perlakuan yang sama dalam hal metode dan langkah pembuatannya, perbedaan perlakuan diantara kelima prototipe DSSC tersebut hanya diberikan pada durasi waktu pemanggangan pasta TiO_2 . Variasi waktu pemanggangan tersebut dirancang untuk mengetahui bagaimanakah pengaruh variasi waktu pemanggangan TiO_2 terhadap performansi DSSC serta berapakah waktu pemanggangan TiO_2 yang dapat menghasilkan karakteristik dan keluaran DSSC yang terbaik.

Skema kerja atau diagram alir perancangan dan proses pembuatan DSSC secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode perancangan DSSC secara keseluruhan

Langkah pertama pada proses pembuatan *DSSC* adalah diawali dengan mempersiapkan semua material yang akan digunakan untuk perancangan. Alat-alat yang akan digunakan dicuci terlebih dahulu dengan menggunakan aquades

untuk menghilangkan zat - zat pengotor. Untuk pembuatan *dye* digunakan prinsip ekstraksi klorofil dari daun jarak merah.

Perbandingan jumlah daun jarak dengan volum zat pelarut yang dirancang dalam penelitian ini adalah 3 : 5. Perbandingan ini dipakai berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dody Fanditya R (2014), yang telah berhasil mendapatkan tingkat konsentrasi klorofil yang dapat menghasilkan absorbansi terbaik (Dody, 2014 : 46). Konsentrasi zat pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\pm 98\%$. Konsentrasi ini adalah konsentrasi terbaik dari zat pelarut yang dapat melepas zat klorofil. Waktu proses stirer yang ditetapkan pada penelitian ini adalah kurang lebih 30 menit. waktu stirer ditetapkan pada besaran tersebut karena merupakan kisaran waktu paling baik yang diperlukan untuk melepaskan klorofil (Dody, 2014 : 46 - 53).

Daun jarak merah yang telah dihilangkan tulang daunnya terlebih dulu ditimbang sejumlah 30 gram. Kemudian daun dicuci dengan menggunakan aquades lalu dikeringkan diatas kanebo. Daun jarak merah yang telah bersih kemudian digerus dalam cawan porselin hingga halus dan dimasukkan ke dalam pelarut 50 ml. Selanjutnya larutan di *stirring* selama 30 menit.

Pada pembuatan pasta TiO_2 , *Polyvinyl Alcohol* (PVA) 1.5 gram ditambahkan pada 13.5 ml aquades, selanjutnya campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada temperatur 45°C selama kurang lebih 30 menit hingga larutan mengental dan homogen, setelah itu larutan didiamkan selama 30 menit untuk menghilangkan panas pada larutan. PVA dalam hal ini berfungsi sebagai pengikat nanopori TiO_2 dalam pembuatan pasta TiO_2 . Bubuk TiO_2 ditimbang 0.5 gram, kemudian suspensi yang telah dibuat ditambahkan pada bubuk TiO_2 perlahan – lahan hingga didapatkan pasta dengan viskositas yang diinginkan.

Setelah didapatkan pasta TiO_2 yang diinginkan, selanjutnya pasta dilapiskan diatas kaca TCO pada lapisan konduktifnya dengan menggunakan metode *doctor blading* pada ketebalan 2 lapisan masker atau setara dengan $\pm 200 \mu\text{m}$. Tiap kaca TCO yang sudah dilapisi pasta TiO_2 langsung di-*firing* (panggang)

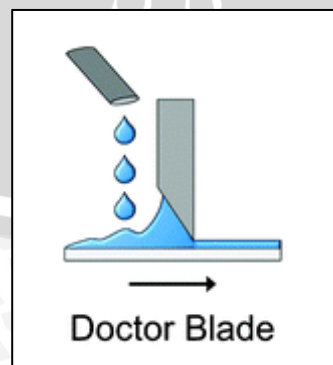
pada suhu 450°C dengan durasi waktu yang berbeda – beda yaitu selama 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit. Setelah dikeluarkan dari furnace, kaca TCO didiamkan sesaat selama kurang lebih 5 menit, kemudian kaca TCO yang telah dilapisi TiO₂ tersebut direndam kedalam *dye* selama 30 menit dalam kondisi ruangan yang gelap (cahaya minimal).

Pembuatan *counter-electrode* dilakukan dengan cara memanaskan sisi konduktif kaca TCO diatas nyala api lilin selama kurang lebih 1 s.d. 2 menit sampai karbon dengan rata menutupi sisi konduktif kaca TCO. Karbon yang menempel pada kaca TCO ditentukan dimensinya sesuai dengan dimensi kaca TCO yang dilapisi pasta TiO₂ yaitu 2 x 2 cm².

Pada perakitan DSSC, kaca TCO yang telah direndam dengan *dye* kemudian ditetesi dengan larutan elektrolit sebanyak 0,25 ml. Larutan elektrolit digunakan sebagai transport elektron dari karbon ke *dye*. kaca TCO *counter-electrode* kemudian dengan segera ditempelkan dengan struktur berlapis, jepit kedua sisi kaca yang menempel menggunakan klip agar penempelan lebih rapat. Maka proses pembuatan DSSC telah selesai.

3.2 Metode Deposisi

Metode deposisi yang digunakan adalah metode *doctor blading*. Metode *doctor blading* adalah metode yang *roll-to-roll* kompatibel, teknik pelapisan dengan area yang besar serta menggunakan sedikit material (Ding et al, 2010:1217). Metode deposisi ditunjukkan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Metode *Doctor Blading*

Sumber: Pasquarelli *et al*, 2011: 54

3.3 Perlakuan Sampel dan Variabel Input

Data penelitian ini didapat dengan cara melakukan fabrikasi DSSC. Metode fabrikasi dan perlakuan sampel yang dilakukan yaitu :

- Pelapisan pasta TiO_2 dilakukan dengan menggunakan metode *doctor blading*.
- Proses deposisi pasta TiO_2 dilakukan dengan cara yang sama.
- Pembuatan pasta TiO_2 dilakukan dengan metode yang sama untuk mendapatkan tingkat kekentalan pasta TiO_2 .
- Karbon *counter-electrode* dibuat dengan ketebalan yang sama dengan cara menunjukkan waktu penempelan karbon. Hal ini dapat diketahui dari intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lilin. Kurang lebih selama 1 menit.
- Lama waktu perendaman dalam *dye* dibuat dalam waktu yang sama (30 menit).
- Zat elektrolit dibuat sama baik konsentrasi maupun jumlah volume yang diteteskan pada TiO_2 yang sudah direndam *dye* (0,25 ml).
- Luas permukaan kaca TCO harus dibuat sama yaitu $2 \times 2 \text{ cm}^2$.
- Variasi iluminasi dari lampu LED *Cool Daylight* yaitu: 500, 1000, 2000, 5000, 8000, 10000, 15000, 20000, 25000, 30000, 35000, 40000, 45000, 50000 lux.
- Penyinaran dibawah sumber cahaya matahari dilakukan saat AM 1.5

Variabel input yang diperhatikan dalam penelitian ini adalah :

- Variasi iluminasi lampu LED *Cool Daylight*.
- Cahaya matahari pada *Air Mass 1.5*
- Variasi waktu pemanggangan Titanium Dioksida (TiO_2) yang dideposisikan pada kaca TCO.

3.4 Set Up Pengukuran dan Variabel Output

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pemanggangan Titanium Dioksida (TiO_2) terhadap daya keluaran dan performansi

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). Variabel output yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Tegangan keluaran DSSC (V_{oc})
2. Arus keluaran DSSC (I_{sc})
3. Fill Factor (FF)
4. Daya keluaran (P_{max})
5. Efisiensi DSSC saat *Air Mass* 1.5

Untuk menganalisis kinerja dari alat prototipe DSSC apakah sesuai dengan yang direncanakan, maka dilakukan pengujian sistem. Pengujian dilakukan dengan beberapa cara, antara lain :

1. Pengukuran waktu pemanggangan TiO_2 .
2. Pengukuran tegangan hubung buka DSSC (V_{oc}).
3. Pengukuran arus hubung singkat DSSC (I_{sc}).
4. Analisis perfomansi DSSC dengan menggunakan data V_{oc} dan I_{sc} .

Pengujian absorbansi klorofil dilakukan di laboratorium Instrumentasi dan Pengujian Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya menggunakan *Spectrophotometer UV-VIS*. Pengukuran waktu pemanggangan TiO_2 dilakukan di Laboratorium Elektronika Proses Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya menggunakan *stopwatch*, sedangkan pengamatan karakteristik permukaan TiO_2 yang telah melalui proses pemanggangan dengan variasi waktu dilakukan di Laboratorium Sentral Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan Laboratorium Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya, pengamatan dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) Phanom G2 Pro dan Hitachi Tabletop Microscope TM3000.

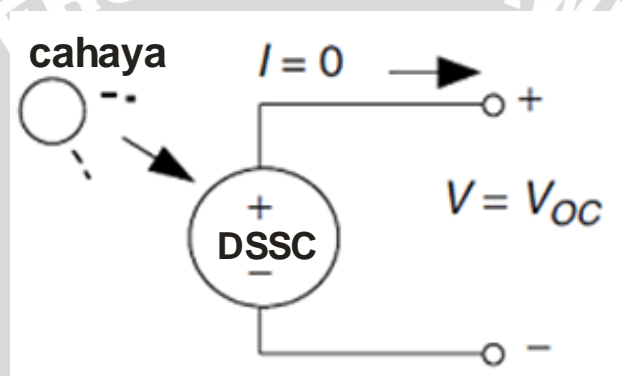
Beberapa variabel data dapat dicari dengan melakukan set up pengukuran yang berbeda-beda. Set up pengukuran untuk mencari nilai V_{oc} dan I_{sc} juga dapat dilakukan dengan pengukuran karakteristik I-V untuk menentukan performansi dari DSSC.

Pengujian dan pengukuran DSSC (V_{oc} dan I_{sc}) dilakukan menggunakan lampu LED *Cool Daylight* 7 watt dengan iluminasi sebesar 50000 lux dan cahaya

matahari saat AM 1.5. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan hubung terbuka (V_{oc}) dan arus hubung singkat (I_{sc}) menggunakan rangkaian uji. Rangkaian uji untuk pengukuran sel ditunjukkan dalam Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.

1) Tegangan rangkaian hubung buka (V_{oc})

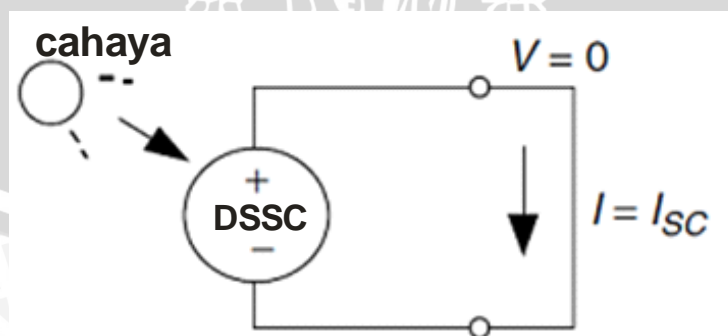
Dalam mencari tegangan hubung buka (V_{oc}) dilakukan dengan cara menghubungkan sisi anoda DSSC dengan negatif multimeter pengukur tegangan dan menghubungkan sisi katoda DSSC dengan positif multimeter pengukur tegangan seperti yang ditampilkan dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rangkaian Skematik Pengukuran Tegangan Hubung Buka V_{oc}

2) Arus Hubung Singkat (I_{sc})

Rangkaian skematik untuk mencari nilai arus hubung singkat I_{sc} ditunjukkan dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian Skematik Pengukuran Arus Hubung Singkat I_{sc}

3) Efisiensi

Sementara itu untuk menentukan besar efisiensi (η) konversi dari energi cahaya menjadi listrik adalah sebagai berikut,

$$\eta = \frac{I_{sc} \times V_{oc} \times FF}{I_G \times A} = \frac{P_{MAX}}{I_G \times A} \quad (3-1)$$

Keterangan :

I_{sc} = Arus hubung singkat DSSC (A)

V_{oc} = Tegangan hubung singkat (V)

FF = *Fill Factor*

I_G = Intensitas global cahaya matahari pada kondisi Air Mass tertentu (W/m^2)

A = Luas area aktif DSSC (cm^2)

Besar intensitas global (I_G) cahaya matahari saat air mass (AM) 1.5 menurut dasar teori adalah $930.6 W/m^2$ (Akhmad, 2014 : 27). Sementara itu merupakan luas area aktif *prototype* DSSC yang telah dibuat yaitu sebesar $4 cm^2$.

4) *Fill Factor* (FF)

Fill factor merupakan perbandingan antara daya maksimum dengan daya hasil perkalian V_{oc} dan I_{sc} atau dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$FF = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$$

Keterangan :

FF = *Fill Factor*

I_m = Arus maksimum DSSC ketika diberi beban (A)

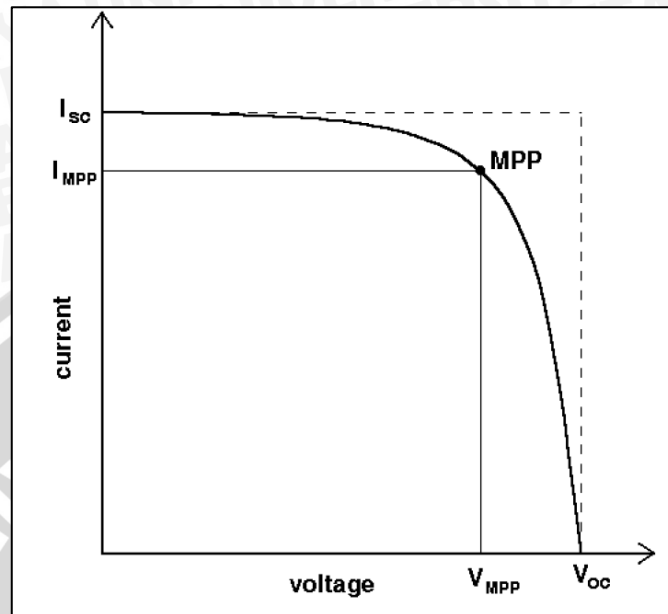
V_m = Tegangan maksimum DSSC ketika diberi beban (V)

I_{sc} = Arus hubung singkat DSSC (A)

V_{oc} = Tegangan hubung buka DSSC (V)

Berdasarkan persamaan *fill factor*, maka untuk mendapatkan *fill factor* diperlukan data daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh DSSC. Daya maksimum (P_{MAX}) yang dimaksud adalah hasil perkalian tegangan dan arus keluaran DSSC terbesar. Arus maksimum (I_m) dan tegangan maksimum (V_m)

DSSC dapat ditentukan nilainya dengan menggunakan metode regresi kurva karakteristik I-V seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Kurva I-V untuk menentukan Daya Maksimum (Maximum Power Point)

Sumber : Halme, 2012 : 25

Kemudian dari data – data tersebut dapat dilakukan analisis untuk mengetahui berapakah durasi waktu pemanggangan TiO_2 yang dapat menghasilkan performansi DSSC yang optimal.