

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni s.d Desember 2021. Sintesis dilakukan di Laboratorium Fisika Lanjut Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia yang beralamat di Jl. Dr. Setiabudi No. 229 Isola Kec. Sukasari Kota Bandung Jawa Barat 40154. Sedangkan karakterisasi dilakukan di dua tempat yaitu laboratorium tersebut dan Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN), Institut Teknologi Bandung yang beralamat di Lb. Siliwangi Kec. Coblong Kota Bandung Jawa Barat 40132 karena keterbatasan alat yang dimiliki.

3.2 Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen digunakan untuk membuktikan hipotesis yang sesuai dengan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Tahapan dalam eksperimen meliputi sintesis bahan, fabrikasi serta karakterisasi sampel DSSC dengan berbagai kombinasi *dye*. Selain itu, metode eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Berdasarkan variabel bebasnya, eksperimen dibagi menjadi dua yaitu:

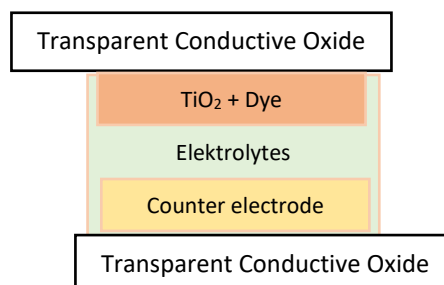
1. Eksperimen dengan variabel bebas berupa *dye* tunggal dari bahan *Curcuma longa* yang mengandung kurkuminoid (Kuning), *Justicia gendarussa* yang mengandung klorofil (Hijau), *Clitoria ternatea* yang mengandung antosianin (Biru). Eksperimen ini digunakan sebagai pembandingan dari kombinasi *dye* sehingga optimasi dari penggunaan kombinasi *dye* sebagai fotosensitizer dapat ditentukan.

2. Eksperimen dengan variabel bebas berupa kombinasi *dye* sebanyak dua dan tiga pigmen yang ditunjukkan oleh Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Sampel Kombinasi Dye

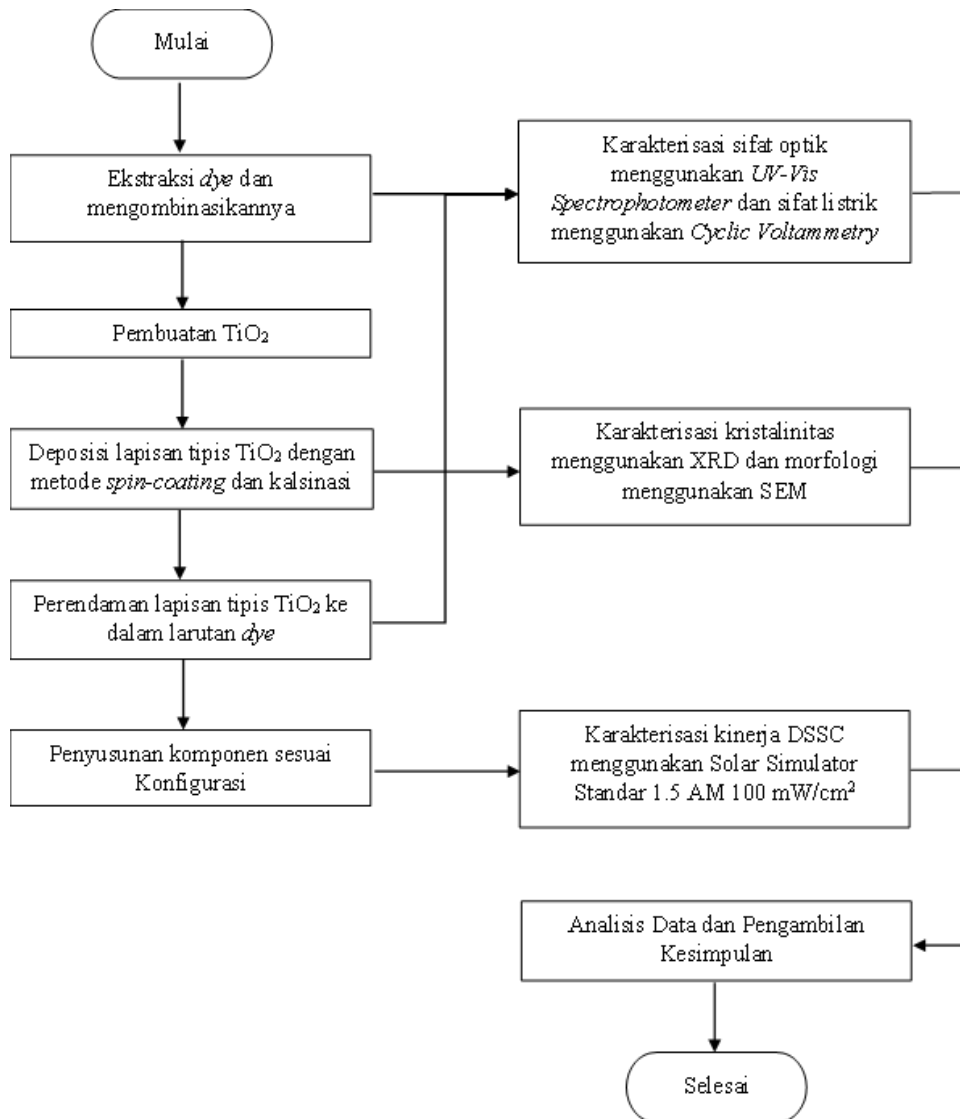
Sampel	Bahan	Pigmen
1	<i>Curcuma longa</i> dan <i>Justicia gendarussa</i>	Kurkuminoid (Kuning) dan Klorofil (Hijau)
2	<i>Curcuma longa</i> dan <i>Clitoria ternatea</i>	Kurkuminoid (Kuning) dan Antosianin (Biru)
3	<i>Clitoria ternatea</i> dan <i>Justicia gendarussa</i>	Antosianin (Biru) dan Klorofil (Hijau)
4	<i>Curcuma longa</i> , <i>Justicia gendarussa</i> , dan <i>Clitoria ternatea</i>	Kurkuminoid (Kuning), Klorofil (Hijau), dan Antosianin (Biru)

Sehingga secara keseluruhan terdapat tujuh sampel yang dibuat dalam penelitian ini. Variabel terikatnya berupa kristalinitas dan morfologi TiO₂, sifat optik larutan *dye*, serta kinerja DSSC setiap sampel. Sedangkan variabel kontrol yang digunakan berupa jenis pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi *dye* dengan metode maserasi, waktu perendaman yang dilakukan selama 10 hari, perbandingan bahan dengan pelarut sebesar 1:2, perbandingan setiap *dye* dalam eksperimen kombinasi *dye* dan sistem sel surya yang meliputi kaca konduktif transparan (ITO), fotoelektroda (TiO₂) satu lapis, elektrolit *quasi-solid state*, elektroda balik rGO, dan sistem perekat polimer resin yang disusun sesuai konfigurasi yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Konfigurasi Sandwich DSSC

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Prosedur Eksperimen

Sesuai dengan diagram alir pada Gambar 3.2, penelitian ini dimulai dengan pembuatan sampel yang terdiri dari ekstraksi *dye* sebagai fotosensitizer, pembuatan TiO_2 sebagai fotoelektroda, deposisi TiO_2 ke atas kaca ITO menggunakan metode *spin-coating*, perendaman lapisan tipis TiO_2 ke dalam larutan *dye*, pembuatan elektrolit, penyusunan DSSC, dan karakterisasi. Alat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Alat yang digunakan pada Penelitian

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Neraca Digital Analitik	Mengukur massa bahan agar sesuai dengan komposisi yang diperlukan
2.	Botol Kaca	Wadah untuk menyimpan larutan <i>dye</i> pada proses maserasi
3.	Gelas breaker	Untuk mencampurkan bahan dan menyimpan sampel pada proses perendaman
4.	Mikropipet	Untuk mengukur volume larutan
5.	Corong	Sebagai alat bantu untuk memasukkan larutan ke wadah yang berdimensi lebih kecil
6.	Pinset	Untuk mengambil substrat ITO dan sampel pada proses deposisi TiO_2 dan setelah perendaman
7.	<i>Spin-coater</i>	Untuk deposisi TiO_2 pada substrat ITO
8.	<i>Furnace</i>	Untuk proses kalsinasi TiO_2 yang telah dideposisikan pada substrat ITO
9.	<i>Hot Plate Stirrer</i>	Untuk mengaduk dan memanaskan larutan TiO_2
10.	Oven	Untuk melelehkan elektrolit <i>quasi-solid state</i> setelah melapisi TiO_2
11.	Spatula	Untuk mengambil bahan serbuk pada proses pembuatan TiO_2
12.	<i>Filteration Vacuum Pump</i>	Untuk menyaring larutan <i>dye</i> setelah proses maserasi dan sentrifugasi
13.	Sentrifugasi	Untuk memisahkan endapan dengan larutan <i>dye</i>
14.	<i>Ultrasonic cleaner</i>	Untuk membersihkan peralatan dan substrat ITO
15.	Cawan petri	Sebagai alas sampel pada proses kalsinasi
16.	Kertas Whatmann	Sebagai penyaring pada proses filtrasi

17. <i>Aluminium Foil</i>	Sebagai penutup botol kaca pada proses maserasi dan penutup gelas breaker pada proses
18. <i>Cleaning Frame</i>	Sebagai penyangga kaca ITO saat proses pembersihan
19. <i>Three-electrode Electrochemical</i>	Sebagai tempat penyimpanan larutan <i>dye</i> pada proses karakterisasi potensial reduksi dan oksidasi <i>dye</i>
20. Kaca Kuarsa	Sebagai tempat penyimpanan larutan <i>dye</i> pada proses karakterisasi absorbansi
21. <i>UV-Vis Spectrophotometer</i>	Sebagai alat karakterisasi untuk menentukan sifat optik sampel
22. <i>Standard Solar Simulator 1.5 AM filter 100 mW/cm²</i>	Sebagai alat karakterisasi untuk menentukan sifat listrik sampel
23. <i>Scanning Electron Microscope</i>	Sebagai alat karakterisasi untuk menentukan morfologi dari sampel TiO ₂
24. <i>X-Ray Diffraction</i>	Sebagai alat karakterisasi untuk menentukan struktur kristal sampel TiO ₂
25. Potensiostat voltametri siklik	Sebagai alat karakterisasi untuk menentukan potensial reduksi dan oksidasi <i>dye</i>

Sedangkan bahan utama dari penelitian ini adalah larutan *dye* berwarna kuning yang diekstrak dari *Curcuma longa* (kunyit), warna hijau dari *Justicia gendarussa* (gandarussa), dan warna biru dari *Clitoria ternatea* (bunga telang). Bahan lainnya diuraikan dalam Tabel 3.3.

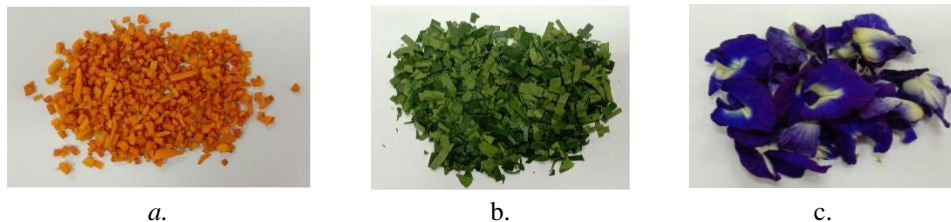
Tabel 3. 3 Bahan yang digunakan pada Penelitian

No.	Nama Bahan	Fungsi
1.	2-Ethoxyethanol	Sebagai pelarut pada proses maserasi
2.	Serbuk TiO ₂	Bahan utama pada pembuatan pasta TiO ₂

3.	Polyethylene Glycol	Untuk meningkatkan kecepatan pelarutan (disolusi) pada proses pembuatan pasta TiO ₂
4.	TritonX-100	Untuk meningkatkan ikatan antara TiO ₂ dengan substrat ITO
5.	HCl	Untuk proses pembuatan TiO ₂
6.	Aseton	Untuk membersihkan spin-coater
7.	Isopropyl Alcohol	Untuk membersihkan substrat ITO dan spin-coater
8.	Kaca Konduktif ITO	Sebagai substrat film tipis
9.	Elektrolit quasi-solid state	Sebagai elektrolit pada DSSC
10.	Polimer Resin	Untuk merekatkan substrat ITO pada proses penyusunan DSSC
11.	Methanol	Sebagai pelarut pada pembuatan pasta TiO ₂
12.	<i>Reduced Graphene Oxide</i> (rGO)	Sebagai elektroda balik DSSC
13.	Gas Nitrogen	Untuk membersihkan substrat ITO setelah proses sonikasi

3.3.1 Persiapan Dye sebagai Fotosensitizer

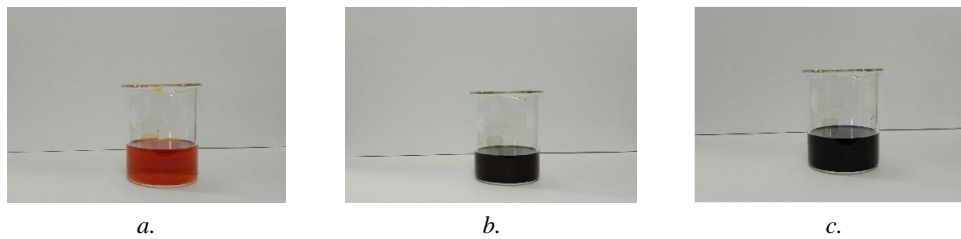
Proses ekstraksi bahan dimulai dengan membersihkan *Curcuma longa* (kurkuminoid), *Justicia gendarussa* (klorofil), dan *Clitoria ternatea* (antosianin) dengan air mengalir. Kemudian dipotong kecil dan dikeringkan hingga seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Bahan yang telah dibersihkan a. *Curcuma longa*, b. *Justicia gendarussa*, c. *Clitoria ternatea*

Sebanyak 20 gr masing-masing bahan direndam pada 40 ml pelarut 2-ethoxyethanol yang akan mengalami proses maserasi yang merupakan

salah satu jenis ekstraksi yang berlangsung selama 10 hari pada ruang gelap dan temperature ruangan (Warkoyo & Saati, 2011). Setelah melewati proses ini, larutan *dye* akan disentrifugasi selama 10 menit pada 4000 rpm untuk memisahkan larutan dengan endapannya. Kemudian, larutan tersebut akan disaring menggunakan kertas Whatmann dengan bantuan alat Filtration Bunchner Vacuum Kit (Eka Cahya Prima dkk., 2014). Larutan *dye* akan terlihat seperti Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Larutan *dye* a. *Curcuma longa*, b. *Justicia gendarussa*, c. *Clitoria ternatea*

3.3.2 Pembersihan Substrat ITO

Proses pembersihan substrat ITO dimulai dengan meletakkan kaca konduktif ITO pada *cleaning frame* seperti pada Gambar 3.5. Selanjutnya menuangkan isopropil alkohol ke dalam gelas breaker yang berisi substrat ITO untuk proses perendaman. Rendaman tersebut kemudian disonikasi menggunakan *ultrasonic cleaner* pada suhu 50°C selama 15 menit. Setelah itu, substrat ITO dikeringkan menggunakan gas nitrogen sebelum digunakan.

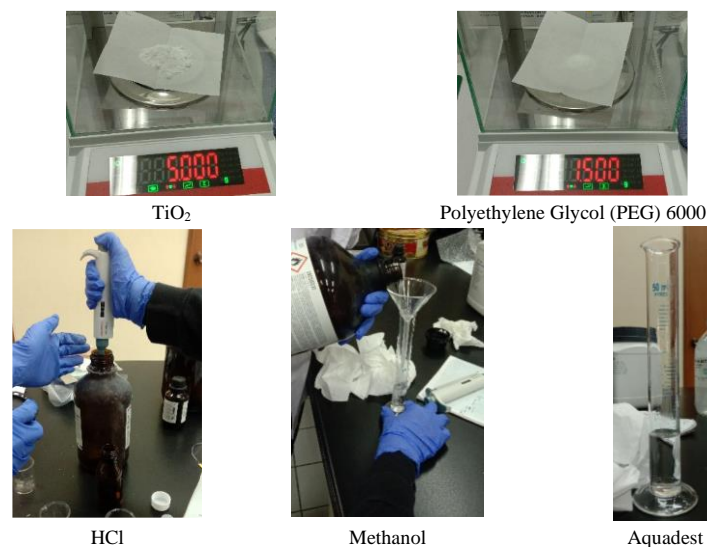


Gambar 3. 5 Substrat ITO yang telah dibersihkan

3.3.3 Persiapan Pasta TiO₂ sebagai Fotoelektroda

Langkah pertama dalam pembuatan TiO₂ adalah mencampurkan 15 ml air deionisasi dan 15 ml methanol dengan bantuan Hot Plate Magnetic Stirrer pada suhu 60°C dan 400 rpm selama 10 menit. Kemudian campuran

tersebut ditambahkan 0.25 ml 0.1 M asam klorida (HCl) dan diaduk lagi selama 10 menit. Sedangkan bahan kering seperti 1.5 gr Polyethylene Glycol (PEG) dan 5 gr bubuk TiO₂ ditambahkan pada larutan bersamaan dengan lima tetes Triton-X 100 yang berfungsi untuk meningkatkan ikatan antara film tipis TiO₂ dengan kaca ITO. Larutan tersebut kemudian diaduk selama 8 jam hingga berbentuk pasta yang siap untuk dideposisikan ke atas kaca ITO melalui metode spin-coating. Bahan dasar pembuatan TiO₂ ditunjukkan oleh Gambar 3.6, sedangkan langkah-langkah pembuatannya ditunjukkan oleh Gambar 3.7.



Gambar 3. 6 Bahan Dasar Pembuatan TiO₂



Pencampuran methanol dan aquadest



Memasukan bahan kering ke dalam larutan methanol dan aquadest



Menambahkan Triton-X



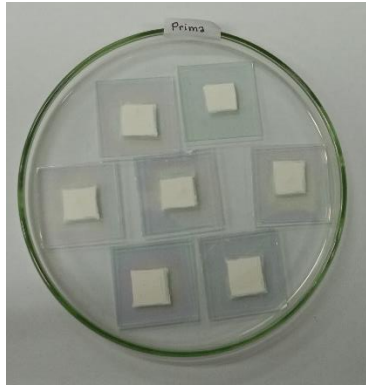
Menambahkan HCl



Pengadukan menggunakan magnetic stirrer

Gambar 3. 7 Pembuatan Pasta TiO_2

Selanjutnya pasta TiO_2 dideposisikan ke atas substrat ITO yang telah dibersihkan dengan metode spin-coating. Metode spin coating dilakukan untuk menghasilkan lapisan TiO_2 yang homogen sehingga dapat meningkatkan kualitas DSSC yang dihasilkan (Sadikin dkk., 2017). Proses deposisi dilakukan satu kali, kemudian dibuat pola persegi dengan ukuran sekitar 1 x 1 cm dengan menggunakan bantuan *cotton bud*. Selanjutnya, film TiO_2 tersebut dipanaskan pada suhu 50°C selama 20 menit dan dikalsinasi pada suhu 450°C selama 30 menit. Film TiO_2 akan terlihat seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Lapisan Tipis TiO_2 setelah dikalsinasi

3.3.4 Pembuatan Elektroda Balik

Elektroda balik atau *counter electrode* yang digunakan pada penelitian ini adalah *reduced Graphene-Oxide (rGO)* yang dibuat dengan mencampurkan serbuk rGO dengan aquadest dan disonikasi hingga larutan tersebut mengental. Setelah itu, rGO dideposisikan ke atas substrat ITO dengan cara ditetaskan dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 150°C selama 5 menit.

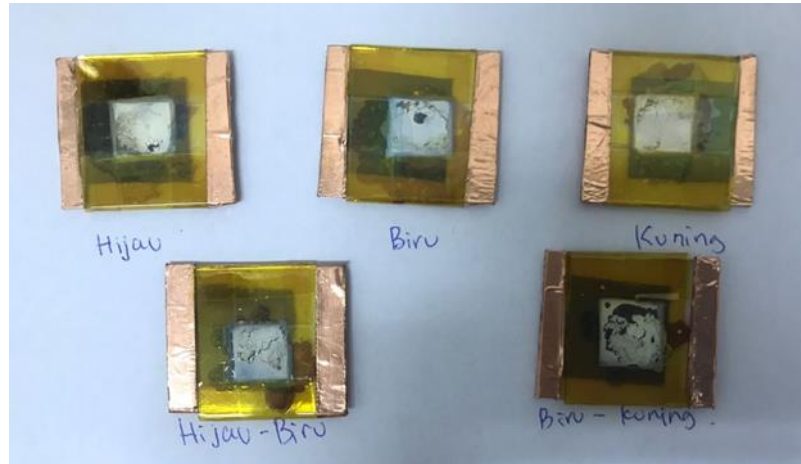
3.3.5 Persiapan Elektrolit

Larutan elektrolit yang mengandung ion redoks yang berguna sebagai penghubung antar elektroda, dapat dibuat dengan mencampurkan 0,1 M Iodine, 0,05 M Litium Iodine dan 0,05 M 3-methoxypropionitrile ke dalam 50 ml acetonitrile ($\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$) (Richhariya dkk., 2017). Kemudian diaduk selama 60 menit. Selain itu, elektrolit dapat dibuat dari LiI, NaI, KI, tetraalkylammoniumiodida (R_4NI) dan *imidazolium-derivative iodides* dengan konsentrasi 0,1 hingga 0,5 M, dan 0,05 hingga 0,1 M untuk larutan iodide yang dicampur ke dalam larutan non-protonik seperti acetonitrile, propionitrile, methoxyacetonitrile, propylene carbonate (Kohjiro Hara dkk., 2003).

3.3.6 Penyusunan *Dye-sensitized Solar Cell*

Lapisan tipis TiO_2 direndam pada larutan *dye* tunggal dan kombinasi selama 24 jam, sehingga TiO_2 dapat teradsorpsi oleh *dye*. Setelah itu, film dibersihkan menggunakan isopropil alkohol dan dikeringkan di udara bebas. Film TiO_2 tersebut kemudian dirangkai dengan konfigurasi *sandwich* dan

direkatkan menggunakan polimer resin dan disimpan di bawah sinar UV selama 5 menit untuk menghilangkan celah yang akan menurunkan kualitas kinerja DSSC. Hasilnya ditampilkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Dye Sensitizer dengan dye tunggal dan kombinasi

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan untuk mengukur atau mengkarakterisasi variabel yang terlibat dalam desain penelitian. Hal tersebut diuraikan sebagai berikut.

3.4.1 *X-Ray Diffraction (XRD)*

Alat ini digunakan untuk menentukan kristalinitas yang terbentuk pada fotoelektroda. Pada penelitian ini, fotoelektroda yang digunakan yaitu nanopartikel TiO_2 . Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan alat Bruker Advanced D8 dengan eksitasi $\text{Cu-K}\alpha$ di PPNN (Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi) ITB. Pola difraksi yang didapatkan kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Match!. Hasil pengolahan data tersebut diperoleh fase kristal, jumlah persen fasa yang terbentuk, serta nilai ukuran bulir partikel TiO_2 .

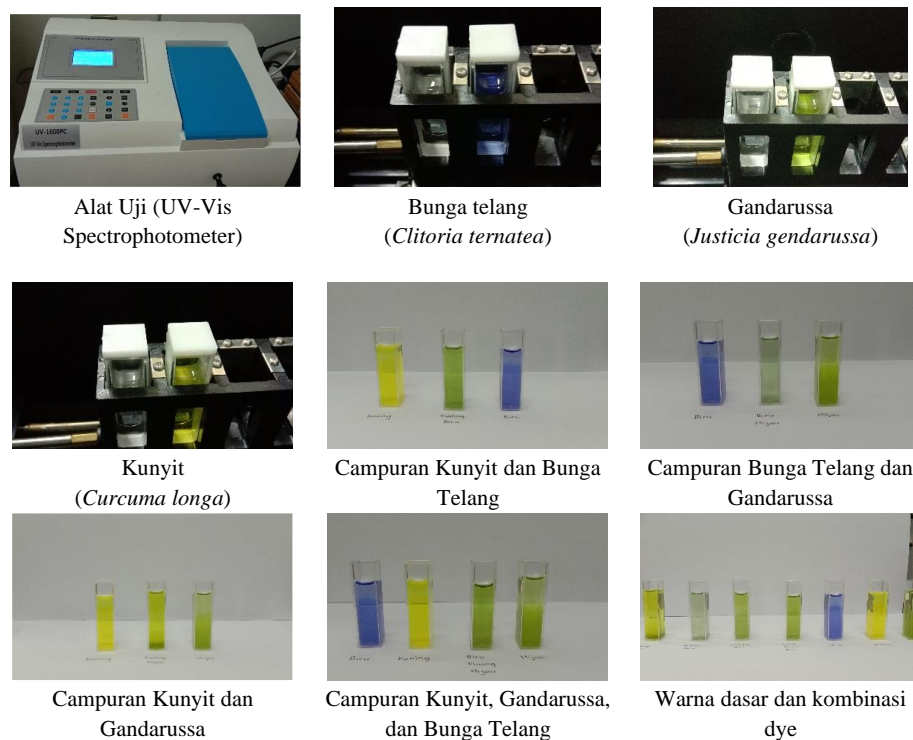
3.4.2 *Scanning Electron Microscope (SEM)*

SEM digunakan untuk menentukan morfologi dari lapisan tipis TiO_2 sebagai fotoelektroda. Pada penelitian ini, fotoelektroda yang digunakan yaitu nanopartikel TiO_2 . Seperti XRD, proses karakterisasi ini dilakukan di PPNN ITB dengan menggunakan alat HitachiTM SU-3500. Hasil yang

diperoleh berupa gambar permukaan lapisan tipis yang dapat ditentukan ukuran bulir partikelnya menggunakan perangkat lunak ImageJ.

3.4.3 UV-Vis Spectrophotometer

Karakterisasi absorbansi menggunakan alat *UV-Vis Spectrophotometer* jenis UV 1240 (Shimadzu Co. Japan) yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik optik dari larutan *dye* dan lapisan fotoelektroda TiO_2 . *UV-Vis spectrophotometer* digunakan untuk melihat kemampuan absorbansi cahaya dan nilai puncak serapan gelombang UV-Vis (Shanmugam et al., 2013). Gelombang tersebut diserap oleh *dye* dan dapat diketahui kandungan pada *dye* tersebut. Karakterisasi ini dilakukan pada panjang gelombang 189 – 1100 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dapat digunakan untuk mengetahui LHE dan energi celah potensial reduksi-oksidasi molekul *dye*. Proses karakterisasi ditunjukkan oleh Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Proses Karakterisasi menggunakan UV-Vis Spectrophotometer

3.4.4 Cyclic Voltammetry

Cyclic Voltammetry digunakan untuk menentukan potensial oksidasi dan reduksi dari larutan *dye* dengan menggunakan potensiostat eDAQ yang

dilengkapi e-coder 401, perangkat lunak Echem, rentang -1.8 mV sampai +1.8 mV, arah mula-mulanya positif, serta tiga elektroda berupa *glassy carbon*, platina, dan elektroda referensi Ag/AgCl dalam larutan 0.1 M KNO₃. Sampel dipersiapkan dengan mencampurkan 0,5 ml larutan *dye* dan 10 ml KNO₃ 0.1 M (Nemala et al., 2017). Hasil dari proses karakterisasi ini dapat digunakan untuk menentukan nilai HOMO, LUMO, dan celah potensial redoks.

3.4.5 Standard Solar Simulator 1.5 AM filter 100 mW/cm²

Standard Solar Simulator ini digunakan untuk menentukan karakteristik *J-V* sebagai alat ukur kinerja DSSC. Proses karakterisasi dilakukan dengan cara meletakkan sel yang dihubungkan dengan *DC Voltage Current Source/Monitor* ADCMT 6242 di bawah alat yang menampilkan nilai arus dan tegangan. Dengan bantuan perangkat lunak Excel, hasil karakterisasi ini dapat menampilkan densitas arus *short-circuit* (J_{sc}), tegangan *open-circuit* (V_{oc}), *Fill Factor* (FF), dan efisiensi (η).

3.5 Analisis Data

Setelah melakukan proses sintesis dan karakterisasi, data yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis data tersebut dilakukan sebagai berikut,

3.5.1 Analisis Kristalinitas dan Morfologi Fotoelektroda TiO₂

Data yang digunakan pada analisis ini adalah hasil karakterisasi menggunakan XRD dan SEM. Hasil karakterisasi menggunakan XRD adalah data sudut (2θ) dan intensitas yang diolah menggunakan software Match! untuk memperoleh persentase fase kristal TiO₂, data puncak, dan FWHM. Dengan menggunakan metode Scherrer pada Persamaan 3.1, data puncak dan FWHM dapat digunakan untuk menentukan ukuran bulir (Al Qibtiya dkk., 2016b).

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (3.1)$$

dimana $\lambda = 0,154056 \text{ nm}$, β adalah lebar pada ketinggian setengah maksimum (FWHM), $K = 0,9$ yang merupakan faktor bentuk tanpa

dimensi dari partikel bola, dan D adalah perkiraan ukuran bulir. (Sadikin dkk., 2017).

Sedangkan hasil karakterisasi menggunakan SEM adalah citra atau gambar morfologi permukaan lapisan tipis TiO₂. Data tersebut diolah untuk menentukan homogenitas ukuran bulir yang terbentuk dengan mengontraskan gambar, kemudian mengukur ukuran bulir tersebut menggunakan skala SEM dengan bantuan perangkat lunak ImageJ. Interpretasi data yang dilakukan dengan cara menghubungkan ukuran bulir yang diperoleh dari metode Scherrer dan citra SEM. Kemudian, dikaitkan dengan hasil kajian pustaka dan penelitian sebelumnya.

3.5.2 Analisis Sifat Optik Kombinasi *Natural Dye* sebagai Fotosensitizer

Analisis ini menggunakan data yang diperoleh dari hasil karakterisasi absorbansi. Data tersebut diolah dengan cara *plotting* dalam satu grafik untuk menentukan panjang gelombang absorbansi optimal serta kandungan pigmen pada setiap sampel kombinasi dye serta dye tunggal sebagai pembandingnya. Selain itu, data tersebut dapat digunakan untuk menentukan LHE, dimana harus ditentukan koefisien absorbansi setiap sampel terlebih dahulu menggunakan Persamaan 3.2 dengan t merupakan tebal material yang digunakan (Anoua et al., 2021)

$$\alpha = \frac{A}{0,4343 \cdot t} \quad (3.2)$$

Kemudian, nilai koefisien absorbansi disubstitusikan ke dalam Persamaan 3.3 untuk menentukan nilai LHE.

$$LHE (\%) = (1 - 10^{-\alpha}) \times 100\% \quad (3.3)$$

Proses interpretasi data dilakukan dengan membandingkan lebar serta tinggi uncak spektrum absorbansi dan LHE, kemudian dihubungkan dengan hasil kajian pustaka yang memperkuat kinerja DSSC.

3.5.3 Analisis Sifat Lisrik Kombinasi *Natural Dye* sebagai Fotosensitizer

Data yang digunakan pada analisis ini adalah hasil karakterisasi menggunakan *Cyclic Voltammetry* berupa nilai arus dan tegangan yang kemudian disajikan dalam grafik serta diolah menggunakan perangkat lunak *Electrochemistry* yang kemudian menghasilkan nilai energi potensial reduksi dan oksidasi. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan HOMO dan LUMO berdasarkan Persamaan 3.4 dan 3.5 (Brédas dkk., 1983). Setelah itu, celah diantara HOMO-LUMO pada molekul organik dapat ditentukan dengan Persamaan 3.6 yang setara dengan energi celah potensial redoks (HOMO/LUMO) pada semikonduktor.

$$\text{HOMO} = -(E_{oks} + 4.4) \quad (3.4)$$

$$\text{LUMO} = -(E_{red} + 4.4) \quad (3.5)$$

$$E_g(\text{eV}) = \text{HOMO} - \text{LUMO} \quad (3.6)$$

Kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan hasil dari Metode *Tauc's Plot* menggunakan Persamaan 3.7. Dimana K adalah kecepatan cahaya, $h\nu$ adalah energi foton, E_g energi celah potensial redoks (HOMO/LUMO), dan r adalah eksponen yang bergantung pada transisi yang nilai sebesar $\frac{1}{2}$ untuk *direct bandgap* dan 2 untuk *indirect bandgap*. Dikarenakan interaksi elektron dan foton lebih kuat dari interaksi fonon, foton, dan elektron, maka *direct bandgap* lebih kuat dalam proses penyerapan cahaya. Sehingga pada persamaan ini menggunakan $r = \frac{1}{2}$.

$$(ah\nu)^{\frac{1}{r}} = K(h\nu - E_g) \quad (3.7)$$

3.5.4 Analisis Pengaruh Kombinasi *Natural Dye* Terhadap Kinerja DSSC

Analisis ini menggunakan data dari karakterisasi menggunakan *Standard Solar Simulator 1.5 AM filter 100 mW/cm²*. Data yang diperoleh berupa arus dan tegangan yang kemudian di *plot* ke dalam grafik setelah

nilai arus dibagi oleh luas permukaan lapisan tipis TiO₂ terlebih dahulu untuk menghasilkan nilai densitas arus. Selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk menentukan *Fill Factor* (FF) dan efisiensi dengan Persamaan 3.8 dan 3.9.

$$FF = \frac{V_{max} \cdot J_{max}}{V_{oc} \cdot J_{sc}} \quad (3.8)$$

$$\eta = \frac{V_{oc} \cdot J_{sc}}{P_{in}} \times FF \quad (3.9)$$

Dimana J_{sc} ditentukan dengan melihat besar densitas arus ketika tegangan nol, V_{oc} ditentukan dengan melihat besar tegangan ketika arus mendekati nol, dan V_m dan J_m ditentukan dengan melihat daya terbesar yang dapat dihasilkan sel surya. Dengan demikian kinerja sel surya dapat ditentukan. Data kinerja ini kemudian dibandingkan antara ketujuh sampel. Semakin besar kinerja, semakin baik kualitas sel surya (Md Fahim Hasan Khan, 2019; Walley, 1964). Hasil pengolahan data tersebut kemudian diinterpretasikan dengan cara menghubungkan hasil tersebut dengan hasil pengolahan data lain serta hasil kajian pustaka sehingga menghasilkan kesimpulan yang tepat dan akurat.