

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode ilmiah diperlukan untuk memberikan panduan kepada peneliti, terutama dalam langkah-langkah penelitian dan teknik pengumpulan data, agar dapat menghasilkan data yang akurat dan relevan untuk mencapai tujuan penelitian.

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Mei hingga September 2024. Proses sintesis dilakukan di Laboratorium IPA-1, Gedung B Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan di Laboratorium Science Lab, Gedung Laboratorium Riset Pascasarjana, yang sama-sama berlokasi di Universitas Pendidikan Indonesia di Jl. Dr. Setiabudi No. 229, Isola, Kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40154.

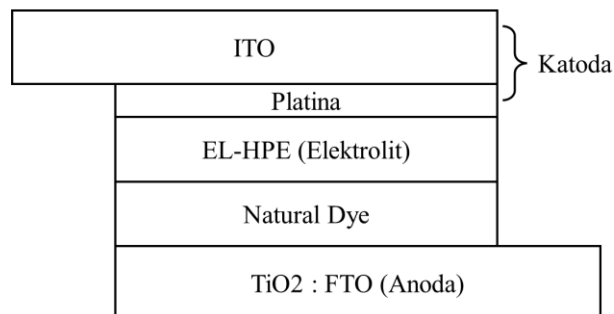
3.2. Desain Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan adalah metode eksperimen. Rancangan variabel untuk penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel 3.1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis pelarut dengan tingkat keasaman (pH) yang berbeda, yakni pH 1,00, pH 1,66, pH 2,27, dan pH 3,00. Melalui eksperimen ini dari keempat pelarut dye tersebut, akan ditentukan pelarut mana yang menghasilkan performa dan sifat optik Solar Cell paling baik. Variabel tetap untuk penelitian ini meliputi struktur lapisan DSSC yang disusun dalam konfigurasi FTO/TiO₂/dye/EL-HPE/Pt/ITO seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1, Konsentrasi *Acalypha Siamensis* terhadap larutan, durasi pelarutan, durasi maserasi, serta pewarna yang berasal dari ekstrak daun teh-tehan. Sedangkan variabel terikat yang akan dianalisis meliputi sifat optik dan kinerja dari DSSC.

Tabel 3.1 Variabel eksperimen

Variabel	Detail
Bebas	pH pelarut
Terikat	Sifat optik dan kinerja DSSC

Variabel	Detail
Kontrol	Struktur (film tipis TiO ₂ , elektrolit EL-HPE, dan katalis platina), bahan dasar <i>dye</i> , Konsentrasi <i>Acalypha Siamensis</i> pada <i>dye</i> , durasi pelarutan, durasi maserasi.



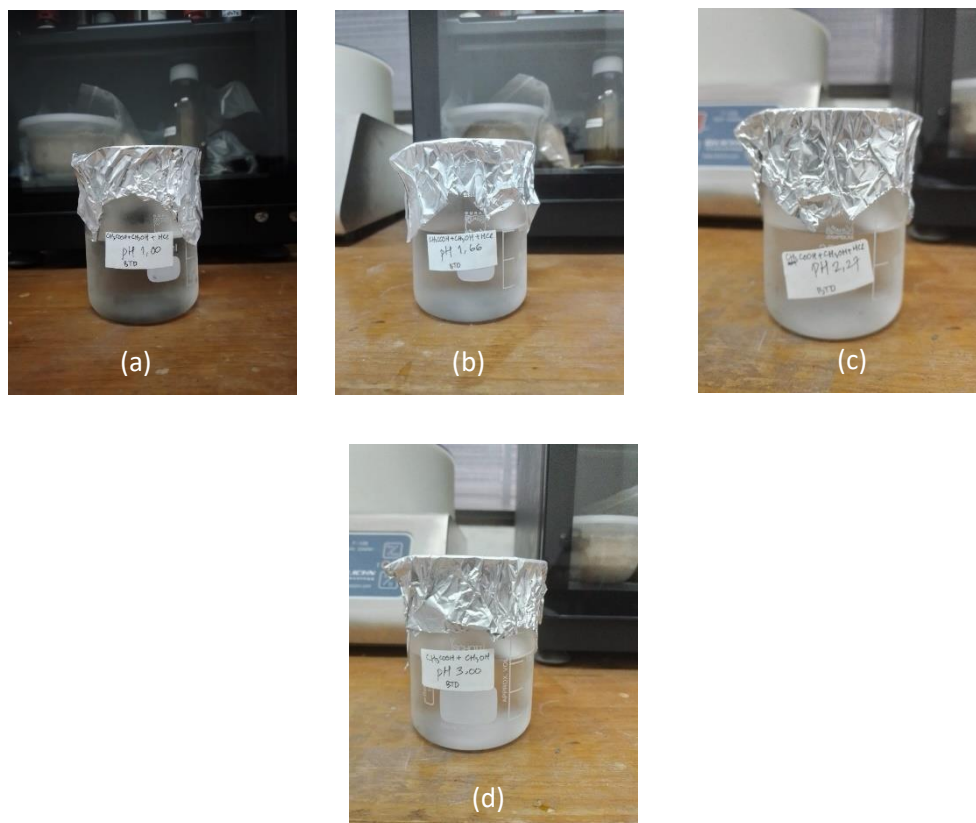
Gambar 3.1 Struktur lapisan DSSC.

3.3. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan antara lain; daun teh-tehan (*Acalypha siamensis*) dari Cileunyi Kabupaten Bandung (seperti yang tertera pada gambar 3.2), TiO₂ *electrode* (OPV-Tech, China), ITO conductive glass, metanol (Merck, Jerman), 2-propanol (Merck, Jerman), asam asetat (Merck, Jerman), HCl (Merck, Jerman), yang dimana 2-propanolnya akan digunakan untuk membersihkan TiO₂ *electrode*, sedangkan kombinasi campuran senyawa asam asetat, metanol, dan HCl nya akan digunakan untuk membuat variasi pH larutan (seperti yang tertera pada gambar 3.3) , Lalu KNO₃ (Pudak Scientific, Indonesia), *filter paper* No.102 (BKMAMLAB, China), akuades, asam heksakloroplatinat (Sigma-Aldrich, Jerman), EL-HPE/*High Performance Electrolyte* (greatcell, Australia), dan *Low Temperature Thermoplastic Sealant* (greatcell, Australia).



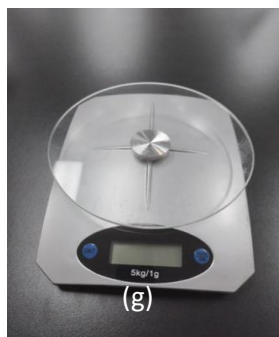
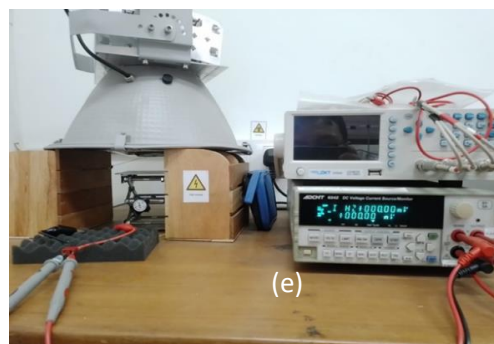
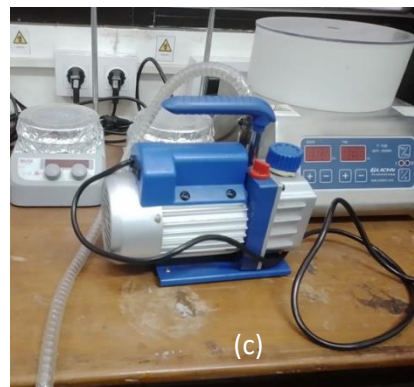
Gambar 3.2 Sampel & Foto Tanaman *Acalypha Siamensis*



Gambar 3.3 (a) Larutan pH 1,00. (b) Larutan pH 1,66. (c) Larutan pH 2,27. (d) Larutan pH 3,00

Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain; *ultrasonic cleaner* (BAKU BK-2000), *magnetic stirrer* (DLAB MS-H260-Pro), *spin coater* (GLICHN T-108), blender, timbangan digital, *micropipette*, gelas beaker, gelas

ukur, cawan petri, *Filtration Buncher Vacuum Kit*, *Centrifuge* (Oregon LC-04S), *centrifuge tube*, *furnace* (SUHATHERM), *Heating Drying Oven* (DHG-9053A), *Multimeter* (KRISBOW KWD6-796), *paper clip*, *UV- Vis spectrophotometer* (W&J CE ROHS UV1600PC), *DC Voltage Current Source/Monitor* (ADCMT 6242), *Kulkas/Mesin Pendingin*, *Solar Standard Simulator AM 1,5G filter 100 mW/cm²*, *alumunium foil*, dan *cotton bud*.



Gambar 3.4 (a) Filter Paper. (b) Micropipette. (c) Filtration Buncher Vacuum Kit. (d) Heating Drying Oven. (e) Solar Standard Simulator. (f) Mesin Pendingin. (g) Timbangan Digital. (h) Magnetic Stirrer. (i) Furnace.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Ekstraksi *dye*

Sebanyak 180 gram sampel daun teh-tehan (seperti yang tertera pada Gambar 3.5) dicuci dan dibersihkan terlebih dahulu.



Gambar 3.5 Sampel Daun teh-tehan (*Acalypha Siamensis*) yang sedang dicuci.

Selanjutnya, daun tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 40 derajat Celsius selama dua hari. Setelah kering, daun dihancurkan menggunakan blender. Untuk menyiapkan variasi pH larutan, metanol dan asam asetat dicampurkan dengan perbandingan 95:5 (% v/v) hingga mencapai total volume 200 ml, yang kemudian dibagi menjadi empat bagian yang sama. Larutan penyangga tersebut kemudian diubah menjadi kondisi asam dengan menambahkan HCl. Setiap larutan yang dihasilkan memiliki pH 1,00, 1,66, 2,27, dan 3,00 (Al Qibtiya dkk., 2016; Cherepy dkk., 1997; Mun'im, 2005; Najihah dkk., 2022).

Bubuk halus dilarutkan dalam setiap pelarut dengan rasio 1:20 (w/v) (sehingga dihasilkan konsentrasi *Acalypha Siamensis* dalam larutan sebesar 5 %) menggunakan magnetic stirrer pada kecepatan 600 rpm selama 2 jam. Larutan pewarna kemudian dibiarkan maserasi selama beberapa hari pada suhu ruangan. Setelah itu, larutan disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Kemudian, larutan disaring menggunakan kertas filter dengan bantuan Filtration Buncher Vacuum Kit. Hasil saringannya diaplikasikan ke DSSC dan kemudian dikarakterisasi.

3.4.2. Sintesis Fotoanoda

Kaca konduktif FTO yang telah dilapisi TiO_2 (TiO_2 electrode produksi OPVtech, China) dicelupkan ke dalam setiap larutan pewarna. Perendaman dilakukan selama 3 hari dengan cara dimaserasi dan disimpan dalam lemari pendingin untuk mencegah penguapan pewarna. Setelah proses perendaman selesai, fotoanoda dibilas dengan 2-propanol. Bagian kaca yang tidak dilapisi film tipis dibersihkan dengan cotton bud, kemudian dibiarkan sampai kering.

3.4.3. Sintesis Elektroda Balik

Kaca konduktif transparan ITO dikeringkan pada suhu 40°C selama 5 menit. Setelah itu, kaca tersebut ditetesi 25 μl asam heksakloroplatinat 20 mM dan diproses dengan spin coating pada kecepatan 4000 rpm selama 30 detik. Selanjutnya, elektroda dipanaskan langsung pada suhu 80°C selama 5 menit. Setelah suhu elektroda kembali normal, lapisan platina hasil spin coating dirapikan menjadi bentuk persegi menggunakan cotton bud. Terakhir, elektroda platina dipanaskan dalam furnace pada suhu 380°C selama 30 menit.

3.4.4. Fabrikasi DSSC

Fotoanoda yang telah siap dirakit dengan elektroda balik, sehingga kedua sisi konduktif yang telah dilapisi berada di tengah-tengah. Sebelum proses perakitan, fotoanoda diberi Low Temperature Thermoplastic Sealant di sekitar film tipis TiO_2 . Sekitar 20 μl elektrolit EL-HPE kemudian ditetaskan secara merata di atas film TiO_2 . Setelah itu, kedua elektroda digabungkan dan dijepit menggunakan paper clip. Sandwich DSSC ini kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 80°C

selama 5 menit untuk melelehkan sealant dan merekatkan kedua elektroda.

3.5. Karakterisasi

3.5.1. Karakterisasi *UV-Vis Spectroscopy*

UV-Vis spectrophotometer (W&J CE ROHS UV1600PC) digunakan untuk mengkarakterisasi absorbansi TiO_2 yang telah diwarnai dengan dye. Proses karakterisasi dilakukan dengan menembakkan cahaya pada fotoanoda dan dye dalam rentang panjang gelombang 200 – 1.100 nm. Cahaya yang diterima oleh sensor/receiver dicatat sebagai hasil penyerapan oleh fotoanoda atau dye. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai absorbansi dan panjang gelombang yang dapat diserap oleh fotoanoda dan dye. Nilai absorbansi ini selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai band gap dari sampel yang diuji.

3.5.2. Karakterisasi *Cyclic Voltammetry*

Cyclic voltammetry digunakan untuk menentukan level energi LUMO dan HOMO dari pewarna. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga elektroda: glassy carbon sebagai working electrode, platina sebagai elektroda balik, dan Ag/AgCl sebagai elektroda referensi. Ketiga elektroda ini dihubungkan ke DC Voltage Current Source/Monitor untuk menghasilkan grafik dari larutan dye yang mengandung elektrolit. Larutan elektrolit yang digunakan terdiri dari 10 mL KNO_3 0,1 M yang ditambahkan 1 gram dye. Data yang diperoleh berupa grafik arus dalam rentang -2 mV hingga +2 mV.

3.5.3. Karakterisasi *J-V DSSC*

Karakterisasi J-V pada DSSC dilakukan menggunakan alat Solar Standard Simulator dengan filter 1.5 AM pada intensitas 100 mW/cm^2 . Pengujian dilakukan dengan menghubungkan kedua elektroda pada DSSC ke DC Voltage Current Source/Monitor dan menerangi sel dengan simulator cahaya matahari. Data dari karakterisasi ini kemudian diolah untuk memperoleh nilai densitas arus short-circuit (J_{sc}), tegangan open-circuit (V_{oc}), fill factor (FF), dan efisiensi DSSC (η).

3.6. Analisis Data

3.6.1. Analisis Sifat Optik

Analisis sifat optik dari lapisan TiO_2 berwarna dan larutan *dye* dilakukan menggunakan nilai absorbansi yang diperoleh dari hasil karakterisasi *UV-Vis spectrophotometer*. Data yang diperoleh nantinya diplot ke dalam sebuah grafik yang menggambarkan kemampuan penyerapannya terhadap panjang gelombang cahaya tampak dan ultraviolet. Selain itu, data *UV-Vis* ini juga diolah menjadi nilai energi foton untuk menentukan nilai *band gap* dari *dye*. Di mana persamaan yang digunakan adalah :

$$h\nu = \frac{1240}{\lambda} \quad (3.1)$$

$$\alpha = \frac{A}{l} \quad (3.2)$$

$$\alpha h\nu^2 = h\nu - E_g \quad (3.3)$$

Dengan λ merupakan panjang gelombang, A merupakan absorbansi dan l luas permukaan. Nilai *band gap* ini dapat ditentukan dengan memproyeksikan garis singgung ke kurva dengan sumbu x yang berpotongan titik $\alpha h\nu^2 = 0$ (Tauc dkk., 1966).

Selain itu, data hasil *cyclic voltammetry* yang berupa nilai arus dan tegangan, digunakan untuk menghitung besaran energi potensial reduksi dan oksidasi. Nilai-nilai tersebut diolah untuk menghasilkan tingkat energi *Highest Occupied Molecular Orbital* (HOMO) dan *Lowest Unoccupied Molecular Orbital* (LUMO). Nilai-nilai yang dihasilkan pada karakterisasi ini diolah menggunakan Persamaan (3.5) (Crespilho dkk., 2006; Smestad dkk., 2003).

$$HOMO = -(E_{oks} + 4.4) \quad (3.5)$$

Tingkat energi HOMO dan LUMO saling berkaitan dengan *band gap* *dye*. Di mana selisih HOMO dan LUMO adalah nilai *band gap* itu sendiri, atau pada bahan organik disebut juga dengan *energi gap*. Sehingga untuk mengetahui nilai LUMO, digunakan Persamaan (3.6) (Conradie, 2024).

$$LUMO = HOMO + E_g \quad (3.6)$$

Pengaruh pH larutan *dye* terhadap Sifat Optik ini dianalisa dari perubahan kemampuan penyerapan gelombang *UV-Vis*, nilai *band gap*, serta tingkat energi HOMO dan LUMO.

3.6.2. Analisis Kinerja DSSC

Kinerja DSSC dianalisa menggunakan data yang diperoleh dari hasil karakterisasi *I-V* berupa nilai arus dan tegangan. Nilai arus terlebih dulu dibagi oleh permukaan lapisan TiO_2 untuk menghasilkan nilai rapat arus. Kemudian diplot ke dalam grafik dengan nilai tegangan pada sumbu x dan nilai rapat arus pada sumbu y. Nilai pada grafik tersebut digunakan ke dalam Persamaan (3.7) dan Persamaan (3.8) untuk menghasilkan nilai *fill factor* (FF), dan efisiensi (η) (Jinchu dkk., 2014).

$$FF = \frac{V_{max} \times J_{max}}{V_{oc} \times J_{sc}} \quad (3.7)$$

$$\eta = \frac{V_{oc} \times J_{sc}}{P_{in}} \times FF \quad (3.8)$$

Di mana nilai J_{sc} ditentukan dari nilai arus ketika tegangannya nol, kemudian dibagi oleh luas permukaan lapisan. Sedangkan nilai V_{oc} ditentukan dari besarnya tegangan Ketika arus mendekati nol. Untuk nilai V_{max} dan J_{max} ditentukan dari daya terbesar yang dapat dihasilkan DSSC.

Pengaruh pH larutan *dye* terhadap Kinerja DSSC dianalisa dengan melihat perubahan yang terjadi pada parameter-parameternya seperti V_{oc} , J_{sc} , *fill factor*, dan efisiensi DSSC akibat perubahan keasaman larutan.

Dalam percobaan dengan variabel bebas, yaitu pH larutan *dye*, efisiensi digunakan sebagai tolak ukur penilaian pH larutan *dye* yang optimal.