

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan November 2022. Sintesis dilakukan di Laboratorium SEM (*Solar Energy Materials*), Gedung FPMIPA B, 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.

3.2. Desain Penelitian

Pada penelitian ini, metode penelitian yang akan digunakan adalah studi literatur dan eksperimen. Studi literatur dilakukan sebagai dasar untuk untuk mengetahui komposisi, teknik fabrikasi dan deposisi yang paling tepat, efektif serta efisien dalam melakukan eksperimen agar mendapatkan hasil penelitian yang sesuai. Peneliti mengkaji beberapa artikel jurnal dengan topik yang sesuai dengan dasar teori dilakukannya penelitian ini. Metode eksperimen ini dilakukan sebagai tindak lanjut dalam mendapatkan data penelitian untuk memenuhi tujuan dan rumusan masalah penelitian.

Tahapan dalam eksperimen meliputi sintesis bahan, fabrikasi serta karakterisasi sampel solar sel perovskite dengan berbagai variasi ketebalan lapisan TiO_2 . Selain itu, metode eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain, dengan variabel yang digunakan terdapat dalam Tabel 3.1.

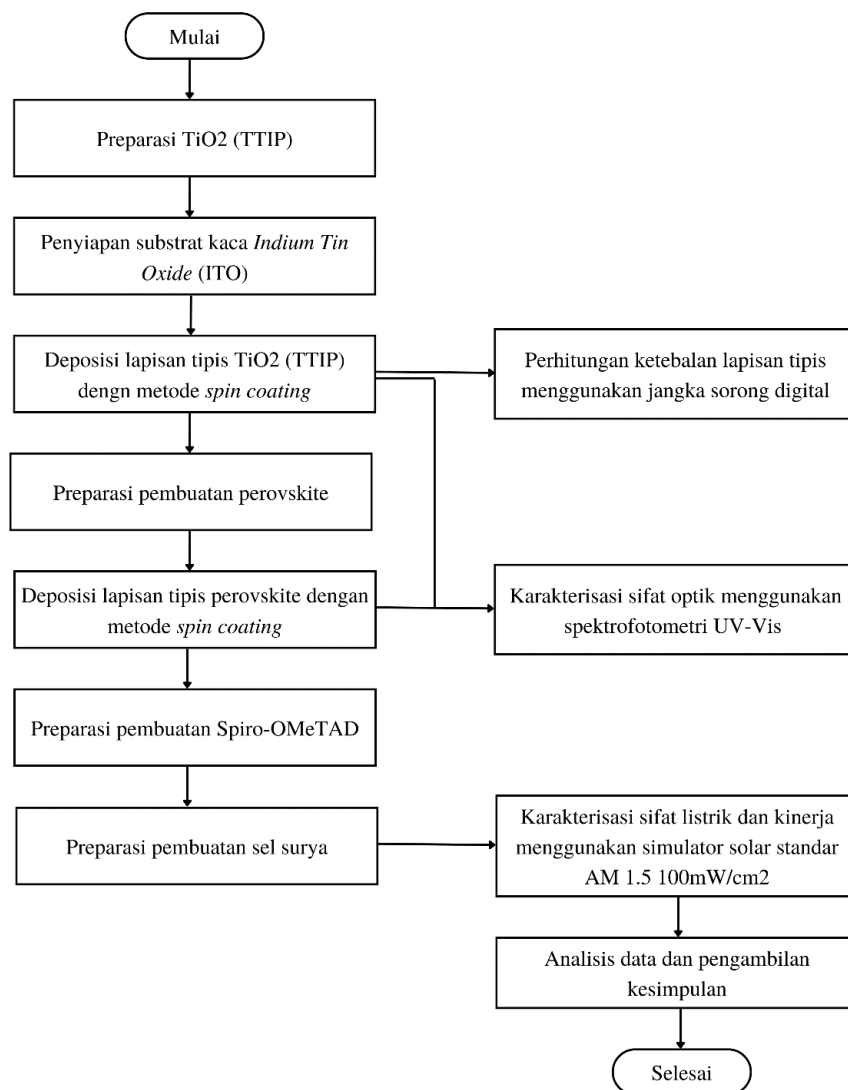
Tabel 3.1

Variabel Penelitian

Variabel Bebas	Variabel Kontrol	Variabel Terikat
Variasi ketebalan lapisan TiO_2 (41.75 μm , 28.50 μm , 19.00 μm , dan 10.00 μm)	Jenis substrat (ITO 6.5 Ω/sq)	Sifat optik
	Lapisan absorber berupa perovskite $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ satu lapis	Sifat listrik
	Lapisan HTM berupa Spiro-OMeTAD satu lapis	

Variabel Bebas	Variabel Kontrol	Variabel Terikat
	Elektroda lawan berupa kaca konduktif yang dilapisi lapisan tipis platina (Pt)	
	Metode deposisi setiap sampel menggunakan <i>spin coating</i>	
	Sistem perekat polimer menggunakan resin	

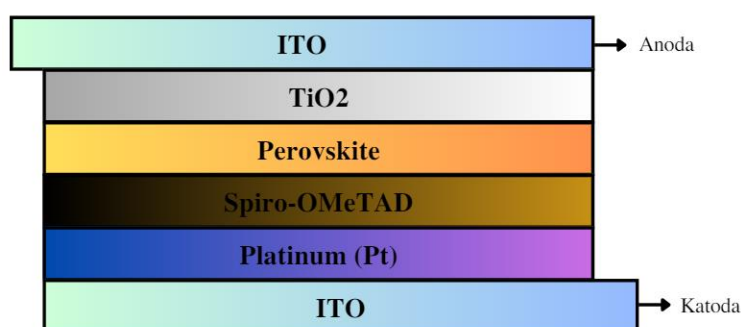
Langkah-langkah penelitian yang dilakukan ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir pada Gambar 3.1, dimulai dengan pembuatan sampel yang terdiri dari sintesis TiO_2 (TTIP) sebagai *Electron Transport Layer* (ETL), deposisi TiO_2 (TTIP) ke atas kaca ITO dengan menggunakan metode *spin coating*, pembuatan perovskite sebagai lapisan absorber, pembuatan Spiro-OMeTAD sebagai *Hole Transport Layer* (HTL), penyusunan sel surya perovskite, dan karakterisasi. Lapisan sel surya yang dibentuk dari prosedur ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain struktur sel surya perovskite

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, cawan petri, gelas ukur, corong kaca penyaring, pipet mikro, spatula, botol sampel, gas nitrogen, kertas timbang, *stopwatch*, *magnetic stirrer*, *cotton buds*, magnet batang pengaduk, sarung tangan karet, masker, kacamata pelindung, *doctor blade*, tisu, lemari asam, timbangan digital, aluminium foil, *plastic wrap*, gunting, pinset, selotip (*heat resistant tape*), *cutter*, pengering atau oven, tungku pemanas (*furnace*), *Ultraviolet-Visible (UV-Vis) spectrophotometer*, simulator solar standar AM 1,5 filter 100 mW cm^{-2} , *spincoater*, multimeter, jangka sorong digital, pembersih ultrasonic, kaca/substrat *Indium Tin Oxide* (ITO), dan ITO holder.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, *titanium tetraisopropoxide* (TTIP), HCl, propanol, H_2O (*deionized water*), methanol, Triton X-100, cairan IPA (Iso Propanol Alkohol), *Methylammonium Iodide* (MAI), *lead (II) Iodide* (PbI_2), *Dimetil Formide* (DMF), *Dimetil Sulfolkside* (DMSO), Spiro-OMeTAD, *Lithium bis(trifluoromethanesulfonyl)imide* (LiTFSI), *4-tert-Butylphenol* (TBP),

chlorobenzene, kaca konduktif ITO, kaca konduktif platina (Pt), gas nitrogen, dan polimer resin.

3. 3. 1. Preparasi TiO₂ (TTIP)

Pembuatan TiO₂ ini dibuat menggunakan *precursor titanium tetraisopropoxide* (TTIP), propanol, asam asetat (CH₃COOH), dan Triton X-100 yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Tahapan dalam proses ini dibagi menjadi 2. Tahap satu dimulai dengan pencampuran *titanium tetraisopropoxide* (TTIP) sebanyak 10 ml dan propanol sebanyak 40 ml, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan putaran sebesar 5000 rpm selama 30 menit. Tahap dua dimulai dengan pencampuran asam asetat (CH₃COOH) sebanyak 5 ml dan propanol sebanyak 10 ml yang selanjutnya diteteskan oleh Triton x-100 sebanyak 15 tetes dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan putaran sebesar 5000 rpm selama 30 menit. Selanjutnya menggabungkan hasil dari tahap 1 ke hasil tahap 2, dengan cara memasukan hasil dari tahap 1 sebanyak 1 ml tiap menit ke hasil tahap 2 lalu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan putaran sebesar 5000 rpm selama 120 menit dengan suhu 60⁰ C sampai berbentuk pasta yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Bahan pembentuk TiO₂ TTIP (kiri ke kanan : *titanium tetraisopropoxide* (TTIP), propanol, asam asetat (CH₃COOH), Triton X-100)



Gambar 3.4 Alat *magnetic stirrer* (kiri) dan hasil pasta TiO₂ TTIP (kanan)

3. 3. 2. Penyiapan Substrat Kaca *Indium Tin Oxide* (ITO)

Peneliti menyiapkan substrat kaca ITO yang merupakan kaca transparan konduktif berukuran $2,5 \times 2,5 \text{ cm}^2$ sebanyak 4 buah disimpan pada ITO *holder* yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan direndam menggunakan cairan IPA (Iso Propanol Alkohol) menggunakan alat ultrasonik pada suhu 50°C selama 15 menit kemudian dikeringkan menggunakan semprotan gas Na. Selanjutnya, menggunakan alat multimeter untuk mengetahui sisi konduktivitas dari substrat ITO tersebut yang akan dijadikan tempat untuk deposisi sampel. Dalam memudahkan pembuatan pada proses film tipis nanti, peneliti dengan hati-hati menempelkan selotip *heat resistant tape* disetiap sisi substrat ITO yang membentuk ukuran $1 \times 1 \text{ cm}^2$ di tengah substrat ITO.



Gambar 3.5 Kaca ITO yang disimpan pada ITO *holder*

3. 3. 3. Preparasi Film Tipis TiO_2

Pasta TiO_2 yang telah disiapkan kemudian dioleskan pada bagian atas substrat ITO (bagian konduktif) menggunakan batang pengaduk kaca, agar pasta TiO_2 tersebut tersebar merata pada permukaan substrat, digunakan metode *spin coating*. Ketebalan divariasikan menggunakan metode ini dengan memvariasikan banyaknya nilai putaran rpm yang digunakan pada setiap sampel. Sampel 1 dengan putaran 3000 rpm selama 20 detik ditunjukkan pada Gambar 3.6, sampel 2 dengan putaran 4000 rpm selama 20 detik, sampel 3 dengan putaran 5000 rpm selama 20 detik, sampel 4 dengan putaran 6000 rpm selama 20 detik dan setiap sampel film tipis TiO_2 tersebut dibiarkan mengering.

Setelahnya, selotip dilepaskan untuk kemudian dilakukan tahap sintering menggunakan *furnace* yang dipanaskan pada suhu 400°C selama 30 menit. Film tipis TiO_2 yang sudah selesai di sintering lalu didiamkan terlebih dahulu sampai suhunya mencapai suhu ruang (27°C), kemudian diukur menggunakan alat jangka sorong digital untuk diukur ketebalannya.



Gambar 3.6 Proses *spin coating* TiO_2 pada kaca ITO

3.3.4. Karakterisasi Film Tipis TiO_2 dengan Spektrofotometri UV-Vis

Karakterisasi menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis jenis UV 1240 (Shimadzu Co. Japan) yang ditunjukkan oleh Gambar 3.7 untuk menghitung sifat optik sampel. Tahapan ini dilakukan pada film tipis TiO_2 untuk melihat gambaran nilai absorbansi, nilai transmitansi, panjang gelombang cahaya tampak dan nilai energi gap dari sampel ini. Grafik hasil penggunaan spektrofotometer UV-Vis, dapat menentukan energi gap TiO_2 yang dihitung dengan metode *Tauch Plot*.



Gambar 3.7 Alat spektrofotometer UV-Vis UV 1240 (Shimadzu Co. Japan)

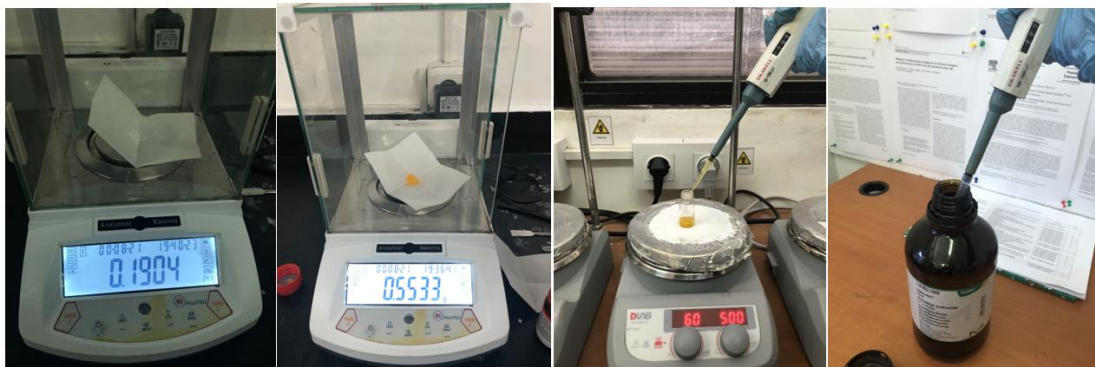
Hasna Aisyah Rastiadi, 2023

PENGARUH KETEBALAN LAPISAN FILM TIPIS TiO_2 NANOPARTIKEL TERHADAP SIFAT OPTIK DAN LISTRIK SEL SURYA PEROVSKITE $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3. 3. 5. Preparasi Pembuatan Perovskite

Pembuatan perovskite ini dibuat menggunakan bahan *Methylammonium Iodide* (MAI), *lead (II) Iodide* (PbI_2), *Dimetil Formide* (DMF), dan *Dimetil Sulfokside* (DMSO). Tahapan yang dilakukan adalah dengan menimbang bahan kering *Methylammonium Iodide* (MAI) sebanyak 190,7 mg dan *lead (II) Iodide* (PbI_2) sebanyak 553,2 mg menggunakan timbangan analitik, lalu dimasukkan ke dalam botol sampel ukuran 3 ml. Kemudian tambahkan bahan pelarut yaitu *Dimetil Formide* (DMF) sebanyak 100 μl dan *Dimetil Sulfokside* (DMSO) sebanyak 900 μl ke dalam botol sampel yang prosesnya ditunjukkan pada Gambar 3.8. Lalu aduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 60°C dengan kecepatan putaran sebesar 5000 rpm selama 2 jam sampai terlarut.



Gambar 3.8 Bahan pembentuk perovskite (kiri ke kanan: 190,7 mg MAI, 553,2 mg PbI_2 , 100 μl DMF, 900 μl DMSO)

3. 3. 6. Preparasi Pembuatan Spiro-OMeTAD

Pembuatan Spiro-OMeTAD ini dibuat menggunakan bahan Spiro-OMeTAD, *Lithium bis(trifluoromethanesulfonyl)imide* (LiTFSI), *4-tert-Butylphenol* (TBP), dan *chlorobenzene*. Tahapan yang dilakukan adalah dengan menimbang bahan kering Spiro-OMeTAD sebanyak 72 mg dan *Lithium bis(trifluoromethanesulfonyl)imide* (LiTFSI) sebanyak 18,2 mg menggunakan timbangan analitik, lalu dimasukkan ke dalam botol sampel ukuran 3 ml. Kemudian tambahkan *4-tert-Butylphenol* (TBP) sebanyak 28,8 μl dan *chlorobenzene* sebanyak 1 ml ke dalam botol sampel yang prosesnya ditunjukkan pada Gambar 3.9. Lalu aduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 60°C dengan kecepatan putaran sebesar 5000 rpm selama 3 jam sampai terlarut.



Gambar 3.9 Bahan pembentuk Spiro-OMeTAD (kiri ke kanan: 72 mg Spiro-OMeTAD, 18,2 mg LiTFSI, 28,8 μ l TBP, 1 ml *chlorobenzene*)

3. 3. 7. Preparasi Pembuatan Sel Surya

Film tipis TiO_2 yang sudah selesai di sintering kemudian ditempelkan kembali selotip *heat resistant tape* dengan ukuran yang sama yaitu $1 \times 1 \text{ cm}^2$ di atas substrat ITO (bagian konduktif) untuk melakukan deposisi perovskite. Tahapan pada deposisi perovskite ini adalah dengan meneteskan 1 tetes atau sebanyak $8 \mu\text{l}$ perovskite ke atas film tipis TiO_2 , agar perovskite tersebut tersebar merata pada permukaan film tipisnya, digunakan metode *spin coating* dua langkah, dengan langkah pertama adalah 40 detik dengan putaran 2000 rpm dan tahap *spin coating* kedua selama 20 detik dengan putaran 6000 rpm, lalu di sintering menggunakan oven pada suhu 100^0 C selama 10 menit lalu diamkan. Setelah itu melakukan deposisi untuk lapisan Spiro-OMeTAD dengan meneteskan 1 tetes atau sebanyak $8 \mu\text{l}$ Spiro-OMeTAD ke atas film tipis ITO- TiO_2 -perovskite, agar Spiro-OMeTAD tersebut tersebar merata pada permukaan film tipisnya, digunakan metode *spin coating* dua langkah, dengan langkah pertama adalah 40 detik dengan putaran 2000 rpm dan tahap *spin coating* kedua selama 20 detik dengan putaran 6000 rpm, lalu di sintering menggunakan oven pada suhu 100^0 C selama 10 menit dan diamkan. Selanjutnya menempelkan kaca Pt pada film tipis ITO/ TiO_2 /perovskite/Spiro-OMeTAD dengan direkatkan menggunakan polimer resin dan disimpan dibawah sinar UV selama 2 menit untuk menghilangkan celah yang akan menurunkan kualitas kinerja sel surya perovskite. Kemudian menempelkan tembaga pada permukaan yang digunakan dan pada bagian sisi kosong sel film tipis yang sebelumnya selotip *heat resistant tape* sudah dilepaskan pada sisi kosong tersebut untuk memudahkan dalam proses karakterisasi.

3. 3. 8. Karakterisasi Sel Surya Perovskite

Sampel sel surya yang sudah terbentuk dikarakterisasi dengan menghitung sifat listriknya menggunakan simulator solar standar AM 1.5 $100\text{mW}/\text{cm}^2$ yang dapat menentukan kurva rapat arus-tegangan (I - V) sehingga mendapatkan nilai efisiensinya. Proses karakterisasi dilakukan dengan meletakkan sel surya perovskite yang dihubungkan dengan DC Voltage Current Source/Monitor ADCMT 6242 pada alat solar simulator dengan menggunakan lampu 35W Xenon HID dengan intensitas lampu $36\text{ mW}/\text{cm}^2$, ditunjukkan oleh Gambar 3.10. Alat dihubungkan dengan laptop yang dibantu oleh *software Microsoft Excel* untuk menampilkan hasil dari karakterisasi seperti nilai densitas arus pendek (J_{sc}), rapat arus (J), *Fill Factor* (FF), tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}), tegangan (V), dan efisiensi (η).



Gambar 3.10 Alat simulator solar standar AM 1.5 $100\text{mW}/\text{cm}^2$