

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi global terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan populasi dunia dan perkembangan teknologi, sementara sumber energi konvensional seperti bahan bakar fosil semakin menipis dan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi sangat besar dalam mengatasi krisis energi global (Kabir et al., 2018). Pemanfaatan energi surya menjadi pilihan strategis mengingat ketersediaannya yang melimpah dan sifatnya yang ramah lingkungan (Lewis, 2016). Perkembangan energi terbarukan, khususnya tenaga surya, merupakan salah satu solusi strategis dalam mengatasi tantangan perubahan iklim global dan krisis energi dunia. Beberapa dekade terakhir, teknologi pembangkit listrik tenaga surya telah mengalami transformasi signifikan, baik dari segi efisiensi, biaya produksi, maupun implementasi skala besar. Kompleksitas permasalahan energi global mendorong para ilmuwan, peneliti, dan pembuat kebijakan untuk terus mengembangkan inovasi dalam bidang energi surya guna mencapai target pembangunan berkelanjutan (Martin, 2019).

Potensi energi surya di Indonesia sangat besar dengan rata-rata radiasi matahari mencapai 4,8 kWh/m²/hari, dimana angka ini lebih tinggi dibandingkan negara-negara Eropa yang hanya mencapai 2,5-3,0 kWh/m²/hari (Azmi et al., 2024). Pengembangan energi surya menjadi salah satu prioritas dalam mencapai target transisi energi global. Efisiensi konversi energi yang terus meningkat, dari 6% pada tahun 1954 menjadi lebih dari 26% pada sel surya silikon kristal tunggal modern, menunjukkan potensi besar teknologi (Martin, 2019). Penurunan biaya produksi yang drastis, mencapai 85% dalam sepuluh tahun terakhir, menjadikan energi surya semakin kompetitif dibanding sumber energi konvensional (Gan et al., 2023). Indonesia telah berkomitmen untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan hingga 23% pada tahun 2025, mengingat posisi geografis Indonesia yang strategis di garis khatulistiwa. Implementasi teknologi energi surya tidak hanya mendukung ketahanan energi nasional tetapi juga berkontribusi dalam upaya global mengurangi emisi gas rumah kaca. Inovasi teknologi sel surya terus berkembang dengan munculnya berbagai jenis material dan desain baru. Potensi energi surya ini dapat dimanfaatkan melalui teknologi fotovoltaik yang mengkonversi energi cahaya matahari langsung menjadi energi listrik. Salah satu teknologi fotovoltaik yang sedang berkembang pesat adalah sel surya perovskite (Bayu dan Windarta, 2021).

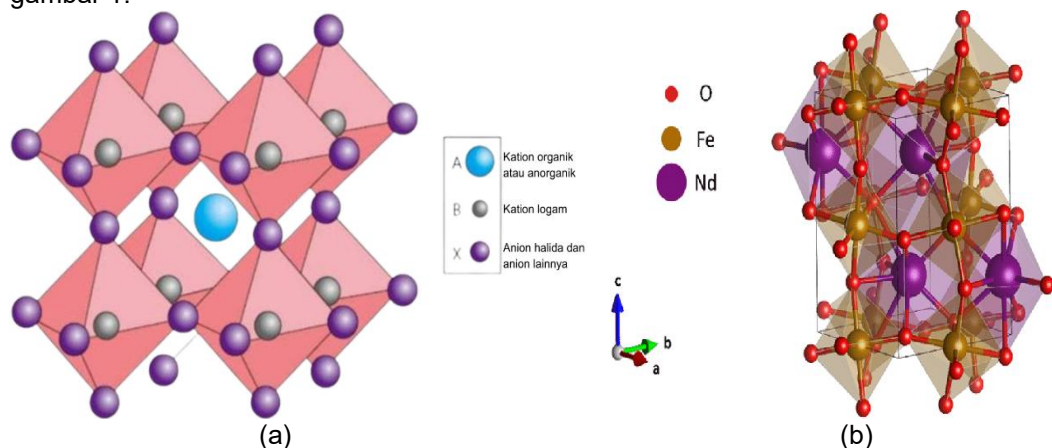
Dalam satu dekade terakhir, Perovskite Solar Cell (PSC) telah mengalami perkembangan yang sangat pesat dengan efisiensi konversi daya (Power Conversion Efficiency, PCE) meningkat dari 3,8% pada tahun 2009 menjadi lebih dari 25,7% pada tahun 2023. Peningkatan efisiensi yang signifikan dalam waktu relatif singkat ini menjadikan PSC sebagai kandidat potensial untuk teknologi fotovoltaik generasi masa depan. Namun, sebagian besar penelitian PSC saat ini masih berfokus pada material perovskite berbasis timbal seperti CH₃NH₃PbI₃ (MAPbI₃) yang memiliki permasalahan stabilitas terhadap kelembaban, suhu tinggi, dan paparan cahaya ultraviolet (UV), serta isu toksisitas akibat kandungan timbal (Pb) yang berbahaya bagi lingkungan dan

mahluk hidup. Upaya pengembangan material perovskite alternatif yang bebas timbal dan memiliki stabilitas lebih baik terus dilakukan, salah satunya adalah perovskite oksida. Senyawa NdFeO_3 merupakan salah satu senyawa perovskite oksida yang menarik untuk diinvestigasi karena sifat multiferoiknya, yaitu memiliki sifat magnetik dan dielektrik secara bersamaan. Senyawa NdFeO_3 memiliki struktur kristal ortorombik dengan grup ruang kristal ortorombik dan menunjukkan sifat magnet pada suhu sekitar 650 K. Selain itu, senyawa NdFeO_3 juga menunjukkan celah pita sekitar 2,1-3,0 eV yang memungkinkannya untuk menyerap cahaya pada spektrum tampak, sehingga berpotensi diaplikasikan sebagai material penyerap cahaya dalam sel surya. Metode sol gel dipilih untuk sintesis NdFeO_3 karena menawarkan kontrol komposisi yang presisi, homogenitas yang tinggi, dan temperatur pengolahan yang relatif rendah. Proses sol gel memungkinkan pengendalian struktur material pada skala nanometer, yang sangat penting untuk kinerja PSC. Selain itu, metode ini memungkinkan inkorporasi dopan secara terkontrol untuk memodifikasi sifat optoelektronik NdFeO_3 sesuai kebutuhan aplikasi fotovoltaik (Danks et al., 2020).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi senyawa perovskite NdFeO_3 yang disintesis melalui metode sol gel sebagai material aktif pada PSC. Studi komprehensif akan dilakukan untuk mengoptimalkan parameter sintesis, mengkarakterisasi sifat struktural, optik, dan listrik material, serta mengevaluasi kinerja dan stabilitas PSC berbasis NdFeO_3 . Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan PSC yang stabil, efisien, dan ramah lingkungan.

1.2 Landasan Teori

Sel surya perovskite telah muncul sebagai teknologi fotovoltaik yang sangat menjanjikan dalam satu dekade terakhir. Menurut Park et al. (2015), struktur perovskite dengan formula umum ABX_3 (di mana A adalah kation organik atau anorganik, B adalah kation logam, dan X adalah anion halida dan anion lainnya) memiliki sifat optoelektronik yang luar biasa, termasuk koefisien absorpsi tinggi dan panjang difusi pembawa muatan yang panjang. Perkembangan pesat dalam bidang ini telah mendorong efisiensi konversi daya (PCE) dari hanya 3,8% pada 2009 menjadi lebih dari 25% pada 2023, sebagaimana dilaporkan oleh (NREL, 2023). Struktur kristal perovskite dapat dilihat pada gambar pada gambar 1.



Gambar 1. struktur kristal perovskite (a) dan senyawa perovskite NdFeO_3 (b)

Sebagai komponen penting dalam sel surya perovskite, elektroda transparan berperan krusial dalam pengumpulan pembawa muatan dan transmisi cahaya. *fluorine-doped tin oxide* (FTO) telah menjadi salah satu elektroda konduktif transparan yang paling banyak digunakan dalam sel surya perovskite karena sifat-sifat unggulnya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Li et al. 2018), FTO menawarkan kombinasi transmitansi optik yang tinggi (>80% pada spektrum visible) dan substrat FTO memiliki stabilitas termal dan kimia yang lebih baik dibandingkan dengan *indium tin oxide* (ITO), memungkinkan proses fabrikasi pada suhu yang lebih tinggi tanpa degradasi. Interaksi antara lapisan FTO dan lapisan transport elektron (ETL) secara langsung mempengaruhi kinerja sel surya perovskite (Zhao et al., 2020). Kekasaran permukaan dan energi permukaan FTO mempengaruhi morfologi dan adhesi ETL (biasanya TiO_2 atau SnO_2), yang pada gilirannya berdampak pada pembentukan film perovskite. Permukaan FTO dengan plasma oksigen atau *UV-ozone* dapat meningkatkan sifat pembasahan dan mengurangi resistansi kontak antara FTO dan ETL, meningkatkan efisiensi pengumpulan muatan dan menekankan pentingnya kecocokan tingkat energi antara FTO dan ETL untuk meminimalkan hambatan potensial pada antarmuka (Wang et al., 2021)

FTO memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap korosi dibandingkan dengan elektroda konduktif transparan lainnya. Penggunaan lapisan pelindung antara FTO dan ETL, seperti Al_2O_3 tipis atau grafena, dapat mencegah difusi ion dari perovskite ke FTO, meningkatkan stabilitas operasional perangkat. Inovasi terbaru dalam teknologi FTO untuk aplikasi sel surya perovskite mencakup pengembangan FTO nanostruktur (Zhang et al., 2022). FTO yang terstruktur secara nano dapat meningkatkan pengumpulan cahaya melalui hamburan dan peningkatan area permukaan, yang berkontribusi pada peningkatan arus hubung singkat. Fabrikasi FTO fleksibel pada substrat polimer, membuka jalan bagi sel surya perovskite fleksibel dengan efisiensi tinggi. Potensi FTO yang didoping dengan lantanida untuk memanfaatkan konversi *up-conversion*, memungkinkan pemanfaatan yang lebih baik dari foton berenergi rendah dan peningkatan efisiensi sel surya perovskite (Yang et al., 2024)

Penelitian yang dilakukan oleh (Guo et al., 2024) meneliti eksplorasi sintesis dan karakterisasi nanopartikel NdFeO_3 (*neodymium iron oxide*) menggunakan metode sol-gel untuk aplikasi fotokatalitik. Para peneliti berhasil menyintesis nanopartikel NdFeO_3 dengan struktur perovskite ortorombik dan ukuran kristal berkisar antara 30-40 nm. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini menggunakan metode sol gel untuk aplikasi fotovoltaik. Perovskite berbasis *neodymium iron oxide* (NdFeO_3) telah menarik perhatian luas dalam penelitian material fotovoltaik karena sifat multiferroik dan stabilitas termalnya yang unggul. NdFeO_3 memiliki struktur perovskite ortorombik dengan grup ruang Pbnm yang menunjukkan kombinasi sifat ferroelektrik dan magnetik yang menarik untuk aplikasi optoelektronik. NdFeO_3 memiliki *band gap* sekitar 2.1-2.3 eV yang optimal untuk penyerapan cahaya tampak, serta stabilitas kimia dan termal yang jauh lebih baik dibandingkan perovskite halida konvensional (Sharma et al., 2018). Metode sol-gel merupakan teknik sintesis yang efektif untuk memperoleh NdFeO_3 dengan kontrol stoikiometri dan homogenitas yang tinggi. Pentingnya parameter proses seperti suhu

kalsinasi dan rasio prekursor dalam menentukan kristalinitas dan kemurnian fasa NdFeO_3 (Acharya et al., 2020).

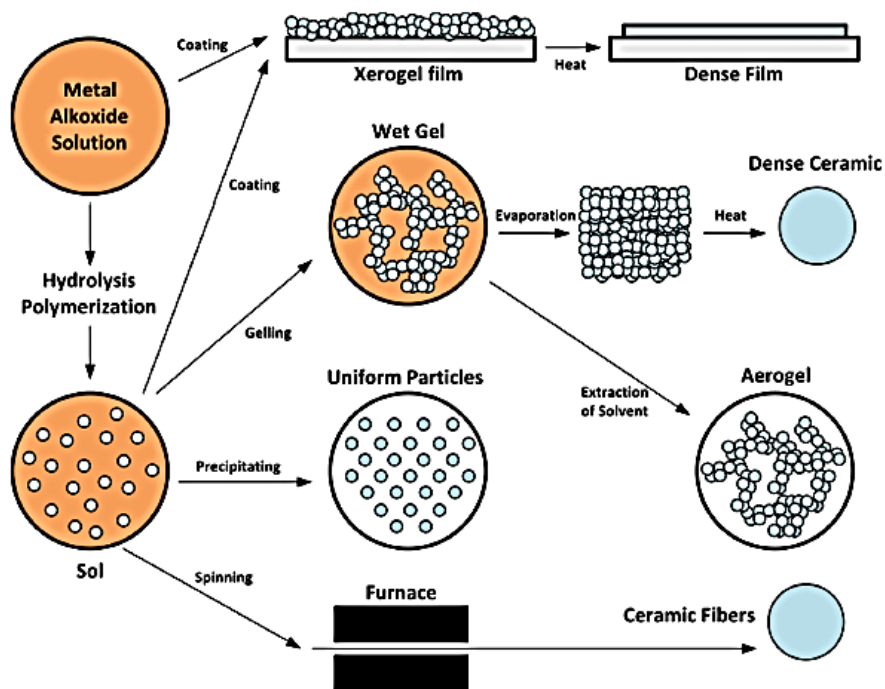
Integrasi NdFeO_3 dengan substrat *Fluorine-doped Tin Oxide* (FTO) memainkan peran krusial dalam pengembangan sel surya perovskite berbasis oksida. FTO menyediakan konduktivitas listrik yang tinggi dan transparansi optik yang diperlukan untuk mengoptimalkan transmisi cahaya dan pengumpulan pembawa muatan dalam perangkat fotovoltaiik berbasis NdFeO_3 (Liu et al., 2021). Morfologi dan energi permukaan FTO secara langsung mempengaruhi pertumbuhan lapisan NdFeO_3 , dengan perlakuan permukaan FTO yang tepat sangat penting untuk adhesi yang kuat dan homogenitas film. Tantangan utama dalam sistem $\text{NdFeO}_3/\text{FTO}$ adalah ketidaksesuaian kisi antara NdFeO_3 ortorombik dan FTO tetragonal yang dapat menyebabkan ketegangan antarmuka dan cacat kristal yang berpotensi menjadi pusat rekombinasi pembawa muatan. Masalah ini dapat diatasi dengan mendemonstrasikan penggunaan lapisan buffer tipis seperti TiO_2 amorf antara FTO dan NdFeO_3 yang secara efektif mengurangi ketidaksesuaian kisi dan meningkatkan transfer muatan (Zhao et al., 2020).

Karakteristik optoelektronik dan stabilitas jangka panjang antarmuka FTO/ NdFeO_3 memberikan keunggulan signifikan dibandingkan sistem perovskite konvensional. Keselarasan tingkat energi antara FTO dan TbFeO_3 sangat menentukan efisiensi injeksi dan ekstraksi pembawa muatan (Lee et al., 2020). Pembengkokan pita yang menguntungkan pada antarmuka FTO/ NdFeO_3 yang mendukung ekstraksi elektron yang efisien. Sel surya $\text{NdFeO}_3/\text{FTO}$ dapat mempertahankan lebih dari 90% efisiensi awalnya setelah 1000 jam penyinaran cahaya matahari simulasi dan paparan kelembaban tinggi, jauh melampaui ketahanan perovskite halida. Stabilitas superior ini dengan tidak adanya migrasi ion dan degradasi antarmuka yang signifikan pada sistem FTO/ NdFeO_3 , ikatan kimia yang kuat pada antarmuka FTO/ NdFeO_3 dan resistansi intrinsik NdFeO_3 terhadap degradasi lingkungan dalam mencapai kinerja fotovoltaiik yang stabil (Zhang et al., 2022).

Metode sol gel telah menjadi teknik sintesis yang sangat diandalkan dalam preparasi material perovskite NdFeO_3 karena kemampuannya menghasilkan material dengan kemurnian dan homogenitas tinggi pada suhu yang relatif rendah dibandingkan metode konvensional. Sintesis NdFeO_3 melalui metode sol gel melibatkan penggunaan prekursor seperti $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan dalam pelarut polar, diikuti dengan penambahan agen pengompleks seperti asam sitrat atau EDTA yang berperan penting dalam membentuk kompleks logam-organik yang homogen. Proses ini menghasilkan struktur perovskite ortorombik NdFeO_3 dengan ukuran partikel yang terkontrol dalam kisaran nanometer, yang sangat penting untuk aplikasi dalam sel surya perovskite (Ismael et al., 2017). Parameter proses seperti pH larutan, rasio molar prekursor/agen pengompleks, dan suhu kalsinasi memiliki pengaruh signifikan terhadap kristalinitas, morfologi, dan ukuran partikel NdFeO_3 yang dihasilkan (Wang et al., 2020).

Keunggulan metode sol gel dalam sintesis NdFeO_3 dibandingkan dengan metode konvensional, metode sol gel memiliki distribusi ukuran partikel yang lebih seragam (40-80 nm) dibandingkan dengan yang dihasilkan melalui reaksi padatan. Homogenitas tingkat molekul yang dicapai melalui metode sol gel juga menghasilkan sifat magnetik dan dielektrik yang superior karena pembentukan struktur kristal yang lebih baik dengan konsentrasi cacat yang lebih rendah (Singh et al., 2022). Suhu kalsinasi optimal untuk NdFeO_3 berada pada rentang 750-850°C untuk mencapai keseimbangan antara

kristalinitas yang baik dan ukuran partikel yang terkontrol, dengan waktu penuaan gel yang memadai (24-48 jam) untuk memastikan pembentukan jaringan gel yang stabil sebelum kalsinasi (Zhang et al., 2022). Berikut adalah gambar 2 skema proses sol gel



Gambar 2. skema proses sol gel (Syafriadi et al., 2021)

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik hasil sintesis perovskite NdFeO_3 ?
2. Bagaimana kinerja hasil sintesis perovskite NdFeO_3 sebagai perovskite *solar cell*?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. melakukan karakterisasi hasil sintesis perovskite NdFeO_3 .
2. menentukan kinerja hasil sintesis perovskite NdFeO_3 sebagai perovskite *solar cell*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk mengembangkan material baru yang dapat meningkatkan efisiensi sel surya perovskite dengan memanfaatkan senyawa perovskite NdFeO_3 yang disintesis melalui metode sol-gel. Hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi energi terbarukan, khususnya dalam menciptakan sel surya yang lebih efisien, murah dan ramah lingkungan serta memperkaya pengetahuan tentang metode sol-gel dalam sintesis material fotovoltaik.

BAB II METODELOGI PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kaca FTO (Merck), NdCl_3 (Merck), $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Merck), etanol 96%, akuades, NH_4OH (Merck), aseton (Merck), Isopropanol (Merck), terpenoil (Merck), air deionisasi (Merck), *decon laboratory detergent*, *ethyl cellulose* (Merck), *aluminium foil*, kertas pH, masker, *handscoon*, *wrapping plastic*, selotipl, parafilm, cutter, *tissue* dan *sunlight*.

2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas berkualitas pyrex, cawan petri, cawan porselin, spatula, pinset, botol semprot, gunting, *furnance*, seperangkat alat *magnetic Multistirrer 6 Velp Scientifica*, timbangan analitik, oven, *hot plate*, *sonicator ultrasonic*, spektrofotometer FT-IR SHIMADZU, difraktometer sinar-X (XRD) SHIMADZU, Spektrofotometer (UV-Vis), scanning electron microscope-energy dispersive X-Ray (SEM-EDX) Joel tipe Jcm 6000plus, dan solar simulator.

2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Desember 2025 di Laboratorium Kimia Anorganik Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin untuk sintesis perovskite, pengukuran FT-IR di Laboratorium Kimia Terpadu Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, dan pengukuran Spektrofotometer (UV-Vis) dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengembangan Sains (LPPS) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, selanjutnya pengukuran XRD dilakukan di Laboratorium Analisis Pengolahan Bahan Galian Fakultas Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin serta SEM-EDX dilakukan di Universitas Muslim Indonesia. Pengujian fotovoltaiik dilakukan di Universitas Indonesia, Jawa Barat.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Preparasi dan Sintesis Perovskite (Guo et al., 2024)

Preparasi dan sintesis *perovskite* dilakukan mengikuti metode dari (Guo et al., 2024). Senyawa perovskite NdFeO_3 disintesis menggunakan prekursor NdCl_3 sebagai sumber Nd dan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber Fe. Dalam proses sintesis, masing-masing prekursor ditimbang sebanyak 2,19 g $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 2,00 g $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, kemudian dilarutkan dalam 80 mL etanol 96%. Larutan yang terbentuk diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam hingga tercapai homogenitas.

Selanjutnya, ditambahkan larutan 20 mL H_2O_2 (hidrogen peroksida) secara perlahan ke dalam campuran tersebut, dengan tetap mengaduk selama 2 jam. Setelah itu, larutan NH_4OH pekat ditambahkan sedikit demi sedikit hingga pH larutan mencapai rentang 7–8, yang menyebabkan terbentuknya endapan berwarna coklat tua. Endapan yang terbentuk kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dicuci dengan air terdemineralisasi hingga bersih. Material padat yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C selama 2 jam, kemudian dilakukan proses kalsinasi untuk memperoleh senyawa NdFeO_3 dalam bentuk kristalin. Kalsinasi perovskite menggunakan serbuk kering hasil pengendapan, serbuk keing dimasukkan ke dalam wadah tahan panas (*crucible*), kemudian wadah tersebut dimasukkan ke dalam *furnance* (tanur listrik). Dipanaskan pada suhu 800 °C selama 3 jam, kemudian didinginkan pada suhu ruang.

2.4.2 Identifikasi dan Karakterisasi NdFeO_3

Karakterisasi NdFeO_3 dengan FT-IR

Karakterisasi menggunakan FT-IR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan ikatan kimia dalam perovskite NdFeO_3 . Langkah pertama adalah mencampur Serbuk NdFeO_3 dengan bubuk KBr murni di dalam mortal hingga homogen dan sangat halus, campuran tersebut kemudian dimasukkan dalam cetakan (*die*) dan ditekan kuat menggunakan alat *Hydraulic Press*.

Karakterisasi NdFeO_3 dengan XRD (Hosakote et al., 2023)

Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan mengidentifikasi fasa produk sintesis. Pengukuran dilakukan menggunakan XRD dengan sumber radiasi $\text{Cu K}\alpha$ pada rentang $2\theta = 10\text{--}80^\circ$ pada interval scan $0,02^\circ$ dan laju $2^\circ/\text{menit}$. Sampel serbuk NdFeO_3 diletakkan pada holder dan dianalisis untuk menentukan struktur kristal dan fasa yang terbentuk. Pola difraksi yang diperoleh dibandingkan dengan database JCPDS untuk mengonfirmasi keberhasilan sintesis fasa NdFeO_3 .

Karakterisasi NdFeO_3 dengan SEM-EDX (Gou et al., 2024)

Karakterisasi menggunakan SEM-EDX bertujuan untuk mengetahui bentuk morfologi dan komposisi unsur-unsur yang terkandung dalam produk sintesis. Produk hasil sintesis dianalisa menggunakan Instrumen SEM-EDX. Pengukuran SEM dilakukan dengan mengambil sedikit sampel serbuk NdFeO_3 kemudian ditempelkan pada stub SEM menggunakan karbon konduktif dengan tegangan akselerasi 5-20 kV. Pengukuran EDX dilakukan dengan pengaktifan *detector* kemudian terjadi pemindaian *spectrum x-ray* untuk mengidentifikasi unsur-unsur dalam sampel.

Karakterisasi NdFeO_3 dengan Uv-Vis (Guo et al., 2024)

Karakterisasi menggunakan spektroskopi Uv-Vis bertujuan untuk memperoleh informasi berupa aktivitas absorbansi dan energi celah pita (eV). Pengukuran Uv-Vis dilakukan dengan melarutkan serbuk NdFeO_3 dalam pelarut etanol kemudian pengukuran dilakukan pada rentang panjang gelombang 200-800 nm.

2.4.3 Karakterisasi NdFeO_3 dengan Fotovoltaik

Preparasi Kaca FTO

Preparasi kaca fluorin-doped tin oxide (FTO) dilakukan dengan memotong kaca dengan ukuran $2,5 \times 2,5$ cm menggunakan pemotong kaca. Setelah kaca dipotong, kaca dicuci menggunakan *decon laboratory* detergent dan disonikasi selama 30 menit, lalu dicuci kembali menggunakan 100 mL isopropanol dan disonikasi selama 20 menit lalu larutan dibuang. Kemudian dicuci menggunakan 100 mL etanol 98% dan disonikasi selama 5 menit lalu larutan dibuang, pencucian terakhir ditambahkan 100 mL akuades dan disonikasi selama 5 menit lalu larutan dibuang. Kaca FTO yang telah dicuci diambil menggunakan pinset anatomi lalu diletakkan di dalam cawan petri, kaca FTO di masukkan di oven dengan suhu 80°C selama 15 menit. Kaca FTO diambil kembali menggunakan pinset lalu didinginkan di ruang asam. Setelah kaca FTO dingin, dilakukan pengukuran konduktivitas pada kaca FTO dan blank pada sisi konduktivitas kaca FTO menggunakan metode *Doctor Blade*.

Pembuatan Pasta NdFeO_3 (Pati., 2023)

Pembuatan pasta NdFeO_3 menggunakan metode *doctor blade* diawali dengan pengujian konduktivitas pada kaca FTO untuk menentukan sisi yang bersifat konduktif. Setelah sisi konduktif teridentifikasi, proses pembuatan pasta dilakukan dengan menimbang serbuk NdFeO_3 sebanyak 0,30 g, kemudian dimasukkan ke dalam mortar dan dihaluskan. Selanjutnya, ethyl cellulose ditimbang sebanyak 0,03 g dan ditambahkan ke dalam mortar. Terpeniol sebanyak 1,6 mL kemudian dipipet dan dicampurkan secara perlahan ke dalam campuran sebelumnya. Seluruh bahan diaduk dan dihaluskan hingga membentuk pasta homogen. Pasta NdFeO_3 yang telah terbentuk kemudian dioleskan pada batang

pengaduk. Kaca FTO yang telah diuji konduktivitasnya disiapkan dengan menempelkan selotip pada bagian kiri dan kanan permukaan kaca sehingga hanya tersisa bagian tengah yang merupakan area konduktif. Pasta NdFeO_3 kemudian dilapiskan pada area tengah menggunakan metode doctor blade dengan cara menggeser batang pengaduk secara merata di atas permukaan kaca. Setelah proses pelapisan selesai, kaca FTO dibiarkan mengering di ruang asam hingga lapisan pasta mengering sempurna. Selotip pada kedua sisi kemudian dilepas, dan kaca FTO dipanaskan menggunakan hotplate untuk membantu proses pengikatan lapisan pasta. Kaca FTO yang telah dilapisi NdFeO_3 selanjutnya siap untuk dilakukan pengujian fotovoltaiik.

Karakterisasi Fotovoltaiik NdFeO_3 Menggunakan Solar Simulator (Warisman dan Kusumawardani, 2018)

Karakterisasi menggunakan Fotovoltaiik bertujuan untuk mengetahui efisiensi konversi sel surya yang ditentukan berdasarkan kurva rapat arus-votase. Pengukuran dilakukan dengan mendeposisi lapisan TbFeO_3 pada substrat FTO, menggunakan solar simulator (AM 1.5G, 100 mW/cm^2).