

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber energi pada sebagian besar negara baik negara maju ataupun berkembang yaitu berbahan bakar fosil (Martins dkk., 2019). Sumber bahan bakar fosil tersebut antara lain batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang menjadi sumber energi utama dalam produksi energi (Depren dkk., 2022). Dengan banyaknya konsumsi energi fosil yang terus meningkat menyebabkan menipisnya bahan bakar fosil yang merupakan sumber energi tak terbarukan (Ma'arief & Susanto, 2022). Selain itu, konsumsi energi tersebut berdampak pada perubahan iklim dengan menyumbang sekitar 60% emisi gas rumah kaca dan diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas perekonomian (Sugiawan & Managi, 2019). Sehingga, dibutuhkan energi bersih dan terbarukan untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Fuel cell merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, karena *fuel cell* memanfaatkan energi bersih. *Fuel cell* merupakan suatu perangkat elektrokimia yang artinya mengubah energi kimia menjadi energi listrik (Zuo dkk., 2024). Salah satu bahan bakar yang dapat digunakan *fuel cell* yaitu dengan memanfaatkan energi baru terbarukan hidrogen yang tidak menimbulkan polusi (Wang dkk., 2024). Hidrogen merupakan sumber energi alternatif yang berpotensi menggantikan gas alam, karena sifatnya yang bebas polusi, nilai kalor pembakaran yang tinggi, dan melimpah (Lu dkk., 2019).

Namun terdapat kendala pada hidrogen yaitu produksinya terbatas dan biayanya yang tinggi (Nazir dkk., 2021). Hidrogen secara alamiah berikatan dengan dengan unsur lain, seperti membentuk molekul air atau dalam bentuk asam dan basa (Arifin dkk., 2021). Air dapat dipisahkan untuk menghasilkan hidrogen murni metode tersebut *Photoelectrochemical Water Splitting* (PEC-WS). Metode PEC-WS memanfaatkan cahaya matahari dengan bantuan aliran listrik dari luar yang terhubung pada semikonduktor untuk *pemisahan* air sehingga menghasilkan hidrogen dan oksigen (Cheng dkk., 2021). Dalam PEC-WS fotoanoda dianggap penting agar dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi matahari dalam proses pemisahan air (Jian dkk., 2018). Fotoanoda yang dibutuhkan harus memiliki

sifat yang ramah lingkungan, biaya produksinya murah, memiliki stabilitas dan kimia yang baik. Semikonduktor ZnO merupakan salah satu material yang memenuhi kriteria untuk dijadikan fotoanoda. Namun, ZnO memiliki celah pita energi yang cukup lebar sekitar 3,2 - 3,46 eV (Özgür dkk., 2005). ZnO merupakan semikonduktor tunggal pada pemisahan air menyebabkan elektron dan *hole* hasil *photoexcitation* akan mudah rekombinasi. Rekombinasi merupakan proses ketika elektron yang tereksitasi oleh cahaya dan berada pada pita energi yang lebih tinggi, kembali ke pita energi asalnya untuk berikatan dengan *hole*. Sehingga, perlu dilakukan pengembangan agar material ZnO memiliki performa yang lebih baik.

Telah dilakukan penelitian dengan memodifikasi ZnO untuk meningkatkan kemampuan PEC-WS dengan menambahkan carbon dots, dimana carbon dots memiliki sifat dapat menyerap cahaya sehingga dapat meningkatkan efisiensi semikonduktor. Carbon dots memiliki sifat yang baik, memiliki pendaran yang tinggi, tidak toksik, sehingga dapat digunakan dalam banyak hal, salah satunya sebagai fotokatalis (Liu dkk., 2017). Doiphode et al. telah melakukan penelitian menggunakan CDs pada ZnO *nanorods* (NR). ZnO NR disintesis menggunakan metode *electrochemical deposition* pada suhu 75°C dengan potensial 1.3 V selama 15 detik dan 1 V selama 1800 detik. Sintesis CDs menggunakan *cadmium nitrat* dan *thioacetamide* yang ditumbuhkan diatas ZnO NR menggunakan metode *chemical bath deposition* pada suhu 75°C dengan waktu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Hasil yang didapatkan penambahan CDs selama 40 menit mencapai densitas arus foton maksimum sebesar 4.9 mA/cm² dan efisiensi konversi foton ke arus sebesar 3.02% lebih tinggi dibandingkan ZnO murni yang hanya 0.23% (Doiphode dkk., 2024). Penelitian ZnO NR selanjutnya yaitu menggunakan metode hidrotermal, sebelum dilakukan metode hidrotermal dilakukan pembenihan menggunakan metode *spin coating* pada kecepatan 3000 rpm selama 25 detik sebanyak 3 kali. Kemudian, dilanjutkan dengan metode hidrotermal pada suhu 95°C selama 5 jam. Sintesis CDs menggunakan precursor *cadmium nitrate tetrahydrate*, *thiourea*, dan *L-glutathione reduced*, kemudian ZnO dimasukkan ke dalam autoklav dan di hidrotermal pada suhu 200°C selama 3 jam. Hasil yang didapatkan penambahan CDs dapat meningkatkan performa PEC-WS pada ZnO murni arus yang didapatkan hanya sebesar 0.03 mA/cm², setelah penambahan CDs bertambah

hingga 2.5 mA/cm^2 . Band gap yang didapatkan pada ZnO murni yaitu 3.2 eV dan setelah ditambahkan menjadi 2.38 eV (Yann dkk., 2024).

Dalam sintesis semikonduktor untuk fotoanoda dapat menggunakan berbagai metode seperti hidrotermal, *chemical bath deposition*, *spray pyrolysis*, dan lain-lain. Metode hidrotermal yang mana memiliki keunggulan yaitu dapat menghasilkan fotoanoda berkualitas tinggi dengan cara yang sederhana dan murah dimana suhu dan waktu sintesis yang dapat divariasikan (Holi dkk., 2016).

Berdasarkan beberapa literatur tersebut, penulis tertarik untuk mengembangkan ZnO NR menjadi ZnO *Nanopencils* (ZnO NPc) dengan menambahkan CDs untuk meningkatkan performa ZnO NPc pada aplikasi PEC-WS. Dalam penelitian ini pada sintesis CDs menggunakan 3 jenis alga yang berbeda. Dalam bioteknologi kelautan alga menjadi salah satu organisme laut yang diteliti sebagai carbon dots (Kim dkk., 2020). Penggunaan alga sebagai sumber karbon yang berkelanjutan memberikan solusi inovatif dan ramah lingkungan untuk mengatasi pertumbuhan alga yang berlebihan (Zhang dkk., 2019).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan diatas, diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana morfologi dari material ZnO *Nanopencils*?
2. Bagaimana sifat optik material ZnO *Nanopencils*, carbon dots (CDs) berbasis alga, dan ZnO NPc setelah dilakukan penambahan carbon dots?
3. Bagaimana performa PEC *Water Splitting* pada material ZnO *Nanopencils* setelah dilakukan penambahan carbon dots (CDs) berbasis alga?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini memiliki tujuan, antara lain:

1. Memperoleh gambaran mengenai morfologi dari ZnO *Nanopencils*.
2. Memperoleh gambaran mengenai sifat optik material ZnO *Nanopencils*, carbon dots (CDs) berbasis alga dan pengaruh penambahan carbon dots (CDs) terhadap sifat optik material ZnO *Nanopencils*.

3. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh penambahan carbon dots (CDs) berbasis alga terhadap performa PEC *Water Splitting* pada material ZnO *Nanopencils*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi beberapa aspek penting. Morfologi material ZnO *Nanopencils* dapat dianalisis dengan gambaran hasil karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengamati ukuran dan bentuk partikel. Sifat optik material ZnO *Nanopencils*, carbon dots (CDs), dan ZnO *Nanopencils* yang telah dideposisi oleh carbon dots (CDs) diperoleh dengan melihat gambaran hasil karakterisasi dari absorbansi dan reflektansi, serta pada material carbon dots melalui hasil karakterisasi *photoluminescence* (PL). Performa *photoelectrochemical* (PEC) material ZnO NPC dan ZnO NPC CDs dianalisis melalui pengukuran fotoelektrokimia, yang mencakup *linear sweep voltammetry* (LSV), *photostability*, *applied bias photon-to-current efficiency* (ABPE), *electrochemical active surface areas* (ECSA), *Cyclic Voltammetry* (CV), dan *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan yang memberikan informasi mengenai pengaruh carbon dots berbasis alga terhadap kinerja fotoanoda zink oksida pada PEC-WS, sebagai salah satu cara untuk meningkatkan kinerja zink oksida dan mengetahui sifat fisika kimianya.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini terdiri dari lima BAB yang terbagi beberapa sub-bab pada setiap BAB-nya. BAB I Pendahuluan yang memaparkan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. BAB II Kajian Pustaka yang membahas mengenai landasan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian. BAB III Metode penelitian yang membahas mengenai waktu dan lokasi penelitian, prosedur penelitian yang meliputi

alat, bahan, proses sintesis, karakterisasi, dan pengujian. BAB IV Hasil dan pembahasan yang berisi mengenai hasil dari seluruh data penelitian dan analisisnya. BAB V Simpulan yang menyimpulkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, serta saran atau rekomendasi mengenai penelitian yang dapat dilakukan selanjutnya.