

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emisi karbon yang terus meningkat akibat penggunaan energi fosil yang secara masif digunakan oleh dunia, membawa dampak buruk bagi lingkungan. Hidrogen muncul sebagai energi terbarukan dan ramah lingkungan yang berperan dalam mewujudkan dekarbonisasi global. Namun, proses produksi hidrogen yang banyak digunakan saat ini seperti *steam methane reforming* dan *coal gassification*, masih menghasilkan emisi karbon (Maka dan Mehmood., 2024). *Photoelectrochemical* (PEC) *water-splitting* menjadi teknologi ramah lingkungan yang mampu menghasilkan hidrogen tanpa menghasilkan emisi gas buang dalam proses produksinya. Teknologi ini membutuhkan fotoelektroda dalam larutan elektrolit yang berperan dalam membentuk arus foto dengan menyerap cahaya untuk memecah molekul air menjadi oksigen dan hidrogen (Tan dkk., 2023). Semakin banyak arus foto yang terbentuk, semakin tinggi produksi hidrogen (Jha dkk., 2024).

Fotoelektroda dalam teknologi PEC, terbuat dari lapisan semikonduktor yang memiliki celah pita energi lebih besar dari potensial pemecahan molekul air sebesar 1,23 V (Qiu dkk., 2019). TiO_2 memiliki celah pita energi pada kisaran 2,96 eV - 3,2 eV yang memenuhi batas minimal potensial pemecahan molekul air menjadi oksigen dan hidrogen. Material semikonduktor tipe-n seperti TiO_2 , dijadikan sebagai fotoelektroda jenis fotoanoda pada teknologi PEC. TiO_2 digunakan pada banyak aplikasi PEC *water-splitting* karena sifatnya yang tahan korosi dalam elektrolit dan stabil terhadap paparan cahaya (Adedokun dkk., 2024). Beberapa kelebihan lainnya yaitu, TiO_2 memiliki stabilitas kimia yang tinggi, tidak beracun, dan tersedia cukup melimpah di alam (Maurya dkk., 2023; Tan dkk., 2023). Adapun TiO_2 memiliki kekurangan berupa jarak tempuh mobilitas muatan eksitasi yang sangat pendek sehingga rawan mengalami rekombinasi (Gardecka dkk., 2018).

Modifikasi nanostruktur pada fotoelektroda akan mendukung pembentukan arus foto. Dibandingkan dengan morfologi lain seperti nanospheris dan nanosheet, morfologi nanorod memiliki kemampuan dalam mendukung mobilitas muatan yang cepat karena memiliki bentuk satu dimensi searah yang memudahkan muatan untuk bergerak sehingga mencegah rekombinasi (Hernandez dkk., 2015; Li dkk., 2022). Morfologi ini juga memiliki rasio luas permukaan yang besar terhadap volume yang mampu mengurangi jarak tempuh mobilitas muatan (Giasari dkk., 2023). Selain itu, morfologi nanorod memiliki daerah penangkapan cahaya yang baik dalam meningkatkan penyerapan cahaya untuk membentuk arus foto (Li dkk., 2022). Metode hidrotermal adalah metode yang mampu membentuk morfologi nanorod yang terkontrol melalui parameter-parameter proses hidrotermal meliputi, molaritas prekursor, molaritas pelarut, serta temperatur dan durasi hidrotermal (Adedokun dkk., 2024; Feng dan Yam, 2023; Maurya dkk., 2023).

Beberapa penelitian mengenai penumbuhan lapisan TiO_2 nanorod sebagai fotoanoda pada aplikasi PEC *water-splitting* menggunakan metode hidrotermal menyebutkan bahwa morfologi nanorod yang tersusun seragam vertikal yang cukup rapat didapatkan oleh penggunaan rasio volume yang seimbang pada pelarut yang terdiri dari air dan *hydrochloric acid* (HCl), dengan molaritas prekursor yang digunakan sebanyak 0,016 M hingga 0,0196 M (An dkk., 2018; Maurya dkk., 2023; Zhao dkk., 2012). Pada penelitian oleh Maurya dkk., 2023 tersebut, didapatkan kemampuan pembentukan arus foto terbaik sebesar $496 \mu\text{A}.\text{cm}^{-2}$, akan tetapi masih terdapat aglomerasi pada bagian bawah bulir morfologi nanorod dengan durasi dan suhu hidrotermal yang digunakan yaitu 12 jam dan 150°C (Maurya dkk., 2023). Pada penelitian oleh An dkk., 2018, didapatkan lapisan TiO_2 nanorod dengan aglomerasi bulir yang lebih sedikit dan diperoleh kemampuan pembentukan arus foto dengan nilai yang lebih tinggi yaitu sebesar $1200 \mu\text{A}.\text{cm}^{-2}$. Pada penelitian tersebut digunakan suhu hidrotermal yang sama dengan penelitian oleh Maurya dkk., 2023, yaitu sebesar 150°C dengan durasi hidrotermal yang lebih singkat selama 4 jam (An dkk., 2018). Dengan demikian, arus foto yang lebih baik dapat diperoleh pada morfologi nanorod seragam vertikal yang minim aglomerasi.

Melalui variasi parameter durasi proses hidrotermal, orientasi penumbuhan bulir morfologi dapat dikontrol (Feng dan Yam 2023; Prathan dkk., 2020).

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan lapisan TiO_2 nanorod sebagai fotoanoda dengan menganalisis pengaruh durasi proses hidrotermal terhadap performa PEC *water-splitting*.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah penumbuhan lapisan TiO_2 nanorod pada pengembangan lapisan TiO_2 nanorod sebagai fotoanoda untuk aplikasi PEC *water-splitting*. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan dalam optimasi penumbuhan material TiO_2 , serta mendukung pengembangan material fungsional berbasis energi terbarukan.