

Pengembangan Sel Foelektrokimia Tandem Dyes Sensitized Solar Cell (DSSC) untuk Reaksi Simultan Evolusi Hidrogen dan Degradasi Zat Organik dalam Salty Water = Development of Photoelectrochemical Cell Tandem Dyes Sensitized Solar Cell (DSSC) for Simultaneous Reaction of Hydrogen Evolution and Degradation of Organic Substance in Salty Water

Sherly Kasuma Warda Ningsih, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920529321&lokasi=lokal>

Abstrak

Penggunaan energi matahari untuk produksi hidrogen dari air dapat menjadi alternatif yang potensial untuk mengatasi masalah keberlanjutan pasokan energi dan pengurangan pencemaran lingkungan. Sistem tandem dyes sensitized solar cell-photoelectrocatalytic (DSSC-PEC) berpotensi dikembangkan menjadi salah satu perangkat pemanen sinar matahari untuk produksi hidrogen (Solar to hydrogen). Dalam sistem tandem tersebut bagian PEC sebagai tempat terjadinya reaksi pemecahan air, sedangkan bagian DSSC berfungsi sebagai salah satu penyedia tegangan insitu dan elektron aktif bagi sel PEC. Material TiO₂ nanotube arrays (TNAs) merupakan material satu dimensi (1D) yang memiliki sifat fotokatalitik yang superior dan luas permukaan spesifik yang besar, serta channel 1D yang kondusif dalam transpor muatan. TNAs telah dipreparasi menggunakan metode two step anodization dengan meningkatkan potensial anodisasi tahap dua pada potensial sedang. Plat Ti digunakan sebagai working electrode dan stainless steel digunakan sebagai counter electrode. Elektrolit yang digunakan adalah etilen glikol yang mengandung 0,3% w/w NH₄F dan 2% v/v H₂O. Hasil anodisasi tahap satu dihilangkan dengan sonikasi dalam air distilasi selama 20 menit dan plat ini berperan sebagai template untuk anodisasi tahap dua. Hasil anodisasi yang diperoleh pada tahap dua dikalsinasi pada suhu 450° C selama 2 jam untuk merubah fasa amorf menjadi fasa kristalin. Band gap energy dari TNAs yang dipreparasi dengan metode two step yakni sekitar 3,07-3,31 eV. Morfologi permukaan TNAs yang dihasilkan berbentuk heksagonal (honey comb). Peningkatan potensial anodisasi pada tahap dua menghasilkan TNAs yang highly order dengan durasi pembentukan yang relatif lebih singkat dengan nilai regularity ratio (RR) optimum 0,92. Agar lebih responsif terhadap sinar tampak, TNAs dimodifikasi dengan BiOI (bismuth oxyiodide) dengan metode Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction (SILAR) dengan bantuan ultrasonikasi dan pemanasan menggunakan pelarut air distilasi dan pelarut sorbitol. BiOI/TNAs hasil modifikasi responsif terhadap sinar tampak pada rentang 450-580 nm (redshift) dengan nilai band gap sekitar 1,90 eV-2,32. Morfologi permukaan BiOI/TNA yang dihasilkan yakni bentuk nanoplate, nanoflake, dan nanosheet dengan orientasi tegak lurus pada matriks TiO₂ nanotubes. Modifikasi BiOI pada TNAs tidak mengubah fasa kristal anatase. Fotoanoda Graphene Oxide (GO)/TNAs dan reduced-Graphene Oxide (rGO)/TNAs dipreparasi menggunakan teknik drop casting dan teknik deposisi Cyclic Voltammetry (CV), berturut-turut. Modifikasi TNAs dengan material GO ini berhasil menggeser serapan pada sinar tampak (430 nm). Material GO atau rGO/TNAs ini dimodifikasi dengan BiOI untuk mendapatkan fotoanoda ternary yang memiliki respon fotoelektrokimia yang lebih tinggi. BiOI/TNAs dan ternary BiOI/GO/TNAs digunakan sebagai fotoanoda pada zona PEC. Sementara itu, pada bagian katoda PEC digunakan TNAs yang dimodifikasi dengan Pt yang dipreparasi dengan metode fotoreduksi, sebagai zona katalis untuk pembentukan hidrogen. Pengembangan bagian DSSC digunakan fotoanoda

TNAs yang disensitasi dengan N719 dyes dan bagian katodanya digunakan kaca Fluorine-doped Tin Oxide (FTO) yang dilapisi dengan Pt. Efisiensi DSSC N719 dyes/TNAs optimum yang didapat sekitar 5,23%. Perangkat DSSC dan PEC ini diaplikasikan untuk produksi hidrogen menghasilkan persen solar to hydrogen (STH) sekitar 2,56%. Saat diaplikasikan untuk produksi hidrogen dan degradasi fenol secara simultan dengan persen solar to hydrogen (STH) turun menjadi 1,34%, namun mampu mendegradasi fenol hingga 73,74%. Dari hasil studi ini menunjukkan bahwa sistem DSSC-PEC dengan fotoanoda bagian PEC berupa BiOI/TNAs atau BiOI/rGO/TNAs memiliki potensi yang menjanjikan secara simultan untuk produksi hidrogen dan degradasi zat organik dalam air berkadar garam tinggi.

.....The solar energy utilization for hydrogen production from water can be a potential alternative to address the problem of sustainability of energy supply and reduction of environmental pollution. The tandem dyes-sensitized solar cell-photoelectrocatalytic (DSSC-PEC) system can potentially be developed into one of the solar harvesting devices for hydrogen production (Solar to hydrogen). In this tandem system, the PEC compartment acts as a site for the water-splitting reaction, while the DSSC part provides insitu voltage and active electrons for the PEC cell. TiO₂ nanotube arrays (TNAs) are one-dimensional (1D) with a superior photocatalytic high surface area and one dimension channel conducive to charge transport. TNAs have been prepared using a two-step anodization method by increasing the second-step voltages at moderate voltage. The Ti foil and stainless steel were used as the working and counter electrodes, respectively. The ethylene glycol containing 0.3% w/w of NH₄F and 2% v/v H₂O was used as the electrolyte. The first anodization result was removed by the ultrasonication process in the distilled water for 20 min, and this foil acted as the template for the second step of anodization. The second anodization product was calcined at 450° C for 2 h to convert the amorphous phase into a crystalline phase. Increasing the second step potential for producing TNAs with a highly ordered structure can improve the PEC properties. The band gap energy of TNAs prepared with the two-step anodization method was 3.07-3.31 eV. The surface morphology of TNAs prepared by the two-step anodization method was hexagonal (honeycomb). The increasing voltage in the second anodization step reveals TNAs with high order and short-duration of TNAs production with a regularity ratio (RR) was 0.92. In order to extend absorption in the visible range, TNAs were modified with BiOI (bismuth oxy iodide) by Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction (SILAR) with ultrasonication and heat-assisted by using deionized water and sorbitol solvent. Modified BiOI/TNAs were responsive to visible light in the 450-580 nm (redshift) range, with a band gap energy of 1.90 - 2.32 eV. The BiOI/TNAs morphology was nanoplate, nanoflake, and nanosheet perpendicular to TiO₂ nanotube matrices. The modification of BiOI on TNAs did not change the anatase crystal phase. The photoanode of Graphene oxide (GO)/TNAs and reduced-Graphene Oxide (rGO)/TNAs were prepared by Drop Casting and Cyclic Voltammetry (CV) deposition, respectively. The TNAs were modified with GO material and succeeded in shifting the absorption in visible light (430 nm). The GO/TNAs and the rGO/TNAs were modified with BiOI to produce a ternary photoanode with a higher photoelectrochemical response. The BiOI/TNAs and BiOI/GO/TNAs ternaries were used as photoanodes in the PEC zone. Meanwhile, at the PEC cathode, TNAs modified with Pt prepared by the photoreduction method were used as catalyst zone for the hydrogen formation. The development of DSSC using TNAs photoanode that were sensitized with N719 dyes and for the cathode used Fluorine-doped Tin Oxide (FTO) glass modified with Pt. The optimum efficiency of DSSC was 5.23%. The DSSC and PEC devices were applied for hydrogen production to produce solar to hydrogen (STH) of around 2.56 %. When applied to hydrogen production and phenol degradation simultaneously, the percentage of solar to hydrogen (STH) decreased to 1.34% but degraded phenol up to 73.74%. The results of

this study reveal that the DSSC-PEC system with PEC photoanodes in the form of BiOI/TNAs or BiOI/rGO/TNAs has a promising potential for simultaneous hydrogen production and degradation of organic substance in salty water.