

Pengembangan sel fotoelektrokimia menggunakan elektroda TiO₂ nanotube arrays tersensitasi CdS nanopartikel untuk produksi hidrogen = Development of photoelectrochemical cell using CdS nanoparticle sensitized TiO₂ nanotube arrays for hydrogen production

Hedi Surahman, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20454042&lokasi=lokal>

Abstrak

Hidrogen merupakan sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan yang sangat potensial untuk menggantikan bahan bakar fosil. Banyak metoda dapat digunakan untuk menghasilkan hidrogen. Pemecahan air secara fotoelektrokimia adalah salah satu metode yang sangat menjanjikan untuk mengkonversi sinar matahari menjadi energi kimia. Dalam penelitian ini, fotokatalis TiO₂ nanotube arrays TNTAs tersensitasi CdS nanopartikel diinvestigasi sebagai elektroda dalam sel surya quantum dot sensitized solar cell, QDSSC yang digabung dengan sistem sel fotoelektrokimia PEC dan digunakan sebagai strategi baru untuk produksi hidrogen melalui proses pemecahan air.

Dalam risalah laporan disertasi ini disampaikan hasil investigasi terhadap sintesis, karakterisasi, dan aktivitas fotoelektrokatalisis elektroda TiO₂ nanotube arrays TNTAs dan elektroda TNTAs tersensitasi CdS nanopartikel. Elektroda TNTAs disintesis dengan metode oksidasi elektrokimia plat titanium dalam larutan etilen glikol. Pengaruh konsentrasi elektrolit, potensial anodisasi, waktu anodisasi, jarak antar elektroda, dan suhu kalsinasi diinvestigasi dalam pekerjaan ini, dengan tujuan untuk memperoleh struktur tubular yang seragam dan rapat sehingga dapat meningkatkan sifat fotokatalitik material TiO₂. Sensitizer CdS nanopartikel dideposisikan pada permukaan TNTAs dengan metode succesive ionic layer adsorption and reaction SILAR yang dibantu dengan ultrasonikasi. Pengujian sistem sel gabungan QDSSC-PEC untuk produksi hidrogen dilakukan dengan memvariasikan kondisi percobaan yaitu variasi zona katalisis katoda, variasi konsentrasi hole scavenger dan variasi intensitas cahaya.

Hasil karakterisasi memperlihatkan diameter dalam TNTAs meningkat dari 15 nm sampai dengan 80 nm dengan meningkatnya potensial anodisasi dari 15 V sampai dengan 60 V. sementara panjang tabung meningkat dari 2 m menjadi 7,6 m dengan meningkatnya waktu anodisasi dari 15 menit sampai dengan 120 menit pada potensial anodisasi 40 V. Elektroda yang dipreparasi pada kondisi 40 V selama 45 menit dalam elektrolit etilen glikol yang mengandung 0,3 NH₄F dan 2 H₂O; jarak antar elektroda 1,5 cm; suhu kalsinasi 4500C memperlihatkan struktur tabung yang rapat dan seragam dan mempunyai aktivitas fotokatalisis terbaik dengan efisiensi fotokonversi sebesar 16 dibawah penyinaran sinar UV. Data XPS TNTAs yang disensitasi CdS nanopartikel memperlihatkan komposisi kimia dan chemical state fotokatalis sebagai struktur CdS/TiO₂.

Hasil pengukuran SEM elektroda CdS/TNTAs yang disintesis menggunakan metode SILAR-ultrasonikasi memperlihatkan CdS tersebar merata di permukaan mulut tabung, bagian dalam dan luar tabung. Dari hasil pengamatan TEM diperoleh ukuran CdS nanopartikel sebesar 6-10 nm. Kurva DRS memperlihatkan nilai band gap sekitar 2,28-2,32 eV yang mengindikasikan keberadaan partikel CdS pada elektroda CdS/TNTAs. Efisiensi fotokonversi CdS/TNTAs dibawah penyinaran sinar tampak sebesar 12,03, 5 kali lebih besar dibandingkan elektroda TNTAs murni. Hasil pengujian sistem sel gabungan QDSSC-PEC memperlihatkan pembentukan gelembung udara sebagai hidrogen pada katoda dan oksigen pada anoda.

Hasil pengukuran kromatografi gas menunjukkan munculnya puncak kromatogram gas hidrogen dan oksigen. Jumlah gas hidrogen yang dihasilkan sangat ditentukan oleh kondisi percobaan yang dilakukan. Kondisi percobaan optimum diperoleh dengan menggunakan katoda Pt/Ti, konsentrasi hole scavenger metanol 20 dan intensitas cahaya 160 mW/cm². Laju pembentukan gas hidrogen yang terbentuk pada kondisi optimum sebesar 13,44 L/men. Efisiensi energi sel untuk produksi hidrogen melalui proses pemecahan air sebesar 4,78. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sel QDSSC-PEC mempunyai potensi yang menjanjikan sebagai strategi baru dalam menghasilkan hidrogen melalui proses pemecahan air secara artificial fotosintesis.

.....

Solar hydrogen is a potential renewable energy source and environmentally friendly to replace fossil fuel. Many methods can be used to generate hydrogen. Photoelectrochemical water splitting is one of the most promising methods for convert of solar to chemical energy. In this study, CdS nanoparticles sensitized TiO₂ nanotube arrays CdS TNTAs was investigated for use as an electrodes in solar cell systems quantum dot sensitized solar cell, QDSSC which combined with photoelectrochemical cell QDSSC PEC and used as a new strategy for the production of hydrogen through water splitting process.

In this dissertation report, we investigated the results of synthesis, characterization and photoelectrochemical activity of TNTAs and CdS TNTAs electrodes. The effect of electrolyte concentration, anodization potential, anodization time, the distance between the electrodes, and the calcination temperature were investigated in this work, with the aim to obtain a high ordered nanotubular structure and have a good photocatalytic activity. The sensitizer of CdS nanoparticles was deposited on the TNTAs surface by successive ionic layer adsorption and reaction SILAR method assisted with ultrasonication technique. The testing of QDSSC PEC cells for hydrogen production is done by varying the experimental conditions that variations of catalysis zone cathode, variation of hole scavenger concentration and light intensity variations.

The characterization results showed that the pore diameter of TNTAs increase from 15 nm to 80 nm with increasing anodization potential from 15 to 60 V, while the tube length increase from 2 m to 7.6 m with increasing anodization time from 15 to 120 minutes at 40 V of anodization potential. The TNTAs electrode was prepared at 40V and 45 minutes in the electrolyte of ethylene glycol containing 0.3 NH₄F and 2 H₂O the distance between the electrodes of 1.5 cm calcinations temperature at 4500C shows a well ordered nanotubular structures with the inner tube diameter was about 80 nm, the tube length was about 5.7 m and have the best photocatalytic activity with the photoconversion efficiency of 16 under UV light illumination. The FE SEM results of CdS TNTAs electrode shows that CdS nanoparticles uniformly decorated on the top surface, inner wall and outer wall TNTAs without clogging at the nanotube mouth. The XPS spectra of CdS sensitized TNTAS electrode shows the chemical composition and chemical state as the CdS and TiO₂ structure. The TEM image of the CdS TNTAs shows that CdS nanoparticles were abundantly deposited inside the TNTAs and a crystalline CdS nanoparticles was grown on an anatase TiO₂ with particle size of 6 nm. The DRS curve shows the band gap value of about 2.28 to 2.32 eV, indicating the presence of CdS nanoparticles on the CdS TNTAs electrode. The energy photoconversion efficiency of CdS TNTAs was 12.03 under visible light illumination, which five times higher than that of a pure TNTAs electrode. The evaluating results of QDSSC PEC cell showed the formation of air bubbles as hydrogen gas at the cathode and oxygen gas at anode surface.

The measurement results of gas chromatography showed the chromatogram peaks of hydrogen and oxygen.

The amount of hydrogen gas produced is determined by the experimental conditions conducted. The optimum experimental conditions obtained using Pt Ti cathode, 20 of methanol concentration as hole scavenger and light intensity of 160 mW cm². The formation rate of hydrogen gas at optimum condition is 13.44 L men. The energy efficiency of cell for hydrogen production from water splitting process is 4.78. This results indicates that the QDSSC PEC cell have promising potential as a new strategy to generate hydrogen, which one may call an artificial photosynthetic water splitting process.