

FABRIKASI SEL SURYA TERSENSITASI ZAT WARNA ALIZARIN RED S BERBASIS TiO₂ - NANOTUBE BERBENTUK SERBUK YANG DIPEROLEH DARI TEKNIK RAPID BREAKDOWN ANODIZATION (RBA)

Linda J Kusumawardani¹ dan Jarnuzi Gunlazuardi²

¹Program Studi Kimia FMIPA Universitas Pakuan

²Departemen Kimia, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia.

Email : linda.wardani.lk@gmail.com

ABSTRACT

TiO₂ semiconductor is a material that can be expected to play an important role to solve the energy crisis problem through the utilization of solar energy based on photovoltaic devices. Dye sensitized Solar Cells (DSSC) is a cheaper alternative to silicon-based photovoltaic cells. In this study, TiO₂ nanotube powder is using for the DSSC fabrication process which is produced by Rapid Breakdown Anodization (RBA) technique. Alizarin red S is also used as a sensitizer and the counter electrode is prepared from a deposition of 5 mM H₂PtCl₆ solution as a Pt particle on a fluorine-doped tin oxide (FTO) glass substrate. TiO₂ / FTO in DSSC system characterized by FESEM, obtained TiO₂ film thickness about 1,6-1,7 μm and UV-Vis Spectrophotometer. Testing the efficiency value is measured by linear method Sweep Voltametry using potentiostat. The efficiency of converting light energy to electric current obtained is 2.63% and open circuit voltage is 361 mV.

Key words : DSSC, Rapid Breakdown Anodization (RBA), Anodization, TiO₂ , TiO₂ Nanotube-Powder

PENDAHULUAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Grätzel pada tahun 2003 telah diperkenalkan salah satu jenis *photovoltaic cell* yang selanjutnya lebih populer dikenal dengan istilah sel surya tersensitasi zat warna (*Dye Sensitized Solar Cell*, DSSC). Sejauh ini, telah banyak penelitian yang dilakukan untuk memperbaiki kinerja DSSC. Salah satunya adalah penelitian mengenai bentuk morfologi TiO₂. Nanostruktur satu dimensi TiO₂ dengan berbagai morfologi seperti *nanotube*, *nanorod*, dan *nanowire*. Dari hasil penelitian terhadap bentuk morfologi TiO₂ terutama dalam aplikasi DSSC. TiO₂ dengan bentuk *nanotube* memiliki keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan TiO₂ partikel. Fabrikasi morfologi nanotube TiO₂ saat ini telah banyak dilakukan dengan teknik anodisasi pada substrat logam Ti (plat) untuk selanjutnya dapat digunakan dalam aplikasi DSSC. Namun, teknik anodisasi pada plat Ti atau Fabrikasi Sel Surya Tersensitasi Zat Warna.....(Linda, dkk)

Ti foil pada aplikasi DSSC memiliki keterbatasan, yaitu logam Ti yang ada pada TiO₂ nanotube dapat mengakibatkan hubungan arus pendek pada perangkat. Selain hal tersebut, keberadaan Ti foil yang buram disalah satu sisi pada perangkat listrik optis DSSC memerlukan pencahayaan belakang (*Back Illumination*). Hal ini dapat mengurangi konversi cahaya menjadi arus listrik dikarenakan elektroda *counter* Pt pada sistem sebagian memantulkan cahaya. Selain itu, yodium dalam elektrolit menyerap foton pada area sinar UV. Oleh karena itu, untuk mengatasi keterbatasan hal tersebut maka sintesis TiO₂ nanotube dibuat dalam bentuk serbuk, yang selanjutnya dapat dilakukan *coating* pada substrat yang diinginkan.

J Kusumawardani, *et.al* (2016) telah melaporkan hasil sintesis TiO₂ *nanotube* serbuk dengan metode *Rapid Breakdown Anodization* (RBA). Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa titanium serbuk yang dihasilkan memiliki sifat dan karakteristik

optis yang baik dan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai material fotokatalisis maupun sebagai fotovoltaiik sel. Oleh karena itu, pada penelitian ini sumber serbuk titania yang digunakan dalam fabrikasi DSSC adalah hasil sintesis dari teknik RBA dengan mengacu teknik sintesis yang telah dilakukan tersebut, kemudian *Alizarin Red.S* merupakan zat warna digunakan sebagai *sensitizer*. Keberhasilan fabrikasi DSSC ini dilakukan dengan perhitungan terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan dari pengukuran tegangan *open circuit* (V_{oc}) dan arus yang dihasilkan (I_{sc}) menggunakan potensiostat dengan metode *Linier Sweep Voltametry*.

BAHAN DAN METODE

Plat Titanium dengan ketebalan 0,8 mm sebagai sumber pembuatan TiO_2 diperoleh dengan teknik RBA pada beda potensial 15 V. Pt Foil bertindak sebagai elektroda pendukung (CE), 0,15 M $HClO_4$ (p.a) sebagai larutan elektrolit. Proses sintesis dilakukan berdasarkan prosedur yang telah dilakukan oleh J Kusumawardani, et.al (2016). Plat Ti yang akan digunakan sebelumnya sudah dilakukan pengamplasan oleh kertas abrasif 400 cc dan 1500 cc dan dilakukan pencucian dengan Etanol, Aseton, Isopropil Alkohol, Akuades.

Material lainnya yang digunakan untuk fabrikasi DSSC adalah Kalium Iodida (KI), Iod (I_2), Zat warna *Alizarin Red S*, Asam Asetat 0,2 %, Triton X-100, Kawat Pt, H_2PtCl_6 , , Kaca FTO dengan hambatan jenis $< 11 \Omega/cm^2$.

Preparasi Elektroda Pendukung Platina

Kaca FTO dengan ukuran 2 x 1,5 cm dibersihkan dalam etanol dengan cara sonifikasi selama 2 jam. Setelah itu bagian penghantar dari kaca FTO dilapisi dengan 5 mM larutan H_2PtCl_6 dalam 2-propanol dengan cara diteteskan ke atas permukaan kaca. Selanjutnya kaca dibiarkan beberapa menit sampai kering kemudian dipanaskan pada suhu $450^\circ C$ selama 15 menit, kemudian dinginkan hingga suhu ruang.

Fabrikasi Perangkat DSSC

TiO_2 diimmobilisasi pada substrat kaca FTO dengan teknik *doctor blade*. Kemudian dilakukan penyerapan warna ke dalam lapisan titanium dioksida dengan perendaman dalam *dye* selama 16-20 jam. Setelah penyerapan zat warna ke dalam TiO_2 selesai. FTO/ TiO_2 /*Dye* dicuci dengan etanol, kemudian dikeringkan pada udara terbuka selama beberapa menit. Setelah kering FTO yang telah terlapisi TiO_2/ Dye diberi *spacer*. *Spacer* yang digunakan adalah *parafilm* untuk mencegah terjadinya kontak antara FTO dengan elektroda counter (Pt). *Spacer* dibentuk sama dengan ukuran kaca FTO yang pada bagian tengah dilubangi untuk FTO/ TiO_2 /*Dye* dengan ukuran 1 x 1 cm. Selanjutnya perakitan DSSC dalam bentuk *sandwich* dilakukan dengan : *Single cell* DSSC disusun menjadi struktur *sandwich* dengan menambahkan elektrolit I/I^{3-} , Sel ditutup dengan kaca konduktif FTO dan hasilnya dijepit dengan klip, Melakukan pengukuran kinerja sel dengan lampu halogen.

Karakterisasi

TiO_2 hasil immobilisasi pada substrat kaca dikarakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis DRS dan FESEM. Setelah dilakukan *coating* dengan zat warna, sistem dikarakterisasi kembali menggunakan Spektrofotometer UV-Vis DRS.

Selanjutnya, perangkat DSSC yang sudah difabrikasi diukur tegangan dan arusnya menggunakan potensiostat EDAQ untuk menghitung nilai efisiensinya, dengan cara menempatkan DSSC dalam kotak reaktor dengan sumber cahaya lampu halogen dengan daya 150 watt dengan pengaturan jarak antara system DSSC dengan lampu halogen sejauh 10 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

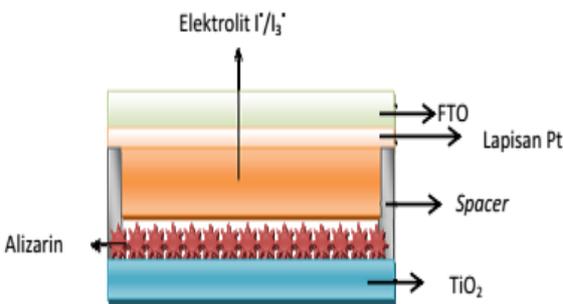
Karakterisasi FTO/ TiO_2 /Alizarin dengan Spektrofotometer UV-Vis DRS

DSSC yang disusun dalam bentuk *sandwich* dapat dilihat pada Gambar 1. DSSC yang telah diperoleh tersebut

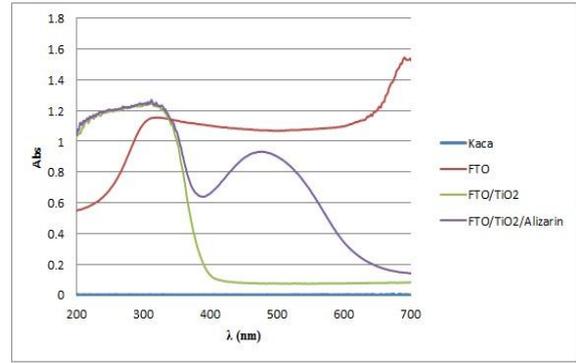
kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis DRS untuk membandingkan serapan yang diperoleh dari antara kaca non penghantar, kaca FTO, elektroda yang dibuat antara pasta TiO₂/FTO dan setelah dilakukan *coating* dengan zat warna (FTO/ TiO₂/Dye). Pengukuran ini dilakukan pada setiap tahapan pembuatan DSSC, baik, yaitu dimulai dari kaca FTO sebelum dilakukan pelapisan TiO₂, setelah dilakukan pelapisan dan setelah ditambahkan zat warna.

Dari hasil pengukuran pada Gambar 2 dilaporkan serapan pada kaca non penghantar, FTO, FTO/TiO₂ dan FTO/TiO₂/Dye terdapat perbedaan diantara ketiganya.

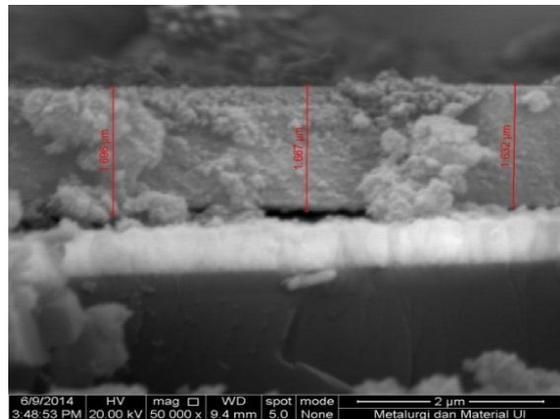
Hasil pembacaan serapan antara FTO/TiO₂/Alizarin Red S dapat dilihat pada Gambar 5. Terlihat perbedaan serapan yang terjadi antara FTO/TiO₂ dan FTO/TiO₂/Alizarin, dimana setelah proses *dip coating* dengan zat warna terbentuk serapan pada panjang gelombang 400-600 nm, hal ini menunjukkan adanya pergeseran panjang gelombang ke arah daerah sinar tampak (*red shift*) karena Alizarin Red S tersebut telah berikatan dengan TiO₂. Ikatan yang terjadi antara TiO₂ dengan Alizarin Red S adalah gugus hidroksilat pada Alizarin Red S akan berikatan dengan TiO₂.



Gambar 1. Susunan DSSC Disusun *Sandwich*



Gambar 2. Spektre UV-Vs DRS dari Kaca Non Penghantar, FTO, Elektroda Anodik TiO₂ dengan dan tanpa Zat Warna sebagai *Sensitizer*



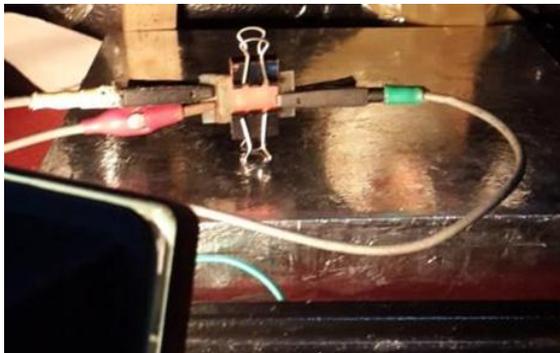
Gambar 3. Hasil Imobilisasi TiO₂ serbuk pada Substrat Kaca pada Perbesaran 50.000 X menggunakan FESEM

Sedangkan ketebalan lapisan film TiO₂ yang terimobilisasi pada substrat kaca FTO berkisar antara 1,603 – 1,784 μm, dapat dilihat pada Gambar 3.

Pengukuran Efisiensi DSSC

Efisiensi sel DSSC dapat dihitung dengan mengukur tegangan open circuit (Voc) dan arus yang dihasilkan (Isc). Pengukuran menggunakan potensiostat dilakukan dengan menghubungkan plug elektroda kerja ke bagian TCO/TiO₂/Dye, sedangkan plug lainnya dihubungkan pada elektrodapendukung pada DSSC. Kemudian sel DSSC dimasukkan ke ruang penyinaran yang didalamnya sudah terpasang lampu pijar

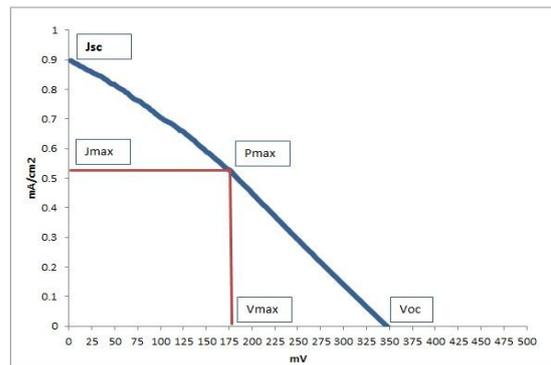
sebagai ganti cahaya matahari. Pengukuran dilakukan menggunakan teknik *Linear Sweep Voltammetry* (LSV). Pengukuran pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat potensiostat, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Pencahayaan Saat Pengukuran Arus dan Tegangan *Open Circuit*.

Berdasarkan hasil sintesis terhadap TiO_2 nanotube yang dilakukan, aplikasi sel DSSC dilakukan dengan pengukuran menggunakan teknik LSV pada potensiostat, didapatkan kurva arus (I) - tegangan (V) yang optimal seperti terlihat pada Gambar 4. Pengukuran DSSC juga dilakukan dengan pengukuran pada pencahayaan depan dan pencahayaan belakang.

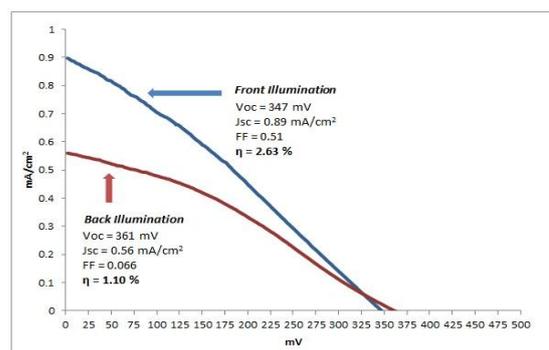
Gambar 5. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan efisiensi yang dihasilkan pada saat iluminasi dilakukan pada bagian depan/ *front*, yaitu cahaya mengenai TiO_2 terlebih dahulu dan pada bagian belakang/ *back*, yaitu saat cahaya dikenai pada elektroda Pt terlebih dahulu. Pada kondisi *short circuit*, arus maksimum atau arus short circuit (J_{sc}) dihasilkan. Sedangkan pada kondisi *open circuit* tidak ada arus yang dapat mengalir sehingga tegangannya maksimum, disebut tegangan *open-circuit* (V_{oc}). Titik pada kurva I-V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum (MPP = *Maximum Point Power* atau P_{max}).



Gambar 5. Kurva I-V sel DSSC dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen 150 Watt

Dari hasil pengukuran efisiensi DSSC menggunakan potensiostat diperoleh nilai efisiensi yang cukup baik, yaitu sebesar 2,63%, dengan nilai tegangan open circuit sebesar 361 mV pada luas area aktif sebesar 1 cm^2 dan intensitas lampu halogen sebesar $0,5999 \text{ mW/cm}^2$.

Hasil pengukuran yang berbeda juga ditunjukkan saat proses pecahhayaan dilakukan pada bagian depan dan belakang. Hal ini dilakukan untuk membandingkan perbedaan arah iluminasi, dapat disimpulkan bahwa pencahayaan depan memberikan nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pencahayaan belakang. Ringkasan Hasil Pengukuran Efisiensi DSSC dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 1.



Gambar 6. Kurva Perbandingan I-V sel DSSC Pada Posisi Pencahayaan yang Berbeda (Depan dan Belakang)

Hasil pengukuran yang berbeda juga ditunjukkan saat proses pecahhayaan dilakukan pada bagian depan dan belakang.

Hal ini dilakukan untuk membandingkan perbedaan arah iluminasi, dapat disimpulkan bahwa pencahayaan depan memberikan nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pencahayaan belakang. Ringkasan Hasil Pengukuran Efisiensi DSSC dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Efisiensi DSSC

| Kondisi Iluminasi | η |
|----------------------|--------|
| Pencahayaan Depan | 2,63 % |
| Pencahayaan Belakang | 1,10% |

SIMPULAN

Fabrikasi DSSC berbasis sampel TiO₂ *Nantube* berbentuk serbuk dan zat warna *Alizarin Red S* sebagai *sensitizer* telah berhasil dilakukan, dengan nilai efisiensi yang cukup baik yaitu sebesar 2,63% dengan tegangan open sirkuit (Voc) yang dihasilkan sebesar 361 mV. Selain itu, pada penelitian ini nilai efisiensi pada pencahayaan depan DSSC juga lebih tinggi dibandingkan pencahayaan belakang. Sehingga, Teknik *Rapid Breakdown Anodization* (RBA) merupakan alternatif teknik sintesis TiO₂ nanotube serbuk yang mudah, cepat dan sederhana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Jarnuzi Gunlazuardi yang telah memberikan supervisi selama penelitian berlangsung serta bantuan finansial untuk penelitian ini dari awal hingga akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Byranvand, M. Malekshahi., Bazargan, M. H., Kharat, A. Nemati. (2012). The Method For Preparing Anatase Titania Nanoparticles: Application to Flexible Dye Sensitized Solar Cells. Proceedings of the 4th International Conference on Nanostructures (ICNS4) 12-14 March, 2012, Kish Island, I.R. Iran

Chen, Peter., Brillet, Jeremie., Bala, Hari., Wang, Peng., Zakeeruddin Shaik M., Gratzel, Michael. (2009). Solid-state dye-sensitized solar cells using TiO₂ nanotube arrays on FTO glass. *Journal of Materials Chemistry* DOI: 10.1039/b905196a

Elsanousi, Ammar., Elamin, Nazar., Elhoury, Sawsan., Abdallah, Amel. (2013). Highly Ordered TiO₂ Nanotubes and Their Application to Dye Sensitized Solar Cells. *Journal of Applied and Industrial Sciences*, April, 2013, 1 (1): 39-42

Fahim, Narges F., Sekino, Tohru. (2011). Anodic TiO₂ nanotubes powder and its application in dye-sensitized solar cells. *J Nanopart Res* (2011) 13:6409–6418 DOI 10.1007/s11051-011-0393-0

Handoyo, Henry. (2013). Sel Surya Tersensitasi Zat Warna Berbasis TiO₂ yang Dimodifikasi Dalam Konfigurasi Tabung. Tesis Departemen Kimia-Universitas Indonesia.

J Kusumawardani., Tribidasari, Ivandini., Gunlazuardi, Jarnuzi. (2016). Studi Preparasi TiO₂ Nanotube Serbuk dengan Teknik Rapid Breakdown Anodization. *Ekologia*, Vol. 16 No.1, April 2016:1-10

Karlsson, Karl Martin. (2011). Design, Synthesis and Properties of Organic Sensitizers for Dye Sensitized Solar Cells. Doctoral Thesis- Royal Institute of Technology ISBN 978-91-7415-954-7

Kalyanasundaram, K (ed). (2010). Dye-sensitized solar cellss, fundamental sciences chemistry. EPFL Press. Swiss

- Purwanti, Asef. (2012). Studi Pembuatan TiO₂ nanotube dengan Teknik Anodisasi Pada Plat Titanium dan Aplikasinya untuk Sel Surya Tersensitasi Zat Warna (DSSC). Skripsi Departemen Kimia-Universitas Indonesia.
- Regonini,D., Bowen, C.R., Jaroenworaluc, A., Steven ,R. (2013). A review of growth mechanism, structure and crystallinity of anodized TiO₂ nanotubes. Article in Press. Materials Science and Engineering