

Pengaruh Ketebalan Elektroda Kerja TiO₂ Transparan terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) sebagai Aplikasi *Solar Window*

Nadya Aruma Dewi, Fahru Nurosyid*, Agus Supriyanto dan Risa Suryana

Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

*Email: nurosyid@yahoo.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.13057/ijap.v6i02.1362>

ABSTRACT

Dye-sensitized Solar Cells (DSSC) is photochemical cell comprising photoelektrode, dye, electrolyte and counter electrode. This article discusses the influence of electrode thickness to the electrical properties. The working electrode was deposited by screen printing methods. Screen is used T-49 type. TiO₂ deposited on the FTO with variation of the layers number to obtain thickness variation. The TiO₂ layer thickness is determined by Scanning Electron Microscopy (SEM), absorbance characterization by UV Visible Lambda 25 and characterization of current -voltage (*I-V*) used Measurement Keithley 2602A. The results showed thickness of TiO₂ electrode was $(1.5 \pm 0.2) \mu\text{m}$, $(2.9 \pm 0.5) \mu\text{m}$, $(3.5 \pm 0.6) \mu\text{m}$, and $(4.5 \pm 0.8) \mu\text{m}$. Maximum absorbance and highest efficiency value contained in thickness $(4.5 \pm 0.8) \mu\text{m}$. Highest efficiency value is 2.41%.

Keywords: Solar Cell, screen printing, TiO₂ transparent, thickness

ABSTRAK

Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) merupakan salah satu sel fotokimia yang terdiri dari fotoelektroda, pewarna, elektrolit dan elektroda lawan. Artikel ini membahas pengaruh ketebalan elektroda terhadap sifat listrik. Pembuatan elektroda kerja menggunakan metode *screen printing*. *Screen* yang digunakan adalah *type* T-49. TiO₂ dideposisi pada FTO dengan variasi jumlah lapisan untuk memperoleh variasi ketebalan. Ketebalan lapisan TiO₂ diukur dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), uji absorbansi menggunakan *spektrofotometer UV Visible Lambda 25* sedang uji karakterisasi arus - tegangan (*I-V*) menggunakan *Keithley Measurement 2602A*. Hasil uji menunjukkan ketebalan elektroda TiO₂ adalah $(1,5 \pm 0,2) \mu\text{m}$, $(2,9 \pm 0,5) \mu\text{m}$, $(3,5 \pm 0,6) \mu\text{m}$, dan $(4,5 \pm 0,8) \mu\text{m}$. Nilai absorbansi maksimum dan efisiensi tertinggi pada ketebalan $(4,5 \pm 0,8) \mu\text{m}$. Nilai efisiensi paling tinggi yaitu 2,41%.

Kata kunci: sel surya, *screen printing*, TiO₂ transparan, ketebalan

PENDAHULUAN

Sel surya merupakan piranti yang dapat merubah sinar matahari menjadi listrik dengan prinsip efek fotovoltaiik^[1]. Teknologi sel surya yang dikembangkan saat ini terdiri dari tiga generasi yaitu sel surya menggunakan bahan silikon dan kristal tunggal^[2], sel surya dengan teknologi lapisan tipis (*thin film*) berbahan semikonduktor organik^[3], dan sel surya organik berbasis *dye sensitized*^[2, 4, 5]. Struktur DSSC terdiri dari beberapa komponen antara lain: lapisan semikonduktor, zat pewarna (*dye*), elektrolit dan katalis. Lapisan semikonduktor

merupakan lapisan yang tersensitasi dengan *dye* yang bekerja sebagai katoda. DSSC tersusun dari dua elektroda yakni elektroda kerja dan elektroda lawan. Elektroda berperan sangat penting dalam DSSC. Elektroda kerja pada DSSC juga berfungsi sebagai tempat absorpsi *dye*.

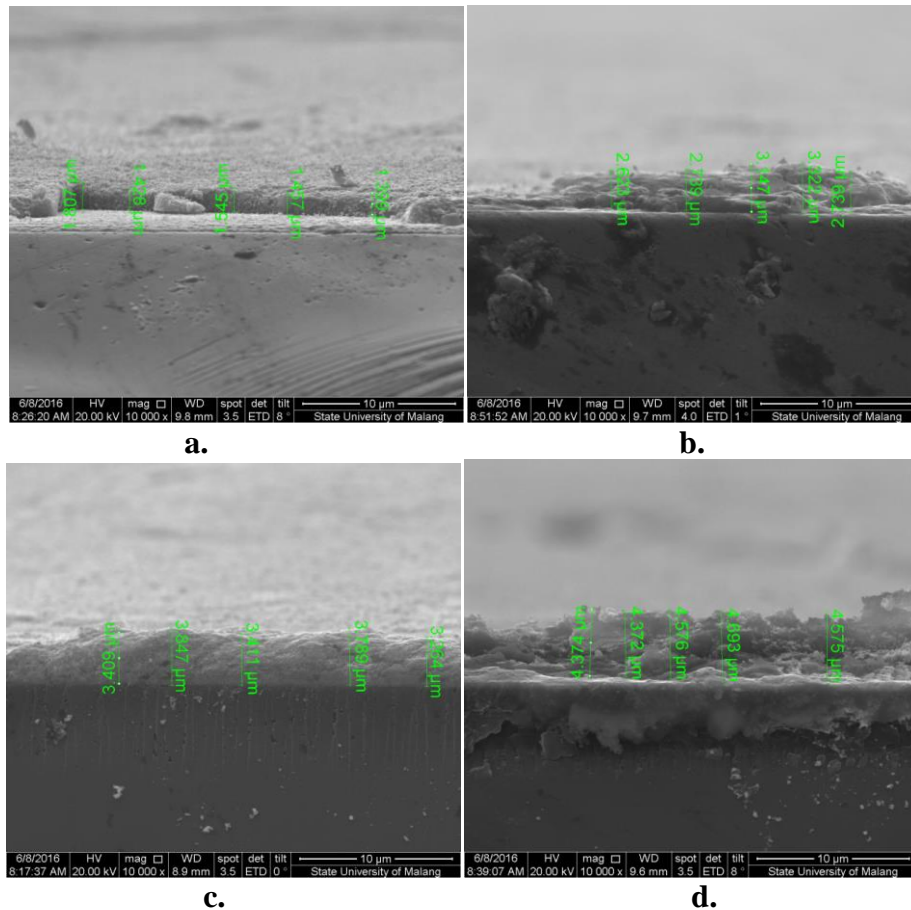
Salah satu aplikasi DSSC adalah sebagai solar window. Salah satu syarat solar window adalah transparan. Pada penelitian ini elektroda kerja yang digunakan adalah TiO₂ transparan. Ketrasparanan lapisan TiO₂ sangat dipengaruhi ketebalan lapisan elektroda. Ketebalan lapisan juga mempengaruhi absorpsi dan efisiensi DSSC. Lapisan TiO₂ transparan dapat menjadi penyebab naiknya nilai absorpsi yakni semakin tidak transparan lapisan maka nilai absorpsinya semakin besar^[8]. Pembuatan *solar window* harus memperhatikan tebal tipisnya lapisan elektroda kerja karena mempengaruhi efisiensi DSSC. Artikel ini mengkaji pengaruh variasi ketebalan lapisan TiO₂ transparan terhadap sifat optik dan efisiensi DSSC.

METODE

Substrat yang digunakan adalah kaca FTO merek *Dyesol* dengan resistansi 7 Ω/sq. Semikonduktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasta TiO₂ 18NR-T yang bersifat transparan. Pewarna yang digunakan adalah *Ruthenium complex* N719 merk *Dyesol*. Elektrolit yang digunakan adalah El-HPE dengan merk *Dyesol*. Deposisi TiO₂ ke substrat dilakukan dengan metode *screen printing*. Sebelumnya kaca FTO dibersihkan menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 10 menit. Deposisi elektroda kerja (TiO₂) menggunakan metode *screen printing*. *Screen* yang digunakan adalah tipe T-49^[10]. *Screen* T-49 adalah *screen* dengan 49 *mesh* tiap cm. Variasi ketebalan lapisan TiO₂ diperoleh dengan cara memvariasi jumlah lapisan saat deposisi TiO₂ di atas substrat Fluorine doped Tin Oxide (FTO). Ketebalan lapisan TiO₂ diukur ketebalannya menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Substrat FTO yang telah terdeposisi TiO₂, disintering dengan suhu 500°C selama 10 menit. Proses pewarnaan dilakukan dengan merendam lapisan TiO₂ ke dalam *dye Ruthenium* N719 selama 24 jam. Elektroda lawan dilapisi platina. Elektroda lawan disintering pada suhu 420°C selama 10 menit. Struktur *sandwich* DSSC tersusun atas elektroda kerja TiO₂ tersensitisasi *dye* dan elektroda lawan. Ruang antar elektroda diinjeksikan larutan elektrolit. Lapisan TiO₂ hasil deposisi kemudian diuji absorpsinya menggunakan *UV-Vis Spectrophotometer Lambda25*. Adapun untuk mengetahui sifat listrik, DSSC diuji dengan *I-V Keithley Measurement 2602A*.

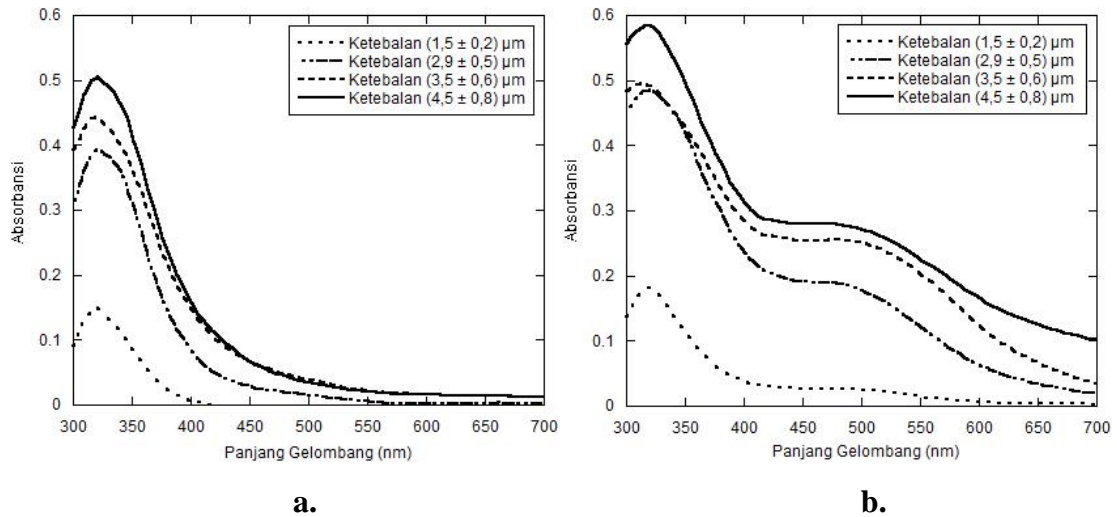
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lapisan TiO₂ yang telah dideposisi pada substrat diukur ketebalannya menggunakan SEM dengan melihat tampang lintang dari lapisan. Gambar 1 menunjukkan hasil pengujian ketebalan TiO₂. Ketebalan terbesar adalah ketebalan lapisan TiO₂ (4,5 ± 0,8) μm sedangkan ketebalan terendah adalah (1,5 ± 0,2) μm. FTO maka semakin besar nilai ketebalannya. TiO₂ yang terdeposisi pada substrat berfungsi Ketebalan lapisan dipengaruhi oleh volume lapisan atau banyaknya partikel TiO₂ yang terdeposisi pada substrat. Lapisan TiO₂ sebagai tempat penyerapan molekul *dye*. Ketebalan lapisan TiO₂ yang semakin meningkat menunjukkan semakin banyak partikel TiO₂ yang menempel dan menyebabkan semakin banyak molekul *dye* yang terdeposisi. Molekul *dye* yang terdeposisi pada substrat berfungsi sebagai *photosensitizer* yang dapat mengeksitasi elektron pada saat dikenai foton.

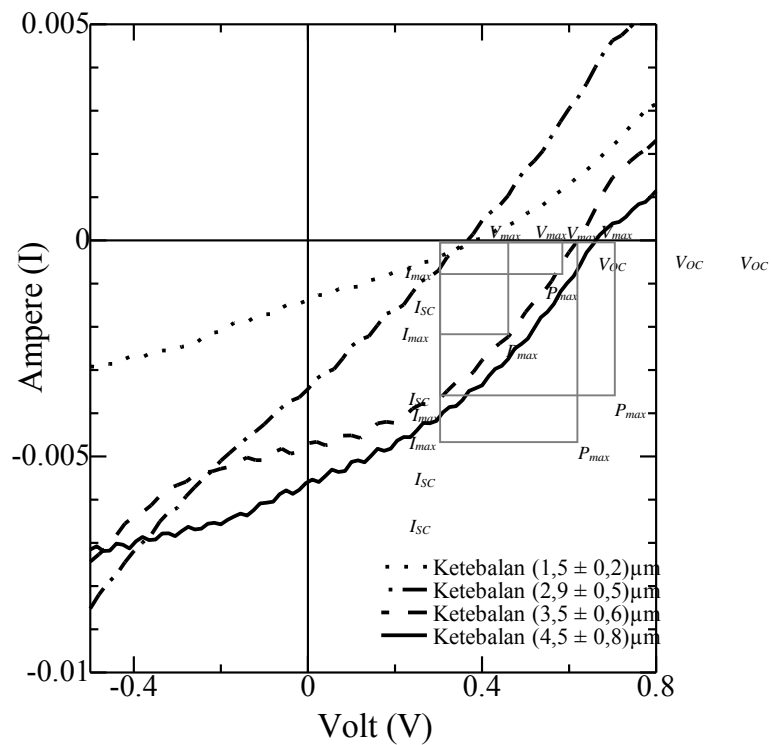


Gambar 1. (Colour Online) Hasil *Cross-section SEM* dengan lapisan TiO_2 transparan dengan ketebalan rata-rata (a) ketebalan $(1,5 \pm 0,2) \mu\text{m}$ (b) ketebalan $(2,9 \pm 0,5) \mu\text{m}$ (c) ketebalan $(3,5 \pm 0,6) \mu\text{m}$ dan (d) ketebalan $(4,5 \pm 0,8) \mu\text{m}$

Pengujian menggunakan alat *UV-Vis Spectrophotometre Lambda 25*. Rentang panjang gelombang yang digunakan dalam pengukuran spektrum absorbansi adalah 300-700 nm. Karakterisasi *UV-Vis* pada lapisan TiO_2 dilakukan sebelum ataupun setelah direndam *dye*. Gambar 2 menunjukkan semakin tebal lapisan TiO_2 baik sebelum maupun setelah direndam *dye* absorbansi semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan hukum *Lambert Beer* ^[11]. Faktor lain penyebab naiknya nilai absorbansi yakni semakin tidak transparan lapisan maka nilai absorbansinya semakin besar ^[8]. Pada Gambar 2b peningkatan serapan pada panjang gelombang 400nm-600nm. Rentang panjang gelombang menunjukkan absorbansi dari *Ruthenium Complex*. Hasil kurva 2b menunjukkan bahwa *dye ruthenium teradsorp* pada lapisan TiO_2 sesudah direndam.



Gambar 2. Kurva Absorbansi Lapisan TiO₂ 18NR-T (a) sebelum direndam *dye* (b) sesudah direndam *dye*



Gambar 3. Kurva Karakteristik Arus-Tegangan (*I-V*) DSSC dengan intensitas penyinaran 1000 W/m²

Sifat listrik DSSC dinyatakan dalam bentuk kurva *I-V* seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Pengukuran dilakukan dengan diberi penyinaran menggunakan lampu *Xenon* berintensitas cahaya 1000W/m². Luas area DSSC yang disinari yakni 1x10⁻⁴ m². Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan hasil karakterisasi *I-V* dari sel surya dengan variasi ketebalan lapisan TiO₂ yang berbeda. Grafik tersebut menunjukkan kondisi DSSC disinari. Pada kondisi inilah akan terjadi eksitasi elektron yang menimbulkan arus. Nilai efisiensi tertinggi yang diperoleh DSSC dengan variasi ketebalan lapisan disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Konversi Energi terhadap Variasi Ketebalan TiO₂ 18NR-T

Ketebalan Lapisan	I_{sc} (A)	V_{oc} (V)	I_{max} (A)	V_{max} (V)	Fill Factor	Eff %
(1,5 ± 0,2) µm	0,00188	0,26589	0,00122	0,26589	0,65303	0,32
(2,9 ± 0,5) µm	0,00215	0,35999	0,00312	0,24006	0,96764	0,74
(3,5 ± 0,6) µm	0,00652	0,66028	0,00461	0,42004	0,44949	1,93
(4,5 ± 0,8) µm	0,00662	0,68523	0,00578	0,42419	0,54034	2,41

Nilai efisiensi tertinggi diperoleh DSSC dengan ketebalan (4,5 ± 0,8) µm sebesar 2,41 % (Tabel 1). Hal tersebut dapat terjadi ketika lapisan TiO₂ semakin tebal maka semakin banyak *dye* yang menepel pada lapisan tersebut. Karena *dye* semakin banyak maka akan menyerap foton semakin banyak, dan dimungkinkan semakin tinggi terjadinya eksitasi elektron. Hal tersebut didukung hasil karakterisasi UV-Vis pada Gambar 2b. Semakin banyak terbentuk eksiton akan meningkatkan peluang terbentuknya arus dan meningkatkan efisiensi dssc.

KESIMPULAN

Pelapisan TiO₂ transparan sebagai elektroda kerja dssc telah berhasil dilakukan di atas substrat FTO dengan metode *screen printing*. Semakin tebal lapisan TiO₂ maka absorbansi semakin tinggi dan efisiensi semakin besar. Nilai efisiensi tertinggi diperoleh 2,41 % pada ketebalan lapisan TiO₂ terbesar yaitu (4,5 ± 0,8) µm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi dan Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Universitas Sebelas Maret atas pendanaan hibah penelitian PUPT. (Nomor Kontrak: 353/UN27.21/PN/2016).

REFERENSI

- 1 West Keld. (2003). *Solar Cell Beyond Silicon. Riso National Laboratory.*
- 2 Kim, D.S., Gabor, A.M., Yelundur, V., Upadhyaya, A.D., Meemongkolkiat, V., Rohatgi, A. (18 May 2003). "String ribbon silicon solar cells with 17.8% efficiency" (PDF). *Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 2003 2*: 1293–1296. ISBN 4-9901816-0-3.
- 3 Sutrisno. (2012). TEKNOLOGI SEL SURYA. http://www.len.co.id/len_web/artikel_detail/?1A%3D%3D . 17 Oktober 2015
- 4 Halme J. (2002). *Dye Sensitized Nanostructured and Organic Photovoltaic Cells: Technical Review And Preliminary Test. Master Thesis of Helsinki University of Technology.*
- 5 Gratzel M and O'Regan, M, (1991), A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye sensitized colloidal TiO₂ films, *Nature* 353,737-740 (24 Oktober 1991)
- 6 Fahyuan, H D., Samsidar, Farid, F., Heriyanti, Napitupulu, S., Pakpahan, S. (2015). Disain Prototipe Sel Surya DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) Lapisan Grafit/TiO₂ Berbasisb Dye Alami. *Prodi Fisika FST Universitas Jambi JoP, Vol. 1 NO. 1, November 2015: 5 - 11*
- 7 Hikmah, I., dan Prajitno, G. (2015). Pengaruh Penggunaan *Gel-Electrolyte* pada Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) berbasis TiO₂ Nanopartikel dengan Ekstrak Murbei (*Morus*) sebagai *Dye Sensitizer* pada Substrat Kaca ITO. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 4, No.1, (2015) 2337-3520*

- 8 Trimuda, G.E. dan Maddu A. (2010). Pengaruh Ketebalan terhadap Sifat Optik Lapisan Semikonduktor Cu_2O yang Dideposisikan dengan Metode Chemical Bath Deposition (CBD). *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH*, Volume 28.
- 9 Widiyandari, H., Purwanto, A., Hidayanto, E., Diharjo, K., Suyitno. (29-30 Nop 2012). Fabrikasi Gelas Transparan Konduktif FTO (Flourine-doped tin oxide) dan Aplikasinya pada sel surya berbasis dye (DSSC). *Prosiding InSINas, 2012. Nano Vol 5 No 6*, pp 5088-5093
- 10 Nurosyid, F., Furqoni, L., Suryana, R., Supriyanto, A. (2015). Effect of Screen Printing Type on Transparent TiO_2 layer as the Working Electrode of Dye sensitized Solar Cell (DSSC) for Solar Windows Applications. *International Conference and Exhibition Sustainable Energy and Advanced Material*.
- 11 Day, R.A., dan Underwood, A.L. (1999). Analisis Kimia Kuantitatif. Penerjemah: Pujaatmaka, A.H. Edisi ke V. Jakarta: Erlangga: hal. 393, 396-403
- 12 Prasada, Ashari Bayu., Hardani., Cari., Supriyanto, A. (2015). Studi Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* Menggunakan Ekstrak *Sansevieria Trifasciata* (Daun Lidah Mertua). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY, Yogyakarta 25 April 2015 ISSN : 0853-0823*