

# PENGARUH TEMPERATUR ANIL ELEKTRODA GRAFIT TERHADAP KARAKTERISTIK ARUS DAN TEGANGAN (I-V) DYE SENSITIZER SOLAR CELL (DSSC)

Boisandi<sup>1</sup>, Anita<sup>2</sup>, Nurussaniah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, IKIP PGRI Pontianak, Jalan Ampera No.88 Pontianak

<sup>1</sup>e-mail: bsandi2012@gmail.com

## Abstrak

Bubuk grafit dari pensil 2B dideposisi pada substrat *Fluorine doped tin oxide (FTO)* dengan metode *slip casting* menghasilkan lapisan FTO/Grafit. Lapisan FTO/ Grafit kemudian digunakan sebagai elektroda lawan dalam *dye sensitizer solar cell (DSSC)*. Penelitian mengamati pengaruh temperatur anil dari lapisan grafit terhadap karakteristik arus-tegangan (I-V) DSSC. Ditemukan bahwa konversi efisiensi fotolistrik ( $\eta$ ) DSSC meningkat sebanding dengan peningkatan temperatur anil lapisan grafit dan mencapai maksimum pada 400<sup>0</sup>C peningkatan lebih lanjut dapat menurunkan kinerja DSSC. Berdasarkan pengukuran menggunakan rangkaian (metode arus-tegangan) diperoleh karakteristik I-V DSSC berupa tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) sebesar 495 mV, rapat arus hubungan pendek ( $J_{sc}$ ) 16,8 $\mu$ A/cm<sup>2</sup>, FF sebesar 0,33 dan efisiensi ( $\eta$ ) sebesar 3,29  $\times 10^{-3}$ %.

**Kata Kunci:** *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*, Grafit, karakteristik arus-tegangan (I-V)

## Abstract

*Graphite powder from pencil 2B deposited on the substrate Fluorine-doped tin oxide (FTO) by the slip casting method produces FTO / Graphite. FTO/Graphite layer then used as the counter electrode in dye sensitizer solar cell (DSSC). The study looked at the effect of annealing temperature graphite layer against characteristics current-voltage (I-V) DSSC. It was found that the photoelectric conversion efficiency ( $\eta$ ) of DSSC increased in proportion with the increase in annealing temperature graphite layers and reaches a maximum at 400<sup>0</sup>C further improvement can degrade the performance of DSSC. By using of measurements (current-voltage method) is obtained in the the I-V characteristics of DSSC open circuit voltage ( $V_{oc}$ ) 495 mV, short current density ( $J_{sc}$ ) 16.8  $\mu$ A/cm<sup>2</sup>, FF of 0.33 and efficiency ( $\eta$ ) of 3.29  $\times 10^{-3}$ %.*

**Keywords:** *Dye sensitized Solar Cell (DSSC)*, *Graphite*, *current-voltage (I-V) characteristics*

## PENDAHULUAN

Energi tenaga surya adalah sebuah investasi menarik dan menguntungkan yang telah diusulkan paling mungkin sebagai pengganti untuk bahan bakar fosil di masa depan. Dewasa ini dominasi bidang *fotovoltaik* dengan perangkat *anorganik* sedang ditantang oleh munculnya generasi sel surya generasi ke-tiga yang disebut *dye sensitized solar cell (DSSC)*.

DSSC merupakan sel surya fotoelektrokimia yang mampu mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Komponen-komponen DSSC terdiri dari semikonduktor titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>), pewarna (*dye*), larutan elektrolit yang mengandung pasangan redoks iodide triiododa (I/I<sup>3-</sup>) dan elektroda lawan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja DSSC, diantaranya memperluas spektrum serapan *dye* dari ultraviolet hingga cahaya tampak, mempelajari struktur morfologi dan konduktivitas fotoelektroda

(Chao, dkk., 2010), penggunaan elektrolit berupa cair, gel dan padat (Anna, dkk., 2010) dan mengoptimalkan elektroda lawan.

Peran dari elektroda lawan dalam DSSC ada dua: pertama, transfer elektron dari sirkuit eksternal kembali ke sistem redoks (Narayan, 2012) dan kedua, mengkatalisis reaksi reduksi muatan mediator teroksidasi (Ting dan Chao, 2010). Elektroda platinum (*Pt*) telah menjadi bahan pilihan karena merupakan katalis yang sangat baik untuk reduksi triiodida, tetapi tidak diterapkan dalam jumlah besar karena biaya fabrikasi tinggi sehingga mendorong komunitas riset untuk mencari bahan alternatif (Calandra, dkk., 2010). Karbon (*C*) merupakan alternatif menarik menawarkan biaya lebih rendah, konduktivitas yang cukup, tahan panas, tahan terhadap korosi dan menunjukkan aktivitas elektrokatalitik untuk reduksi triiodida (Ting dan Chao, 2010). Selain itu, karbon dan campurannya dapat terhubung dengan substrat oksida pada suhu rendah sehingga memfasilitasi pembuatan elektroda skala besar yang memiliki prospek aplikasi menjanjikan (Chen, dkk., 2012).

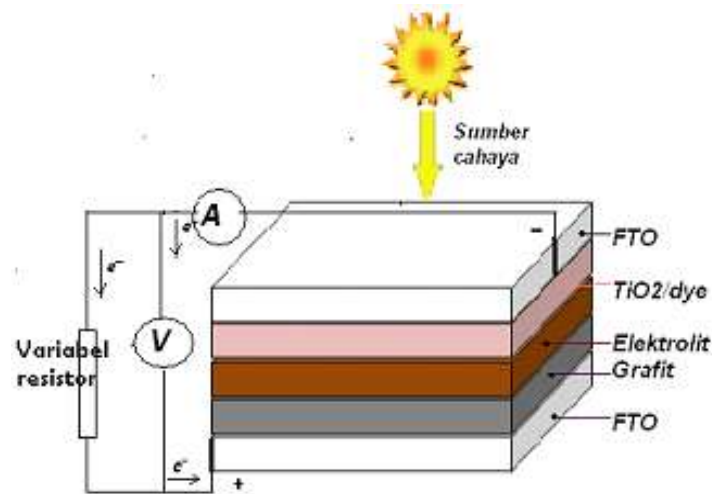
Berdasarkan uraian peran penting elektroda lawan dalam membangun efisiensi DSSC dan masih banyak ruang untuk pengembangan dan optimasi teknologi ini. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh temperatur anil elektroda lawan berbahan grafit terhadap karakteristik arus tegangan (*I-V*) DSSC yang meliputi rapat arus hubungan pendek ( $J_{sc}$ ), tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), dan efisiensi DSSC ( $\eta$ ).

## **METODE**

Penelitian menggunakan *dye beta-karoten* pabrikan dan  $TiO_2$  anatase yang diperoleh dari Aldrich.  $TiO_2$  dideposisi pada substrat *Fluorine doped tin oxide* (FTO) menggunakan metode *slipcasting* mengacu pada (Nuryadi, 2011) untuk dihasilkan lapisan  $TiO_2$  ketebalan 50  $\mu m$  dan luas 1×1 cm. *Hotplate* digunakan dalam proses aneling lapisan FTO/ $TiO_2$  pada 400°C selama 60 menit kemudian setelah dingin direndam dalam *dye beta-karoten* selama 24 jam untuk digunakan sebagai fotoelektroda DSSC. Metode *slip casting* juga digunakan untuk elektroda lawan yaitu, bubuk grafit 3,5 gram dicampur 15 ml etanol dan diperoleh lapisan grafit 1×1 cm kemudian dianeling pada suhu rung, 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C selama 60 menit.

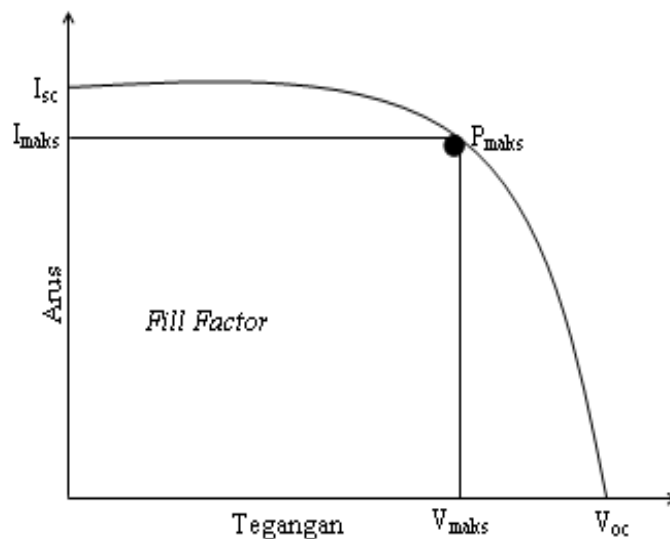
Perakitan DSSC menggunakan teknik *sandwich*, yaitu *dye* yang dideposisi pada lapisan FTO/ $TiO_2$  dengan metode rendaman selama 24 jam menghasilkan lapisan FTO/ $TiO_2$ /*dye*, dan elektroda lawan berupa FTO/grafit mengapit elektrolit yang mengandung pasangan redoks I

/I<sup>3</sup> kemudian menghasilkan DSSC siap untuk dilakukan pengujian arus dan tegangan (*I-V*). Pengujian *I-V* menggunakan rangkaian ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1 Skema rangkaian pengukuran arus dan tegangan (*I-V*) DSSC menggunakan Amperemeter (*A*), Voltmeter (*V*) dan variabel resistor di bawah lampu halogen  $100 \text{ mW/cm}^2$ .

Dari Gambar 1, pengukuran *I-V* dengan mengubah-ubah tahanan resistor. Dari variasi resistor tersebut diperoleh nilai arus dan tegangan (*I-V*) DSSC kemudian diolah menjadi kurva *I-V*,  $V_{oc}$ ,  $I_{sc}$ , *FF*, dan efisiensi DSSC. Kurva *I-V* hasil pengujian teoritis disajikan oleh Gambar 2.



Gambar 2 Kurva *I-V* DSSC

Dari Gambar 2 dapat diketahui parameter-parameter yang menggambarkan karakteristik *I-V* DSSC yaitu tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), arus hubungan singkat ( $I_{sc}$ ), tegangan

maksimum ( $V_{max}$ ), arus maksimum ( $I_{max}$ ) dan *fill factor* ( $FF$ ). *Fill factor* dapat ditentukan dengan Persamaan 1.

$$FF = \frac{V_{maks} I_{maks}}{V_{oc} I_{sc}} \tag{1}$$

Dengan menggunakan *fill factor* maka daya maksimum yang dihasilkan DSSC dapat ditentukan dengan Persamaan 2.

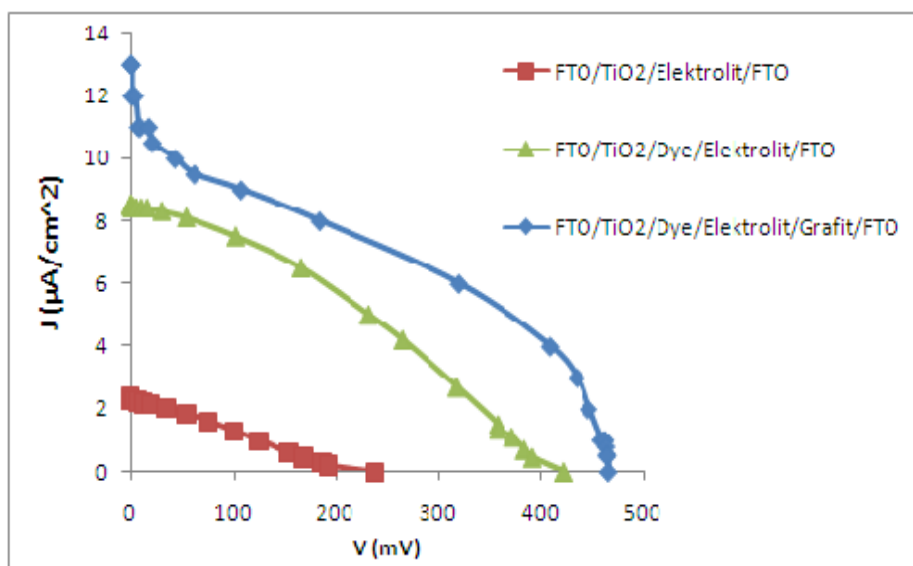
$$P_{maks} = V_{oc} I_{sc} FF \tag{2}$$

$$\eta = \frac{P_{maks}}{P_{cahaya}} \tag{3}$$

Efisiensi menjadi ukuran global kualitas DSSC. Sehingga efisiensi DSSC yang merupakan perbandingan kuantitatif dari daya maksimum yang dihasilkan sel ( $P_{maks}$ ) dengan daya dari cahaya yang datang ( $P_{cahaya}$ ) dapat ditentukan dengan Persamaan 3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik arus dan tegangan ( $I$ - $V$ ) *dye sensitizer solar cell* (DSSC) dalam penelitian ini diukur menggunakan rangkaian di bawah pencahayaan lampu Halogen intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup> (Gambar 1). Hasil pengukuran  $I$ - $V$  disajikan dalam bentuk kurva  $I$ - $V$  (Gambar 3 dan Gambar 4) dan dari kurva  $I$ - $V$  kemudian diperoleh tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), rapat arus hubungan pendek ( $J_{sc}$ ), faktor isi ( $FF$ ) dan efisiensi DSSC ( $\eta$ ) disajikan dalam Tabel (3 dan 4).



Gambar 3 Pengaruh elektroda grafit terhadap  $I$ - $V$  DSSC

Gambar 3 menunjukkan pengaruh penambahan Grafit pada elektroda lawan berpengaruh terhadap  $I-V$  DSSC. Karakteristik  $I-V$  (Gambar 3) diperoleh dari FTO/Grafit tanpa perlakuan aneling (suhu ruang). Dari Gambar 3 menunjukkan penambahan Grafit pada elektroda lawan DSSC dapat meningkatkan  $V_{oc}$  dan  $J_{sc}$ .

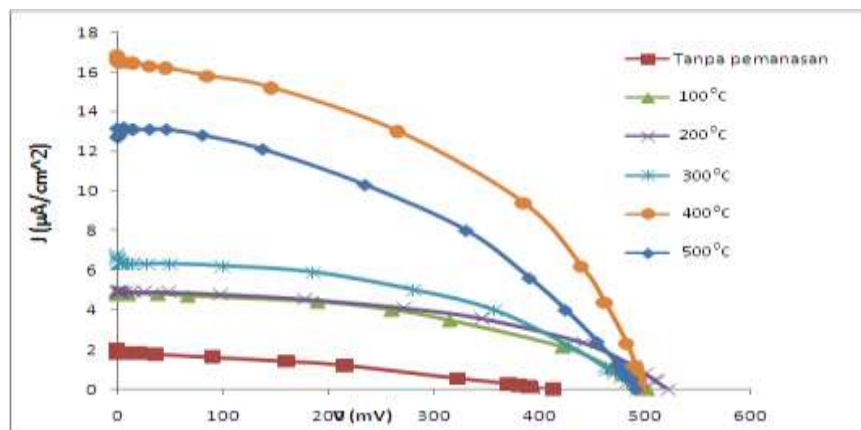
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa grafit dalam penelitian memungkinkan sebagai katalis dalam elektroda lawan. Fungsi katalis dalam elektroda lawan adalah untuk mengurangi resistansi transfer muatan antar muka komponen DSSC (Sastrawan, 2006). Dari Gambar 3 dapat diekstrak menjadi  $V_{oc}$ ,  $J_{sc}$ ,  $FF$  dan  $\eta$ , disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengaruh Elektroda Grafit terhadap  $I-V$  DSSC

Susunan komponen DSSC	$V_{oc}$ (mV)	$J_{sc}$ ( $\mu A/cm^2$ )	$FF$	$\eta$ (%)
FTO/ $TiO_2$ /Elektrolit/FTO	245	2,3	0,13	$9,64 \times 10^{-5}$
FTO/ $TiO_2$ /Elektrolit/Dye/FTO	408	7,3	0,32	$1,59 \times 10^{-4}$
FTO/ $TiO_2$ /Elektrolit/Dye/Grafit/FTO	460	8,5	0,43	$2,35 \times 10^{-4}$

Menurut Moria dan Yanagida (2006), Grafit dapat bekerja sebagai katalis untuk pasangan redoks iodida/triiodida tetapi performanya tidak sebaik platinum. Namun Grafit dapat menjadikan biaya fabrikasi jauh lebih murah dan grafit tahan terhadap korosi yang disebabkan elektrolit DSSC sehingga dapat memperpanjang umur DSSC.

Pengaruh perlakuan temperatur anil lapisan FTO/Grafit terhadap karakteristik  $I-V$  DSSC disajikan dalam Gambar 4. Temperatur anil diperlukan karena lapisan Grafit harus terikat lebih baik dengan substrat FTO. Selain itu, perlu untuk membatasi temperatur anil, karena temperatur terlalu tinggi menyebabkan pelepasan lapisan Grafit dari substrat FTO.



Gambar 4 Kurva  $I-V$  DSSC terhadap optimasi temperatur anil lapisan grafit

Gambar 4 menunjukkan Kurva  $I$ - $V$  DSSC terhadap optinasi temperatur anil lapisan grafit. Dari Gambar 4 Kurva  $I$ - $V$  diekstrak menjadi  $V_{OC}$ ,  $I_{SC}$ ,  $FF$ , dan  $\eta$  disajikan dalam Tabel 2.

Dari Tabel 2,  $\eta$  meningkat terhadap peningkatan temperatur anil dan maksimum pada  $400^{\circ}\text{C}$ . Peningkatan temperatur lebih lanjut menurunkan kinerja sel DSSC. Banyak faktor yang mempengaruhi kinerja DSSC. Beberapa parameter meliputi pelarut pengekstrak, sifat dye, pori dan ketebalan lapisan Grafit dan sifat dari garam elektrolit. Dengan kata lain, kualitas material menentukan kinerja DSSC.

Tabel 2 Pengaruh Temperatur Anil Lapisan Grafit terhadap  $I$ - $V$  DSSC

Variasi temperatur	$V_{OC}$ (mV)	$I_{SC}$ ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	$FF$	$\eta$ (%)
-	412	2	0,1	$2.35 \times 10^{-4}$
$100^{\circ}\text{C}$	502	5	0,32	$9.91 \times 10^{-4}$
$200^{\circ}\text{C}$	522	4,9	0,38	$1.13 \times 10^{-3}$
$300^{\circ}\text{C}$	493	6,8	0,32	$1.30 \times 10^{-3}$
$400^{\circ}\text{C}$	495	16,8	0,33	$3.29 \times 10^{-3}$
$500^{\circ}\text{C}$	492	13,15	0,40	$2.41 \times 10^{-3}$

Peneliti mengamati pengaruh temperatur anil elektroda lawan berbahan Grafit terhadap karakteristik  $I$ - $V$  DSSC. Dari Tabel 2, perubahan temperatur anil lapisan Grafit berpengaruh pada perubahan  $I_{SC}$ . Penelitian menduga temperatur anil mempengaruhi pori permukaan lapisan grafit sehingga menentukan luas kontak antara lapisan grafit dan elektrolit yang berkaitan dengan rapat transfer elektron di persambungan elektroda lawan-elektrolit.

Efisiensi DSSC berbahan grafit dalam penelitian ini masih rendah terutama  $I_{SC}$  dan  $FF$  yang rendah. Nilai-nilai efisiensi konversi daya yang rendah dikaitkan dengan resistansi seri ( $R_s$ ) yang besar dari DSSC dalam penelitian yaitu  $\sim 6 \text{ M}\Omega$  dan resistansi lapisan grafit  $\sim 6 \text{ K}\Omega$ . Menurut Hafez, dkk. (2012), hambatan internal dapat menghalangi aliran muatan dalam DSSC. Sedangkan  $FF$  mengukur resistansi seri antar metrial dalam DSSC (Narayan, 2012). Menurut Zhang (2008),  $FF$  juga dipengaruhi resistansi seri ( $R_s$ ) yang timbul dari resistansi internal dan kontak resistif dari sel dan resistensi paralel ( $R_{sh}$ ) dari kebocoran arus. Untuk sel surya yang efisien, diperlukan  $R_s$  kecil sehingga diperlukan upaya untuk memperkecil resistansi elektroda lawan DSSC berbahan Grafit.

## SIMPULAN

Hasil pengukuran arus dan tegangan ( $I$ - $V$ ) DSSC menunjukkan bahwa konversi efisiensi fotolistrik ( $\eta$ ) meningkat sebanding dengan peningkatan temperatur anil lapisan Grafit dan mencapai maksimum pada  $400^{\circ}\text{C}$ . Penelitian mengamati bahwa Grafit dapat dijadikan sebagai katalis dalam elektroda lawan DSSC. Karakteristik  $I$ - $V$  DSSC menghasilkan tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) sebesar  $495\text{ mV}$ , rapat arus hubungan pendek ( $J_{sc}$ )  $16,8\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ ,  $FF$  sebesar  $0,33$  dan efisiensi sel DSSC ( $\eta$ ) sebesar  $3,29 \times 10^{-3}\%$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Anna Lee S-H., S. Jackson A-M, Hess A., Fei S-T, Pursel S M., Basham J., Craig A. Grimes, Mark W H., Allcock H R., and Mallouk T E., 2010, Influence of Different Iodide Salts on the Performance of Dye-Sensitized Solar Cells Containing Phosphazene-Based Nonvolatile Electrolytes, *J. Phys. Chem. C* 2010, *114*, 15234–15242
- Calandra P., Calogero G., Sinopoli A., and Gucciardi P G., 2010, Metal Nanoparticles and Carbon-Based Nanostructures as Advanced Materials for Cathode Application in Dye-Sensitized Solar Cells (*Review Article*), Hindawi Publishing Corporation, *International Journal of Photoenergy*, Volume 2010, Article ID 109495, 15 pages, doi:10.1155/2010/109495.
- Chao W-S., Ting C-C., 2010, Experimental Study On Reversal Structure Of Photoelectrode In Dsscs, Proceedings of the ASME 2010 International Mechanical Engineering Congress & Exposition IMECE2010 November 12-18, 2010, Vancouver, British Columbia, Canada IMECE2010-38497
- Chen Y., Zhang H., Chen Y., and Lin Z., 2012, Study on Carbon Nanocomposite Counterelectrode for Dye-Sensitized Solar Cells, *Journal of Nanomaterials* Volume 2012, Article ID 601736, 6 pages doi:10.1155/2012/601736
- Hafez H., Lan Z., Li Q., Wu J., 2010, High efficiency dye-sensitized solar cell based on novel  $\text{TiO}_2$  nanorod/nanoparticle bilayer electrode, *Nanotechnology, Science and Applications* 2010:3 45–51.
- Moria S., dan Yanagida S., 2006,  $\text{TiO}_2$ -Based Dye-Sensitized Solar Cell, dalam T. Soga (ed), *Nanostructured Materials for Solar Energy Conversion*, Department of Environmental Technology and Urban Planning Nagoya Institute of Technology Nagoya, Japan, Elsevier, ISBN-13: 978-0-444-52844-5.
- Narayan, M. R. (2011). Dye Sensitized Solar Cells based on Natural Photosensitizers. *Review: Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 pp. 208–215.
- Nuryadi, R. (2011). Efek Adsorpsi Dye ke Dalam Lapisan  $\text{TiO}_2$  Dengan Metode Elektroforesis: DSSC Berbasis Lapisan  $\text{TiO}_2$  Terbuat dengan Metode Slip Casting dan Metode Elektroforesis. *J. Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol. 8, No. 1, hal. 35-40 ISSN 1412-5064.

- Sastrawan R., 2006, *Photovoltaic modules of dye solar cells*, Dissertation, Fakultät für Mathematik und Physik der Albert-Ludwigs-niversität: Freiburg im Breisgau (*Un published*).
- Ting C-C. dan Chao W-S., 2010, Efficiency improvement of the DSSCs by building the carbon black as bridge in photoelectrode, *Applied Energy*, 87 (2010) 2500–2505.
- Zhang Z., 2008, *Enhancing the Open-Circuit Voltage of Dye-Sensitized Solar Cells: CoadSorbents and Alternative Redox Couples*, École Polytechnique Fédérale De Lausanne (*Un published*).