

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI SPIRO-OMETAD SEBAGAI HTM TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI DSSC

MUHAMMAD RIZKY NURAWAN*, FITRI YULIASARI, LUSI SAFRIANI, SRI SURYANINGSIH
ANNISA APRILIA

*Prodi Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363*

Abstrak. Sel surya tersensitisasi *dye* atau DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) merupakan divais yang dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. DSSC terdiri dari empat komponen utama yaitu fotoanoda, *dye*, elektrolit dan elektroda lawan. Dalam penelitian ini, dilakukan penambahan HTM (*Hole Transport Material*) berupa Spiro-OMeTAD dalam DSSC. Dengan penambahan HTM Spiro-OMeTAD dapat meningkatkan nilai efisiensi dari DSSC. Dengan dilakukan penambahan variasi konsentrasi 5 wt%, 7,5 wt% dan 10 wt% didapatkan nilai efisiensi sebesar 6.41 %, 8.73% dan 8.46 % . Keberadaan HTM Spiro-OMeTAD dalam DSSC dapat mempercepat proses transport elektron dan mengurangi rekombinasi muatan sehingga dapat meningkatkan nilai fotoarus yang dihasilkan DSSC.

Kata kunci : DSSC, Fotoanoda, Dye, Elektrolit, HTM, Spiro-OMeTAD

Abstract. *Dye Sensitized Solar Cells* are devices that can convert sunlight energy into electrical energy. DSSC consists of four main components, namely photoanode, dye, electrolyte and opponent electrode. In this study, the addition of a Hole Transport Material HTM (Spiro-OMeTAD) in DSSC was carried out. With the addition of the Spiro-OMeTAD HTM can increase the efficiency value of DSSC. With the addition of variations in the concentration of 5 wt%, 7.5 wt% and 10 wt% the efficiency values were 6.41%, 8.73% and 8.46%. The presence of Spiro-OMeTAD HTM in DSSC can accelerate the process of electron transport and reduce charge recombination so that it can increase the photo value produced by DSSC.

Keywords : DSSC, Fotoanoda, Dye, Electrolytes, HTM, Spiro-OMeTAD

1. Pendahuluan

Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan sel surya berbasis zat warna tersensitisasi dimana sistem ini dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Sel DSSC umumnya terbuat dari sepasang substrat kaca berlapis bahan TCO (*Transparent Conducting Oxide*) sebagai elektroda, nanokristal TiO₂ berpori sebagai fotoanoda, zat warna (*dye*) sebagai fotosensitizer, elektrolit redoks yang mengandung ion *iodide* dan *triiodida* (I₂/I₃⁻), serta lapisan platina (Pt) sebagai katalis pada elektroda lawan [1]. Semua komponen tersebut disusun bertumpuk dengan struktur *sandwich* dimana lapisan atas adalah fotoanoda sebagai lapisan penerima foton, lapisan bawah adalah elektroda lawan sebagai katalis, dan ditengahnya adalah elektrolit untuk meregenerasi elektron.

Saat ini, nilai efisiensi dari DSSC telah mencapai 14 % [2]. Struktur lapisan DSSC telah dimodifikasi dengan menambahkan material pembawa muatan, baik lapisan pembawa elektron (*electron transport material*) maupun lapisan pembawa hole (*hole transport material*) [3]. *Hole Transport Material* (HTM) merupakan suatu material yang membantu proses difusi muatan pada DSSC sehingga dapat meningkatkan efisiensi. Material yang dapat digunakan sebagai lapisan pembawa muatan pada sel surya organik adalah material yang memiliki kestabilan yang tinggi dengan tingkat energi yang bersesuaian dengan tingkat energi *dye* [4]. Material organik berbasis spiro khususnya

* email : muh.rizkynurawan@gmail.com

Spiro-OMeTAD merupakan material yang cocok untuk dijadikan HTM pada divais sel surya, karena memiliki temperatur transisi gelas atau *glass transition temperature* (T_g) yang tinggi dengan struktur *amorf*, massa molar molekuler yang rendah, memiliki daerah absorbansi pada rentang panjang gelombang ultraviolet (UV) sehingga proses penyerapan foton oleh sensitizer (*dye*) tidak akan terganggu dan menjadikannya cocok sebagai *Hole Transport Material* [3].

2. Metode Penelitian

Fabrikasi sel surya diawali dengan proses pembuatan fotoanoda sebagai lapisan penyerap foton dari cahaya yang diberikan pada sel surya. Pembuatan lapisan TiO_2 dilakukan dengan teknik *screen printing* tiga kali pelapisan pada substrat FTO (*Fluorine-doped Tin Oxide*). Lapisan TiO_2 yang pertama dan kedua adalah jenis mesopori TiO_2 T/SP (Solaronix), dan lapisan TiO_2 yang ketiga adalah TiO_2 MC/SP yang dideposisikan pada substrat FTO yang dilanjutkan dengan proses pemanasan sampai suhu $500^\circ C$ selama 30 menit untuk merubah fasa *rutile* menjadi *anatase*.

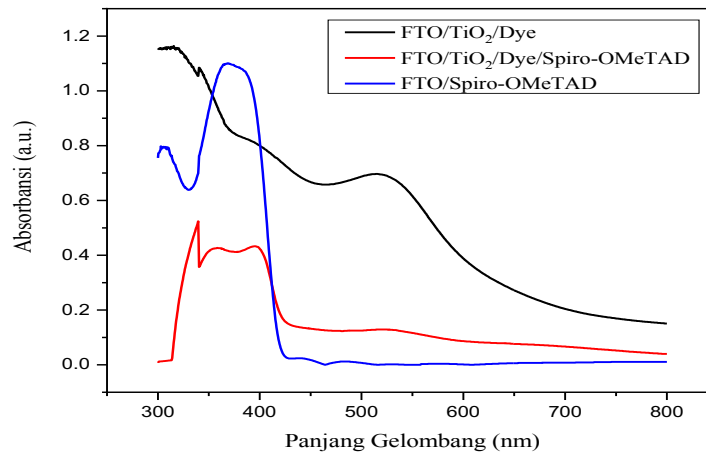
Selanjutnya FTO/ TiO_2 direndam dalam larutan *dye*. Larutan *dye* yang digunakan adalah jenis *Ruthenium N719* (Solaronix) sebanyak 10,4 mg yang dilarutkan pada 5 mL *ethanol* dan dicampurkan dengan *chenodeoxycolic acid* 0,1 mg yang sebelumnya telah dilarutkan pada *ethanol* 5 mL, setelah proses pencampuran ditambahkan *ethanol* 2,5 mL. Perendaman fotoanoda di dalam larutan *dye* dilakukan selama semalam. Setelah proses perendaman selesai, fotoanoda diangkat dan dibilas dengan *acetronitrile* untuk menghilangkan sisa partikel *dye* yang tidak diserap. Kemudian dilakukan proses perakitan sel surya dengan menggunakan *surlyn* (Solaronix) dengan ketebalan $25\ \mu m$ sebagai pemisah antara fotoanoda dan elektroda lawan. Substrat FTO yang terdeposisi platina (Solaronix) digunakan sebagai elektroda lawan pada sel surya. Elektrolit mosalyte (Solaronix) selanjutnya diinjeksikan melalui lubang yang terdapat pada elektroda lawan dengan suntikan khusus, setelah elektrolit masuk ke dalam sel surya kemudian lubang ditutup dengan tape bening. Struktur sel surya adalah FTO/ TiO_2 /*dye*/Mosalyte/Pt/FTO.

Spektrum absorbansi dari substrat FTO/ TiO_2 /*Dye*, FTO/Spiro-OMeTAD, dan FTO/ TiO_2 /*Dye*/Spiro-OMeTAD diamati melalui pengukuran spektroskopi *Ultraviolet-Visible*. Untuk mengetahui kinerja divais sel surya dilakukan pengukuran arus – tegangan (I-V) dalam keadaan tanpa penyinaran (gelap) dan dengan penyinaran (terang) menggunakan sumber lampu LED dengan intensitas daya yang dipancarkan sebesar $100\ mW/cm^2$.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil karakterisasi UV-Vis diperlihatkan pada Gambar 1. menunjukkan daerah absorbansi TiO_2 terletak pada panjang gelombang $\sim 330\ nm$, daerah absorbansi *dye* terletak pada panjang gelombang 395 nm dan 535 nm, sedangkan daerah absorbansi Spiro-OMeTAD terletak pada panjang gelombang 389 nm. Karakterisasi UV-Vis digunakan untuk mengetahui keberadaan sebelum dan sesudah setiap pelapisan material yang dideposisikan.

Tabel 1. menunjukkan hasil dari pengukuran J-V. Nilai dari rapat arus (J_{sc}) diperoleh ketika tegangan yang diberikan bernilai 0. Dengan adanya penambahan Spiro-OMeTAD sebagai HTM dapat meningkatkan nilai J_{sc} , dan seiring dengan meningkatnya konsentrasi Spiro-OMeTAD, nilai J_{sc} pun meningkat. Nilai J_{sc} yang tertinggi terletak pada DSSC dengan Spiro-OMeTAD 7,5 wt%, sedangkan J_{sc} terendah terletak pada DSSC dengan Spiro-OMeTAD 5 wt%. Jika dilihat dari setiap DSSC, maka yang memiliki nilai fotoarus yang besar terletak pada DSSC dengan Spiro-OMeTAD 7,5 wt%. Hal ini dapat disebabkan oleh mobilitas *hole* yang terdapat dalam divais ini sangat baik.

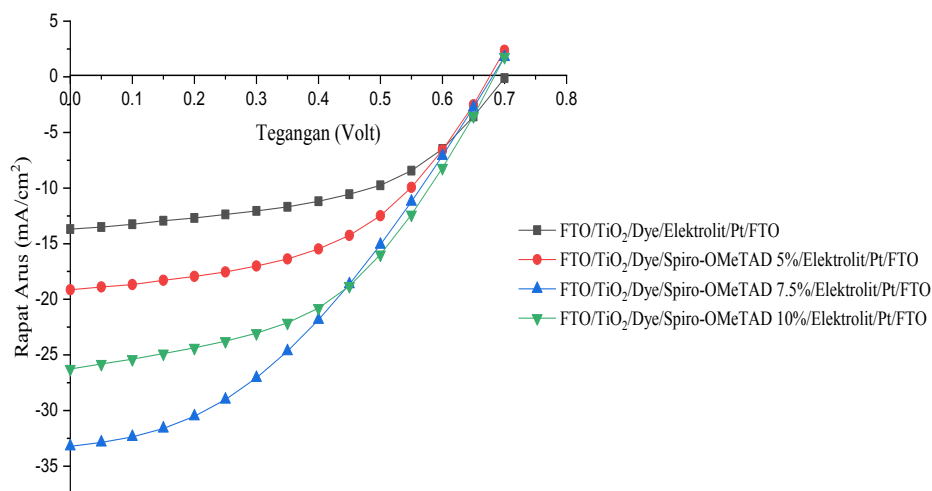


Gambar 1. Spektrum Absorbansi UV-Vis dari lapisan TiO₂/Dye, lapisan TiO₂/Dye/Spiro-OMeTAD dan lapisan Spiro-OMeTAD

Tabel 1. Parameter divais DSSC dengan penambahan Spiro-OMeTAD sebagai HTM

DSSC	V _{oc} (Volt)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF (%)	Efisiensi (%)
Tanpa Spiro-OMeTAD	0.7	-13.68	50.88	4.87
Spiro-OMeTAD 5wt%	0.69	-19.14	48.58	6.41
Spiro-OMeTAD 7.5wt%	0.69	-33.21	38.12	8.73
Spiro-OMeTAD 10wt%	0.69	-26.26	46.71	8.46

Hasil pengukuran kurva J-V dari DSSC menggunakan Spiro-OMeTAD sebagai HTM dapat dilihat pada Gambar 2. Dengan adanya HTM, dapat memberikan kemudahan transport pembawa muatan dalam divais. Mobilitas pembawa muatan positif yang tinggi dimiliki oleh Spiro-OMeTAD akan mengatasi keterbatasan transport muatan dan diharapkan dapat mengurangi rekombinasi muatan atau bergabungnya kembali antara muatan hole dan elektron setelah disosiasi [5]. Gambar 2. memperlihatkan bahwa *pore-filling* Spiro-OMeTAD pada lapisan mesopori TiO₂ akan bertambah seiring dengan meningkatnya konsentrasi Spiro-OMeTAD sehingga dapat menyebabkan nilai dari R_s DSSC menjadi berkurang [6].



Gambar 2. Hasil Pengukuran Kurva J-V DSSC dengan penambahan lapisan Spiro-OMeTAD

4. Kesimpulan

Telah dilakukan fabrikasi sel surya DSSC dengan penambahan Spiro-OMeTAD sebagai *hole transport material*. Hasil pengukuran kurva J-V memperlihatkan bahwa variasi penambahan Spiro-OMeTAD dapat meningkatkan efisiensi divais DSSC sampai dengan 8,73%. Peningkatan efisiensi berkaitan dengan nilai rapat arus hubung singkat yang meningkat sampai dengan $J_{sc} = 33,21 \text{ mA/cm}^2$. Peningkatan rapat arus disebabkan adanya lapisan transport berupa Spiro-OMeTAD yang berfungsi mempermudah transport *hole* bergerak menuju katoda sekaligus dapat mengurangi rekombinasi muatan atau bergabungnya kembali antara muatan hole dan elektron setelah disosiasi.

Daftar Pustaka

1. O'Regan and M. Gratzel, 1991, *Letters to Nature*, **353**, 737-739.
2. Kakiage, K., Aoyama, Y., Yano, T., Oya, K., Fujisawa, J. -i., & Hanaya, M. (2015). Highly-efficient dye-sensitized solar cells with collaborative sensitization by silyl-anchor and carboxy-anchor dyes. *Chemistry Communication*, 1-3.
3. Safriani, Lusi., dkk. Fabrikasi Sel Surya Tersensitasi Dye Dengan Spiro-Ometad Sebagai Hole Transport Layer. *Jurnal Material dan Energi Indonesia Vol. 07, No. 02 (2017) 28 – 32*.
4. Nurrida, A., Chintia C., A., & Sakkyananda, S. (2017). Fabrikasi Sel Surya Tersensitisasi Dye Dengan Zn Nanorod Sebagai Fotoanoda dan Material Spiro Sebagai Hole Transport Material (HTM). *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika Vol. 01, No. 02 , 1-7*.
5. Tennakone K, K. G. (1996). The suppression of the recombination of photogenerated carriers in a dye-sensitized nano-porous solid-state photovoltaic cell. *Semicond Sci Technol*, 1737-9.
6. Fantacci, S, De Angelis, F, Nazeeruddin, M. K, Grätzel, M. "Electronic and Optical Properties of the Spiro-MeOTAD Hole Conductor in Its Neutral and Oxidized Forms: A DFT/TDDFT Investigation". *J. Phys. Chem. C*, 115 (46), pp 23126–23133, 2011