

## UJI PERFORMANSI DSSC DENGAN VARIASI DYE DAN KATALIS

Qodirun Salam Musaffa

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

Email: \*qodirun3@gmail.com

### ABSTRAK

*DSSC merupakan sel surya generasi ketiga sebagai alternatif pada pembuatan sel surya yang lebih ramah lingkungan. DSSC terdiri dari beberapa bagian yang tersusun seperti sandwich, yaitu substrat berupa kaca TCO (Tin Conductive Oxide), pada penelitian ini digunakan jenis FTO (Fluorine Tin Oxide) dengan resistivitas 50 ohm/sq, dye (zat warna), semikonduktor, lapisan counter-electrode dan elektrolit. Sebagai parameter penelitian, akan digunakan 3 jenis dye berbeda, yaitu ekstrak klorofil singkong, klorofil alfafa dan klorofil pepaya. Sedangkan untuk lapisan counter-electrode digunakan 2 metode, yaitu memakai grafit dan jelaga lilin. Proses pelapisan semikonduktor nanofiber memakai mesin electrospinning dalam 2 lapis. Untuk mengetahui nilai  $\eta$  (efisiensi) dan  $P_{max}$ , pengujian dilakukan dengan lampu halogen 1000 watt pada jarak 43 cm. Kinerja terbaik diperoleh DSSC dye alfafa dan katalis grafit dengan hasil nilai  $\eta$  (efisiensi) yaitu  $6.06E-03$  % dengan  $P_{max}$  sebesar 1.34E-06 watt.*

*Kata Kunci: DSSC, Klorofil, Dye, Nanofiber ZnAC.*

### I. PENDAHULUAN

Pada masa sekarang, penggunaan energi telah menjadi kebutuhan sehari-hari, baik untuk keperluan transportasi, penerangan, memasak makanan dan lain-lain. Penggunaan energi didominasi oleh minyak bumi dan gas tercatat 55% dan batu bara sebesar 25% dari total penggunaan energi yang ada. Sementara penggunaan energy terbarukan seperti angin, geothermal, matahari dan biomass hanya sebesar 3% (Yam et al., 2008 : 531). Indonesia merupakan daerah tropis yang selalu tersinari oleh sinar matahari sepanjang tahun, sehingga sangat cocok untuk tempat pengembangan sel surya. Jenis sel surya yang sering dipakai saat ini merupakan sel surya dengan bahan anorganik silicon, dimana dinilai kurang ramah lingkungan. Selain itu biaya produksinya juga cukup tinggi, maka dari itu dilakukan penelitian tentang sel surya yang ramah lingkungan, yaitu DSSC (Dye Sensitized Solar Cell). DSSC merupakan sel surya generasi ketiga yang dikembangkan pertama kali oleh professor Michael Gratzel pada tahun 1991, yang mampu mengkonversi energy matahari menjadi energy listrik dengan menggunakan bahan organic.

DSSC terdiri dari beberapa bagian, yaitu TCO (Tin Conductive Oxide) jenis FTO (Fluorine Tin Oxide) sebagai substrat konduktor, lapisan semikonduktor, dimana pada penelitian kali ini menggunakan ZnO, dye yaitu klorofil tumbuhan untuk menangkap energy matahari, elektrolit iodide dan triiodida untuk tempat reaksi redoks dan katalis berupa lapisan karbon untuk mempercepat reaksi

redoks. Tanaman singkong, pepaya dan alfafa merupakan tanaman yang mudah kita temukan hampir di seluruh daerah di Indonesia, kandungan korofil daun dalam tiga tanaman ini juga sangat tinggi sehingga cocok untuk digunakan sebagai dye DSSC. Pada penelitian kali ini akan dibahas pengaruh dye ekstrak klorofil daun singkong, pepaya, dan alfafa terhadap pengoptimalan kinerja DSSC. Selain itu, pada katalis karbon terdapat dua jenis metode yang akan digunakan yaitu memakai grafit pensil dan jelaga api lilin. Pada penelitian, biaya yang dibutuhkan dalam penyusunan DSSC dinilai murah dan ramah lingkungan dengan hasil yang cukup optimal.

Untuk pengukuran arus dan voltase yang dihasilkan, dilakukan pengujian menggunakan lampu halogen 1000 watt dilengkapi dengan luxmeter. Kemudian dari nilai arus dan voltase yang didapatkan akan dihitung besar daya dan efisiensi yang dihasilkan spesimen DSSC. Sehingga akan diketahui jenis variabel dye dan katalis manakah yang memiliki kinerja terbaik.

### II. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu etanol 97%, aquades, polivinol alcohol, Zinc acetat dihidrat (ZnAc), Hcl, Zinc Nitrat Hexahidrat, Hexamtylene Tetramine, Polietilene Imine, Tincloride, Amonium Flouride, Yodium, Ekstrak klorofil daun singkong, papaya dan alfafa.

#### A. Preparasi Substrat

Kaca konduktif TCO (Transparent Conductive Oxide) yang digunakan sebagai substrat adalah jenis FTO (Fluorine Tin Oxide) dengan ketebalan 2 mm berukuran 6 x 2,5 mm. Proses pembuatan kaca FTO menggunakan mesin nanofilm dengan metode Spray Pyrolysis. FTO yang digunakan pada penelitian ini memiliki resistivitas 50 ohm/sq. Untuk setiap DSSC membutuhkan 2 buah kaca yang berfungsi sebagai anoda dan katoda.

#### B. Preparasi Lapisan Semikonduktor

Ambil satu kaca FTO untuk dibersihkan menggunakan etanol terlebih dahulu. Kemudian pasang syringe pump berisi larutan PVA/ZnAC sebanyak 1 cc pada mesin Electro Spinning, hubungkan tegangan tinggi dinide (+) pada syringe pump dan ground (-) pada plat kolektor. Atur flow control dengan kecepatan 1 $\mu$ L/menit dengan jarak 5 mm. Tahap selanjutnya yaitu kalsinasi nanofiber ZnO pada furnace dengan suhu 100°C selama satu jam. Setelah itu dilanjutkan dengan sintering pada suhu 600°C selama 1 jam yang diikuti pendinginan lambat.

#### C. Preparasi Larutan Dye

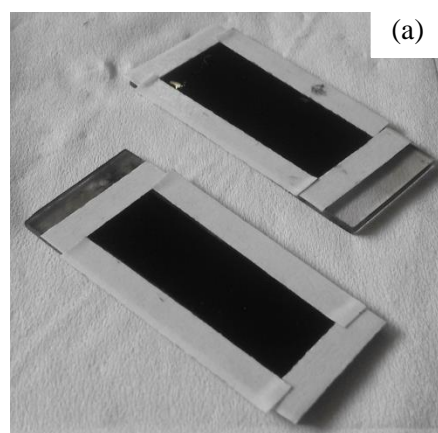
Dye berfungsi sebagai kolektor energi cahaya pada DSSC. Preparasi larutan dye menggunakan metode ekstraksi klorofil daun tanaman. Dimana pada penelitian ini terdapat tiga jenis dye yang berbeda, yaitu klorofil daun singkong, pepaya dan alfafa. Untuk klorofil daun alfafa digunakan ekstrak klorofil K-Liquid Chlorophyll dari K-Link, sedangkan 2 ekstrak klorofil lainnya dibuat dengan proses ekstraksi. Berikut adalah tahapan ekstraksi yang dilakukan:

- 10 gram daun dicuci dengan aquades kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari.
- Setelah bersih, daun ditumbuk pada cawan porselin hingga halus.
- Daun yang telah halus dicampur dengan pelarut etanol 97% sebanyak 50 ml ke dalam gelas kimia yang ditutupi aluminium foil.
- Larutan daun dan etanol dicampur merata menggunakan magnetic stirrer selama 1 jam.
- Larutan yang telah tercampur kemudian disaring menggunakan kertas kasa.
- Selanjutnya ekstrak klorofil disimpan dalam botol tertutup untuk selanjutnya siap digunakan.

#### D. Preparasi Lapisan Counter-Elektroda

Lapisan counter-elektroda berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat reaksi redoks elektrolit pada DSSC. Terdapat 2 jenis metode pelapisan counter-elektroda yang digunakan pada penelitian ini, yaitu menggunakan grafit pensil dan

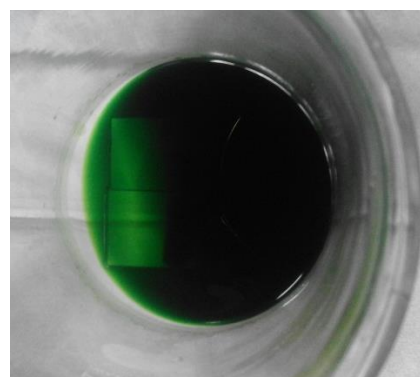
jelaga api lilin sebagai pelapis karbon. Kaca FTO yang digunakan terlebih dahulu dibersihkan menggunakan etanol sebelum proses pelapisan.



Gambar 1. Substrat counter-elektroda dengan metode (a) karbon grafit pensil dan (b) jelaga api lilin

#### E. Proses Assembling DSSC

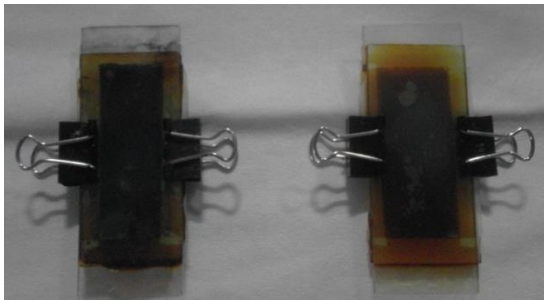
1. Substrat semikonduktor yang telah dilapisi nanofiber direndam dalam larutan dye ekstrak klorofil selama 1 jam.



Gambar 2. Perendaman semikonduktor dalam klorofil daun singkong

2. Substrat counter-elektroda diberi scotch tape pada ujung-ujung kacanya dengan

- menyisakan tempat untuk perpindahan arus di salah satu ujungnya.
3. Kemudian elektrolit diteteskan secukupnya pada substrat counter-elektroda dan diratakan.
  4. Angkat substrat semikonduktor yang telah direndam.
  5. Satukan substrat semikonduktor dan counter-elektroda kemudian dijepit menggunakan binder clip.

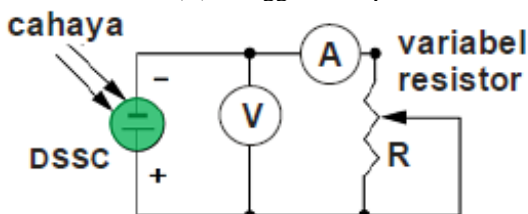


Gambar 3. DSSC (a) katalis karbon jelaga dye singkong dan (b) katalis grafit dye singkong

Prosedur Pengujian

Pengujian DSSC dilakukan dengan pencahayaan langsung dibawah sinar lampu halogen 1000 watt. Jarak pengujian sejauh 43 cm dengan besar intensitas cahaya lampu terukur luxmeter sebesar 20000 lux. Untuk variasi hambatan digunakan potensiometer. Pengujian dilakukan dengan variabel control yang sama pada semua specimen DSSC.

Parameter keluaran DSSC meliputi tegangan rangkaian hubung buka (open circuit) Voc, arus hubung singkat (short circuit) Isc dapat diketahui setelah melakukan pengujian. Sementara FF merupakan rasio perbandingan antara daya maksimum DSSC ketika diberi variasi beban, dengan perkalian Voc dan Isc. Daya maksimum merupakan hasil terbesar dari perkalian arus dengan tegangan DSSC saat variasi beban berubah-ubah (membentuk kurva I-V). Arus dan tegangan terbesar tersebut disimbolkan Im dan Vm. Variasi besar beban hambatan (R) menggunakan potensiometer.



Gambar 4. Skematik rangkaian pengukuran Im dan Vm

Adapun untuk menghitung besar efisiensi DSSC dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = (P_{in}/P_{out}) \times 100\%$$

dengan,  $P_{in} = A \times I$

$$P_{out} = I_m \times V_m$$

Keterangan:

$\eta$  = Efisiensi (%)

$P_{in}$  = Daya masukan (watt)

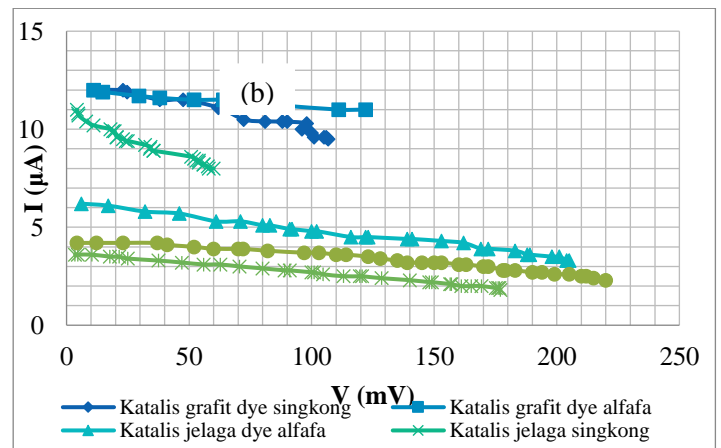
$P_{out}$  = Daya keluaran (watt)

A = Luas area aktif DSSC (m<sup>2</sup>)

I = Besar intensitas cahaya lampu (w/m<sup>2</sup>)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian, maka didapatkan data hasil berupa besar arus (I) dan besar tegangan yang dihasilkan (V). Kemudian dapat diketahui nilai Pmax dan  $\eta$  (efisiensi) pada masing-masing DSSC. Berikut adalah grafik dan hubungan I-V:



Gambar 5. Grafik hubungan I-V

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

DSSC katalis grafit	$\eta$ (%)	Pmax (watt)	DSSC katalis jelaga	$\eta$ (%)	Pmax (watt)
Dye			Dye		
Singkong	5.17E-03	1.02E-06	Singkong	2.3E-03	4.80E-07
Alfafa	6.06E-03	1.34E-06	Alfafa	3.18E-03	7.04E-07
Pepaya	2.56E-03	3.39E-07	Pepaya	3E-03	5.33E-07

Grafik I-V diatas menunjukkan bahwa arus listrik mengalami kenaikan seiring berkurangnya voltase listrik. Dari data hasil pengujian, diketahui bahwa DSSC katalis grafit dye klorofil alfafa memiliki hasil terbaik dengan nilai  $\eta$  (efisiensi) yaitu 6.06E-03 % dengan Pmax sebesar 1.34E-06 watt. Diikuti oleh DSSC katalis grafit dye singkong dengan nilai  $\eta$  (efisiensi) yaitu 5.17E-03 % dengan Pmax

sebesar 1.02E-06 watt. DSSC dengan katalis grafit memiliki hasil yang lebih baik daripada DSSC dengan katalis jelaga, kecuali pada DSSC dye pepaya. Sedangkan DSSC dengan dye klorofil alfafa memiliki performa terbaik dibandingkan DSSC dengan dye jenis lainnya.

Hasil performa DSSC terhadap beda variasi dye dan katalis pada penelitian ini dinilai cukup baik. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini merupakan bahan-bahan yang murah dan mudah didapatkan. Walau dengan hasil yang masih cukup rendah, namun DSSC yang dihasilkan cukup ekonomis dan memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

#### IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini yaitu:

DSSC dengan katalis grafit dan dye klorofil alfafa memiliki performa terbaik dengan nilai  $\eta$  (efisiensi) yaitu 6.06E-03 % dengan  $P_{max}$  sebesar 1.34E-06 watt.

DSSC dengan katalis grafit memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan katalis jelaga kecuali untuk DSSC dengan dye pepaya.

DSSC dengan dye klorofil alfafa menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan DSSC dengan dye yang lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardianto, R., Nugroho, W.A., Sutan, S.M. 2015. *Uji Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan Lapisan Capacitive Touchscreen Sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil Nannochloropsis Sp. Sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Ketebalan Pasta TiO<sub>2</sub>*. Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem Vol. 3 No.3, Oktober 2015, 325-337.
- [2] Hegazy, A., Kinadjian, N., Sadeghimakki, B., Sivoththaman, S., Allam, N.K., Prouzet, E. 2016. *TiO<sub>2</sub> nanoparticles optimized for photoanodes tested in large area Dye-sensitized solar cell (DSSC)*. Solar Energy Materials & Solar Cells 153 (2016) 108-116.
- [3] Lim, A., Ekanayake, P., Lim, L.B.L., Bandara, J.M.R.S. 2016. *Co-dominant effect of selected natural dye sensitizers in DSSC performance*. Universiti Brunei Darussalam.
- [4] Mahalingam, S., Abdullah, H. 2016. *Electron transport study of indium oxide as photoanode in DSSC: A review*. Renewable and Sustainable Energy Review 63 (2016) 245-255.
- [5] Marimuthu, T., Anandhan, N., Thangamuthu, R. 2017. *Electrochemical synthesis of one-dimensional ZnO nanostructures on ZnO seed layer for DSSC applications*. Alagappa University, Karaikudi-630 003, India.
- [6] Misbachudin, M.C., Trihandaru, S., Sutresno, A. 2013. *PEMBUATAN PROTOTIPE DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) DENGAN MEMANFAATKAN EKSTRAK ANTOSIANIN STRAWBERRY*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VIII, Fakultas Sains dan Matematika, UKSW Salatiga, 15 Juni 2013, Vol.4, No.1, ISSN:2087-0922.
- [7] Muliani, L., Rosa, E.S., Hidayat, J., Shobih, Yuliarto, B. 2012. *PEMBUATAN SEL SURYA BERBASIS DYE-SENSITIZED MENGGUNAKAN SUBSTRAT FLEKSIBEL*. Prosiding InSINas 2012.
- [8] Prayogo, A.F., Pramono, S.H., Maulana, E. 2014. *Pengujian dan Analisis Performansi Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) terhadap cahaya*. Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- [9] Shikoh, A.S., Ahmad, Z., Touati, F., Shakor, R.A., Al-Muhtaseb, S.A. 2017. *Optimization of ITO glass/TiO<sub>2</sub> based DSSC photo-anodes through electrophoretic deposition and sintering techniques*. Qatar University.
- [10] Taleb, A., Mesguich, F., Herissan, A., Colbeau-Justin, C., Yanpeng, X., Dubot, P. 2015. *Optimized TiO<sub>2</sub> nanoparticle packing for DSSC photovoltaic applications*. Solar Energy & Solar Cells.