

Pembuatan *Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan *Dye Bunga Pacar Air (Impatiens Balsamina L.)* dan *Bunga Kertas (Bougenville Spectabilis)*

Hardianti, Eunike Dwioknain, Dahlang Tahir, Paulus Lobo Gareso
Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin

Email korespondensi : hardiantiam6@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v16i2.4968>

Submitted: 31 Oktober 2018; Accepted: 24 Mei 2019

ABSTRACT-The prototype of dye sensitized solar cell (DSSC) had been fabricated using pacar air flower (*Impatiens Balsamina L.*) and kertas flower (*Bougenville Spectabilis*) by using a sandwich structure that consisting a few layers of TiO₂, dye, electrolyte and carbon. The dye extract macerated within 24 hours to produce a dye solution. The TiO₂ paste deposited on ITO glass using the spin coating method to produced a thin layer of TiO₂ with dye solution immersion variate in 48 hours and 66 hours. FTIR characterization of pacar air flower and kertas flower powder have shown the group presence of hydroxil and carbonil. Therefore the dye could be binding well to the TiO₂ surface. Absorbance of the dye was characterized by using UV-Vis and absorbance maximum with wavelength for pacar air flower 515 nm that was anthocyanin absorbing area whereas the wavelength kertas flowers 370 nm shown betalain pigment. The XRD characterization has shown the crystalline anatase phase at a thin layer of TiO₂. Based on the Scherrer equation and the Williamson-Hall method of UDM, a thin layer of TiO₂ has a grain size of 37,99 nm dan 30,10 nm, resectively. The DSSC efficiency created by submersion 48 hours of the dye was 0,0006% for pacar air flower, 0,0015% for kertas flower, and 0,0040% for mixed flower. For the 66 hours submersion generates efficiency is 0,0022% for pacar air flower, 0,0090% for kertas flower and 0,0044% for mixed flower.

KEYWORDS : kertas flower, pacar air flower, DSSC, efficiency, FTIR, UV-Vis, XRD

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan, salah satunya bersumber dari energi matahari (Hemamali & Kumara., 2013). Energi matahari bisa dimanfaatkan dalam pembuatan sel surya yang merupakan suatu perangkat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Sel surya berdasarkan perkembangan teknologi saat ini dan bahan pembuatannya, dibedakan menjadi 3 yaitu, sel surya yang terbuat dari silikon tunggal dan multikristal, sel surya tipe lapis tipis, dan sel surya berbasis zat warna (DSSC). Sel surya konvensional seperti, silikon masih mahal untuk dikembangkan karena

menggunakan teknologi canggih dalam pembuatannya (Pablo et al., 2016).

Seiring perkembangan teknologi muncul DSSC. Keunggulan dari DSSC adalah tidak memerlukan bahan dengan kemurnian tinggi sehingga biaya produksinya relatif rendah (Nandakumar et al., 2017). *Dye* pada DSSC merupakan komponen yang sangat penting karena berfungsi sebagai sensitizer untuk menyerap cahaya tampak. Senyawa-senyawa turunan dari *Rhutenium* kompleks merupakan *dye* sintesis dengan efisiensi sel surya hingga 11-12%. Namun *dye* sintesis sulit dalam pembuatannya dan mengandung logam berat yang tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu

muncul alternatif penggunaan *dye* dari bahan alami yang umumnya mengandung senyawa antosianin, klorofil, betalain, karotenoid dan xantofil (Syafinar et al., 2015).

Antosianin merupakan pigmen yang memberikan warna pada buah-buahan, daun dan bunga dengan kisaran warna ungu-biru. Senyawa antosianin termasuk dalam golongan flavonoid yang bersifat polar sehingga dapat diekstraksi menggunakan pelarut polar seperti etanol, air, dan etil asetat (Ramadhani, 2017). Salah satu tanaman yang mengandung pigmen antosianin adalah bunga pacar air. Selain itu juga terdapat pigmen betalain yang dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu betacyanins yang memiliki pigmen merah violet dan betaxanthin yang mencakup pigmen kuning orange (Al-Alwani et al., 2016).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Eli, Musa, & Ezra (2016) menggunakan *dye* yang berbeda menghasilkan efisiensi lebih baik pada *Bougainvillea Spectabilis* yang mengandung pigmen betalain dibandingkan dengan daun wangi yang mengandung pigmen klorofil (Eli, Musa, & Ezra, 2016). Syafinar et al. (2015) menggunakan campuran blueberry dan buah naga dilarutkan pada pelarut yang berbeda menghasilkan absorpsi lebih lebar pada pelarut etanol yaitu 450-650 nm sedangkan pelarut air menghasilkan absorpsi 500-600 nm (Al-Alwani et al., 2016). Adhitya, Ramelan, & Suharyana (2013) menggunakan antosianin dari bunga rosella dengan waktu perendaman 24 jam menghasilkan efisiensi 0,0064%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya maka penelitian ini menggunakan *dye* yang berbeda, yaitu pigmen antosianin dari bunga pacar air (*Impatiens Balsamina L.*) dan pigmen betalain dari bunga kertas (*Bougainville Spectabilis*) sebagai *dye* alami dengan melakukan variasi perendaman lapisan TiO₂ selama 48 jam dan 66 jam dalam larutan *dye*.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian DSSC ini, dibuat dari *dye* bunga pacar air, bunga kertas, aquades, etanol

96%, asam sitrat, bubuk TiO₂, dan kaca ITO dengan ukuran 2,5 cm x 2,5 cm.

Sebelum pembuatan ekstraksi *dye*, bubuk *dye* dikarakterisasi terlebih dahulu menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi dalam suatu senyawa. Pembuatan ekstraksi *dye* dilakukan dengan melarutkan bubuk *dye* sebanyak 5 gram yang telah dikeringkan selama 3 hari ke dalam pelarut etanol, asam sitrat dan aquades dengan perbandingan 5:1:4 dan distirer selama 30 menit. Kemudian dimaserasi selama 24 jam dan disimpan di tempat yang tertutup. Selanjutnya ekstrak *dye* disaring menggunakan kertas saring wathmann No. 42 sehingga didapatkan larutan *dye* dan dikarakterisasi menggunakan UV-Vis untuk melihat serapan panjang gelombang.

Pembuatan pasta TiO₂ menggunakan 1 g TiO₂ yang dicampurkan dengan 8 ml etanol dan distirer selama 60 menit. Untuk pendeposisian pasta TiO₂ pada kaca substrat dilakukan dengan menentukan sisi konduktif kaca, kemudian membentuk area pendeposisian seluas 4 cm² dengan memberikan selotip tiap sisinya. Hal yang sama juga dilakukan untuk pembuatan lapisan karbon. Kaca substrat kemudian ditetesi pasta TiO₂ dan diletakkan pada alat *spin coating* dengan melakukan 4 kali pelapisan. Selanjutnya selotip pada kaca dilepas dan disintering pada suhu 450 °C selama 10 menit. Untuk perendaman lapisan TiO₂ ke dalam larutan *dye* dilakukan 2 waktu variasi perendaman, yaitu 48 jam dan 66 jam. Selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD untuk menentukan fase dan ukuran kristal dari semikonduktor.

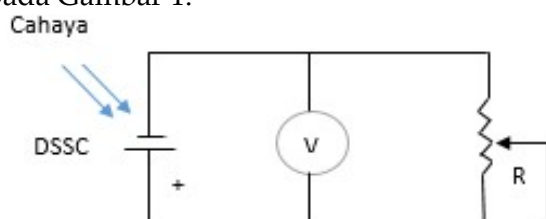
Pembuatan elektrolit dari 0,8 g Kalium Iodida dilarutkan dengan 10 ml polyetylen glikol kemudian ditambahkan 0,127 g Iodium yang telah digerus dengan mortar. Selanjutnya distirer selama 10 menit.

Pembuatan elektroda pembanding dibuat dari pensil grafit yang diarsir pada kaca substrat kemudian diletakkan di atas api lilin hingga membentuk lapisan karbon.

Selanjutnya disintering pada suhu 450 °C selama 10 menit.

Fabrikasi DSSC menggunakan struktur *sandwich* terdiri dari elektroda kerja (kaca ITO yang telah dilapisi pasta TiO₂ dan direndam pada *dye*), kemudian ditetesi dengan elektrolit dan ditutupi dengan elektroda pembanding (kaca ITO yang dilapisi karbon).

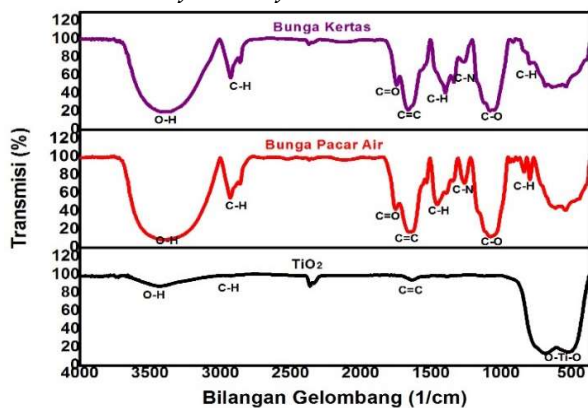
Pengujian DSSC menggunakan sumber langsung dari cahaya matahari dengan luasan DSSC yang diuji yaitu 4 cm². Hasil *output* diukur menggunakan multimeter digital dengan skema rangkaian seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema rangkaian uji listrik DSSC (Aliah & Pitriana, 2016)

HASIL DAN DISKUSI

Fourier Transform InfraRed (FTIR)



Gambar 2 Karakterisasi FTIR dari bunga kertas, bunga pacar air dan bunga campuran

Analisis FTIR dilakukan pada bilangan gelombang dari 4500-500 cm⁻¹. Spektra serapan inframerah zat warna dari bubuk *dye* bunga kertas menunjukkan adanya gugus hidroksil (OH) pada bilangan gelombang 3361,21 cm⁻¹ yang diikuti juga oleh munculnya serapan pada daerah 2920,23 cm⁻¹ dan 2850,79 cm⁻¹ untuk ikatan C-H. Serapan ikatan gugus karbonil (C=O) ditunjukkan pada daerah 1732,06 cm⁻¹ yang diikuti oleh munculnya

serapan pada daerah 16449,14 cm⁻¹ untuk ikatan C=C. Serapan ikatan C=H ditunjukkan pada daerah 1382,96 cm⁻¹ yang diikuti oleh munculnya serapan pada daerah 1249,87 cm⁻¹ untuk ikatan C=N. Serapan ikatan C-O ditunjukkan pada daerah 1064,71 cm⁻¹ yang diikuti oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang 779,24 cm⁻¹ untuk ikatan C-H.

Bubuk bunga pacar air memiliki gugus fungsi O-H oleh serapan pada daerah 3379,29 cm⁻¹ yang diikuti oleh munculnya pada bilangan gelombang 2922,16 cm⁻¹ dan 2854,65 cm⁻¹ untuk ikatan C-H. Serapan ikatan C=O pada daerah 1739,39 cm⁻¹ yang diikuti oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang 1643,35 cm⁻¹ untuk ikatan C=C. Serapan ikatan C=H pada daerah 1438,9 cm⁻¹, 1377,17 cm⁻¹ dan 1327,03 cm⁻¹ yang diikuti oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang 1246,02 cm⁻¹ untuk ikatan C=N. Serapan ikatan C-O ditunjukkan pada bilangan gelombang 1056,99 cm⁻¹ yang diikuti dengan munculnya serapan ikatan C-H pada bilangan gelombang 777,31 cm⁻¹.

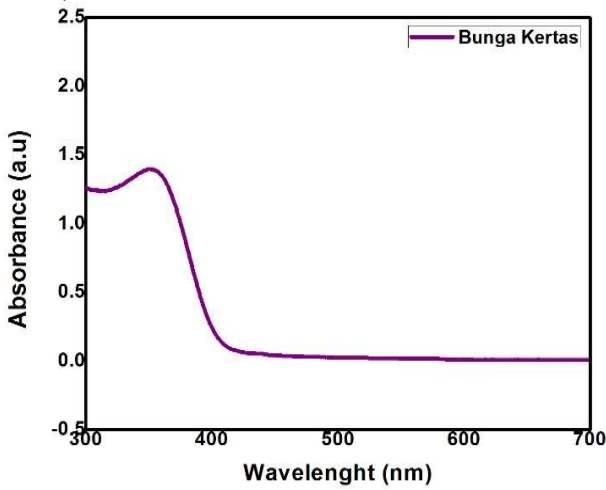
Bubuk TiO₂ menunjukkan adanya gugus fungsi O-H pada daerah 3561,74 cm⁻¹. Serapan ikatan C-H pada daerah 2924,09 cm⁻¹, ikatan C=C pada daerah 1641,42 cm⁻¹, ikatan O-Ti-O pada bilangan gelombang 677,01 cm⁻¹ dan 516,92 cm⁻¹.

Gugus hidroksil dan karbonil dalam *dye* dapat bereaksi dengan permukaan oksida semikonduktor sehingga membentuk ikatan kimia (Baharuddin, Saokani, & Risnah, 2016). Hasil karakterisasi FTIR dari bubuk pacar air dan bunga kertas menunjukkan adanya gugus-gugus fungsi tersebut.

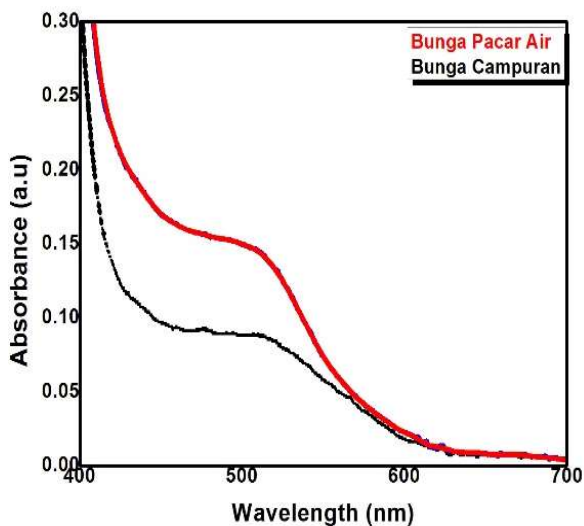
Spektroskopi UV-Vis

Gambar 3(a) menunjukkan bahwa spektrum serapan larutan *dye* bunga kertas, yaitu 300-400 nm dengan panjang gelombang maksimum 370 nm yang mengindikasikan adanya pigmen betalain. Hasil ini sesuai dengan panjang gelombang maksimum dari penelitian sebelumnya, yaitu 370 nm (Eli, D *et al*, 2016). Untuk spektrum serapan larutan *dye* bunga pacar air, yaitu 450-630 nm dengan panjang gelombang maksimum 515 nm sedangkan bunga

campuran 450-630 dengan panjang gelombang maksimum 510 nm. Daerah ini merupakan daerah panjang gelombang khas yang dimiliki oleh antosianin 475-55 nm (Mukarromah, 2016).



(a)



(b)

Gambar 3 Spektrum UV-Vis dari (a) bunga kertas (b) bunga pacar air dan bunga campuran

X-Ray Diffraction (XRD)

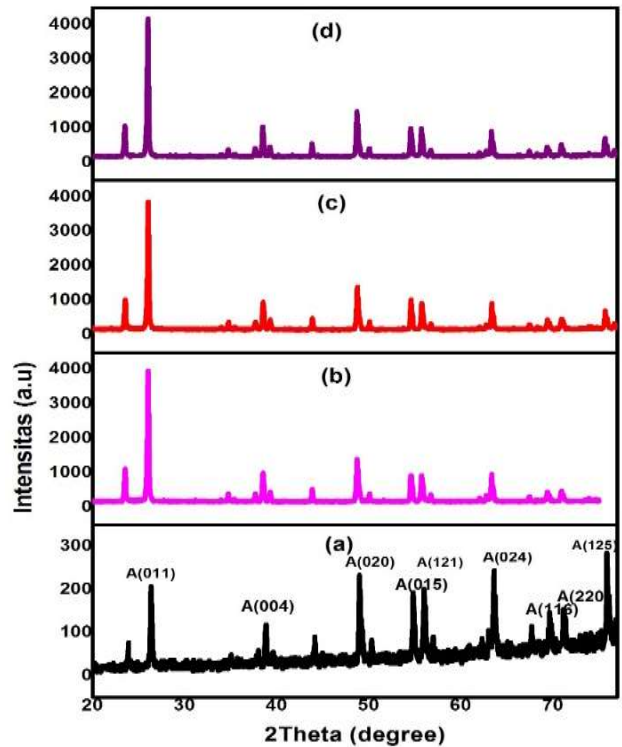
Karakterisasi XRD digunakan untuk menentukan fase dan ukuran kristal dari semikonduktor. Untuk mengidentifikasi fase kristal yang terbentuk digunakan Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS) (Agustini, Risanti, & Sawitri, 2013).

Untuk menghitung ukuran kristal dapat digunakan persamaan Scherrer (1) dan persamaan Williamson-Hall dengan metode *Uniform Deformation Model* (UDM) (2) dapat dilihat pada persamaan di bawah ini (Zak et al., 2011).

$$D = \frac{k\lambda}{\beta_{hkl}\cos(\theta)} \tag{1}$$

$$\beta_{hkl}\cos\theta = \left(\frac{k\lambda}{D}\right) + (4\sin\theta) \tag{2}$$

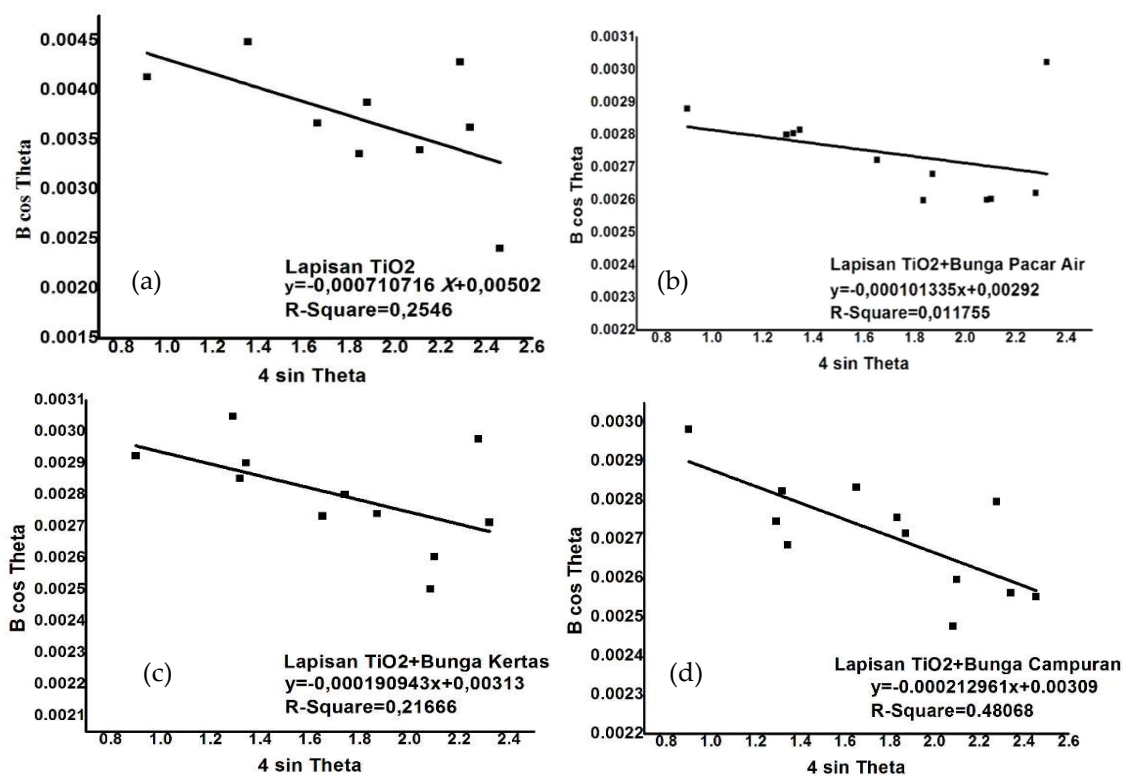
D adalah ukuran kristal suatu bahan (nm), K adalah konstanta (0,89), λ adalah panjang gelombang sinar-X (Cu $K\alpha$) (0,154 nm), β_{hk} adalah integrasi luas puncak refleksi (FWHM, radian) dan θ adalah sudut difraksi (Zak et al., 2011).



Gambar 4 Difraksi sinar-x (a) Lapisan TiO₂ (b) Lapisan TiO₂+bunga kertas (c) Lapisan TiO₂+bunga pacar air (d) Lapisan TiO₂+ bunga campuran

Pada Gambar 4, spektrum difraksi sinar-x menunjukkan bahwa fase TiO₂ yang terbentuk adalah fase anatase dengan sudut-sudut difraksi, yaitu 26,36; 39,57; 49,01; 54,84; 56,00; 63,59; 69,64; 71,18; dan 75,89. Penentuan jenis fase TiO₂ yang dihasilkan didasarkan pada kesesuaian letak puncak sudut (2θ) pada (JCPDS). Adanya penyerapan *dye* pada lapisan TiO₂ dapat dilihat juga pada gambar 4 dimana terdapat perubahan intensitas sebelum dan sesudah dilakukan perendaman.

Ukuran kristal didapatkan berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan Scherrer, adapun ukuran kristal lapisan tipis TiO₂ sebesar 37,99 nm, lapisan TiO₂ yang sudah direndam pada *dye* bunga kertas sebesar



Gambar 5 Grafik puncak sebaran (a) lapisan TiO₂ (b) lapisan TiO₂+bunga pacar air (c) lapisan TiO₂+bunga kertas (d) lapisan TiO₂+bunga campuran

49,17 nm, lapisan TiO₂ yang sudah direndam pada *dye* bunga pacar air sebesar 50,16 nm dan lapisan TiO₂ yang sudah direndam pada *dye* campuran sebesar 50,77 nm.

Ukuran kristal dari metode UDM dapat diperoleh dengan membentuk grafik seperti pada Gambar 4, dimana $4 \sin \theta$ sebagai sumbu x dan $\beta \cos \theta$ sebagai sumbu y sehingga diperoleh *intercept* dan *slope* yang akan dimasukkan ke dalam persamaan UDM untuk memperoleh ukuran kristal.

Perbandingan ukuran kristal dari metode Scherrer dan metode UDM masing-masing sampel dapat dilihat pada tabel 1 di atas, dimana selisih nilai ukuran kristal dari ke dua metode tersebut tidak terlalu jauh.

Pengujian DSSC

Berdasarkan hasil pengukuran,

diperoleh nilai tegangan sedangkan nilai arus diperoleh dengan menggunakan persamaan hukum ohm.

$$I = \frac{V}{R} \quad (3)$$

Efisiensi DSSC dapat dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$\eta = \frac{P_{\max}}{iA} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana η adalah efisiensi, i adalah intensitas cahaya, A adalah luas area kerja, P_{\max} adalah daya maksimum hasil terbesar dari perkalian arus dan tegangan pada saat variasi beban berubah-ubah yaitu 68 k Ω , 100 k Ω , 200 k Ω , 300 k Ω , 470 k Ω dan 560 k Ω .

Berdasarkan hasil pengukuran DSSC, dibuat tabel 2 yang menunjukkan bahwa bunga kertas mempunyai efisiensi sebesar 0,0015% pada perendaman 48 jam dan 0,0090%

Tabel 1 Ukuran kristal dan strain

Sampel	Ukuran Kristal (nm)		Strain
	Scherrer	UDM	
Lapisan TiO ₂	37,99	30,10	0,73
Lapisan TiO ₂ +Bunga Kertas	49,17	48,27	0,19
Lapisan TiO ₂ +Bunga Pacar Air	50,16	51,74	0,10
Lapisan TiO ₂ +Bunga Campuran	50,77	48,90	0,21

Tabel 2 Hasil uji listrik DSSC dengan *dye* bunga kertas, bunga pacar air dan bunga campuran

Bahan <i>dye</i>	Resistor (k Ω)	Intensitas (W/cm ²)	Tegangan (Volt)	Arus (μ A)	Daya (μ W)	η (%)	
Bunga Kertas	48 jam	100	0,0167	0,319	3,19	1,01	0,0015
	66 jam	68	0,00815	0,448	6,58	2,94	0,0090
Bunga Pacar Air	48 jam	68	0,0160	0,168	2,47	0,414	0,0006
	66 jam	100	0,0167	0,387	3,87	1,49	0,0022
Bunga Campuran	48 jam	68	0,0165	0,427	6,27	2,68	0,0040
	66 jam	68	0,0183	0,473	6,95	3,29	0,0044

pada perendaman 66 jam. Bunga pacar air menghasilkan efisiensi 0,0006% pada perendaman 48 jam dan 0,0022% pada perendaman 66 jam sedangkan campuran bunga kertas dan pacar air menghasilkan efisiensi 0,0040% pada perendaman 48 jam dan 0,0044% pada perendaman 66 jam. Lama perendaman lapisan TiO₂ dalam *dye* mempengaruhi nilai efisiensi yang memperlihatkan bahwa semakin lama perendaman maka semakin tinggi pula efisiensi yang dihasilkan oleh DSSC.

KESIMPULAN

Prototipe DSSC telah dibuat dari ekstrak bunga pacar air dan bunga kertas sebagai sensitizer dengan variasi perendaman. Berdasarkan pengujian DSSC, efisiensi tertinggi diperoleh pada perendaman 66 jam, yaitu dari bunga kertas 0,0090%, bunga pacar air 0,0022% dan bunga campuran 0,0044%. Semakin lama perendaman lapisan TiO₂ dalam larutan *dye* maka akan semakin tinggi efisiensi yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Adhitya, E. A., Ramelan, A. H., & Suharyana. (2013). Sintesa Titanium dioxide (TiO₂) untuk *Dye-Sensitized Solar Cell* dengan Antosianin Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa*). *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(2), 181-188.

Agustini, S., Risanti, D. D., dan Sawitri D. (2013). Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Berdasarkan Fraksi Volume TiO₂ Anatase-Rutile dengan *Garcinia Mangostana* dan *Rhoeo Spathacea* sebagai *Dye Fotosensitizer*. *Jurnal Teknik POMITS*,

2(2), 131-136.

- Aliah, H., & Pitriana, P. (2016). *Potensi Aplikasi Bayam Merah dan Jahe Merah Sebagai Dye pada Sel Surya Berbasis Dye (DSSC)*. Bandung: Laporan Akhir Penelitian-UIN Sunan Gunung Djati.
- Al-Alwani, M. A. M., Mohamad, A. B., Ludin, N. A., Kadhum, A. A. H., & Sopian, K. (2016). *Dye-Sensitized Solar Cells: Development, Structure, Operation Principles, Electron Kinetics, Characterisation, Synthesis Materials and Natural Photosensitizers*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 183-213.
- Baharuddin, A., Saokani, A. J., & Risnah I. A. (2015). Karakterisasi Zat Warna Daun Jati (*Tectona Grandis*) Fraksi Metanol:N-Heksana sebagai Photosensitizer pada *Dye Sensitized Solar Cell*. *Chimica et Natura Acta*, 3(1), 37-41.
- Eli, D., Musa, G. P., dan Ezra, D. (2016). Chlorophyll and Betalain as Light-Harvesting Pigments for Nanostructured TiO₂ Based *Dye-Sensitized Solar Cells*. *Journal of Energy and Natural Resources*, 5(5), 53-58.
- Hemamali., G. G. G. M. N., & Kumara, G. R. A. (2013). *Dye-Sensitized Solid State Solar Cells Sensitized with Natural Pigment Extracted from the Grapes*. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(1), 1-3.
- Mukarromah. (2016). Pengaruh Waktu Peredaman Nanokomposit MgO-SnO₂ pada Larutan Ekstrak Daun Jati dan Buah Mangsi terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

- Nandakumar, V. G., Suresh, S., Sreekala, C. O., Sudheer, S. K., dan Pillai, V. P. M. (2017). Hemigraphis Colorata as a Natural Dye for Solar Energy Conversion". *International Symposium on Photonics Applications and Nanomaterials*, 4, 4358-4365.
- Pablo, C. V., Rocha, R. E., Rodrigues, G. J., Martinez, P. E., Lopez, H. J., & Armendariz, M. E. (2015). Construction of dye-sensitized solar cells (DSSC) with natural pigments. *Material Today: Proceedings*, 3, 194-200.
- Ramadhani W. F. (2017). Ekstraksi Zat Warna Daun Pare (*Mordica Charantia*) dan Aplikasinya pada Dye Sensitized Solar Cell DSSC. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Syafinar, R., Gomesha, N., Irwantoa, M., Fareqa, M., & Irwana, Y. M. (2015). Cocktail Dyes From Blueberry and Dragon Fruit in the Application for DSSC". *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(15), 6348-6353.
- Zak, A. K., Majid, W. H. A., Abrishami, M. E., & Yousefi, R. (2011). X-Ray Analysis of ZnO Nanoparticles by Williamson-Hall and Size-Strain plot Methods. *Solid State Science*, 13, 251-256.
-