



## Pembuatan Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Antosianin Dari *Dye* Bunga Kenikir (*Cosmos caudatus*) dan Bunga Zinnia (*Zinnia peruviana*)

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

e-mail : eunike.dwioknain@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v15i2.4967>

Submitted: 02 Juni 2018; Accepted: 31 Oktober 2018

**ABSTRACT-** The dye sensitized solar cell (DSSC) prototype uses anthocyanin from the Kenikir flower (*Cosmos caudatus*) and the Zinnia flower (*Zinnia peruviana*) for the first time has been fabricated. The DSSC prototype was made in the form of a sandwich structure, using the spin coating method for deposition of TiO<sub>2</sub> layers. Then it was characterized using XRD which showed TiO<sub>2</sub> crystals in the anatase phase, with Crystal size of 37.99 nm using the Debye Scherrer equation and 30.10 nm using Uniform Deformation Method (UDM). The UV-Vis spectrum results in the range of 300 nm - 800 nm, showing the absorbance for the Zinnia flower dye, Kenikir flower, and mixed dye are 331 nm; 328 nm; 327 nm respectively. The FTIR results showed the presence of anthocyanin compounds in dye materials indicated by the presence of flavonol, carboxyl, and hidroxy compounds. The output generated from the DSSC prototype is in the form of currents and voltages which are then accumulated to calculate DSSC efficiency. DSSC efficiency is 0.0193% on Zinnia flower dye with 66-hour immersion time. The best efficiency of DSSC is dye from Zinnia flower when compared to Kenikir flower and dye mixture from Kenikir flowers and Zinnia flowers.

**Keywords :** *efficiency; fabrication; prototype*

### PENDAHULUAN

Sel surya merupakan salah satu perangkat yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Sel surya terdiri dari tiga jenis yaitu silikon solar sel, polimer solar sel, dan *dye sensitized solar Cel* (DSSC) (Ludin et al., 2014). DSSC adalah generasi ketiga dari sel surya yang termasuk ke dalam kategori sel surya organik. Prinsip kerjanya terinspirasi dari interaksi tanaman dengan sinar matahari (Alami et al., 2017). DSSC mengkonversi cahaya tampak menjadi listrik dengan menggunakan sistem fotoelektrokimia (Zulkifili et al., 2015).

DSSC terdiri atas fotoanoda dari kaca TCO (*Tranparant Conductive Oxide*), *dye* alami

sebagai donor elektron, dan elektrolit sebagai transfer elektron (Subodro & Sunaryo, 2013) dengan substrat ITO (*Indium tin oxide*) yang dilapisi semikonduktor seperti TiO<sub>2</sub>, ZnO, SnO<sub>2</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan berbagai metode seperti *doctor blade*, *screen printing*, elektroposisi, dan *spin coating* (Dahlan, Leng, & Aziz, 2016).

Prinsip kerja DSSC didasarkan pada kinetika reaksi transfer elektron yang menyebabkan terjadi fotoelektrokimia di dalam DSSC. Sumber *dye* pada DSSC dapat berasal dari pewarna alami maupun pewarna sintetik (Zulkifili et al., 2015). yang memiliki karakteristik sebagai penangkap *foton dengan pita serapan yang luasserta mengandung pigmen* seperti pigmen antosianin, klorofil, flavonoid dan

beberapa lainnya (Aristyanti, Wartini, & Gunam, 2017).

Pada penelitian ini, *dye* yang digunakan berasal dari familia yang sama yaitu *Bunga Zinnia* dan Bunga kenikir berasal dari famili *Archaceae*, dengan tujuan untuk menunjukkan efek zat pewarna secara jelas pada karakterisasinya, sehingga dengan panjang gelombang yang sama akan menghasilkan absorbansi lebih baik (Karakus, Koca, & Cetin, 2017). Absorbansi yang baik dapat meningkatkan efisiensi DSSC. Pada penelitian ini dilakukan perendaman selama 48 jam dan 66 jam untuk mengamati pengaruh lama waktu perendaman terhadap efisiensi DSSC.

## METODE PENELITIAN

Sebelum mengekstraksi *dye* dari bunga kenikir dan *Zinnia*, bunga kenikir dan bunga *Zinnia* dikeringkan selama 4 hari, lalu dihaluskan hingga berbentuk bubuk, masing-masing sebanyak 7,5 g, kemudian dicampur dengan pelarut Etanol 10 ml, Aquades 8 ml, dan 2 ml asam sitrat. Campuran ini diaduk dengan stirrer bar pada hotplate dengan suhu 30<sup>o</sup> pada kecepatan 1000 rpm, selama 30 menit (ditutup dengan aluminium foil). Larutan didiamkan selama 24 jam (proses maserasi), setelah di maserasi selama 24 jam, *dye* kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Hasil dari saringan ditutup dengan aluminium foil agar tidak terjadi evaporasi.

Untuk pembuatan pasta, 1 g TiO<sub>2</sub> digerus dan dimasukkan ke dalam gelas kimia. Selanjutnya, ditambahkan 8 ml Ethanol dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Untuk menentukan bagian yang bersifat konduktif kaca ITO, digunakan multimeter. Kaca ITO di beri batas dengan luas area kerja 4 cm<sup>2</sup>. Selanjutnya, kaca konduktif ditetesi dengan TiO<sub>2</sub> sampai merata di seluruh permukaan dan diletakkan pada alat *spin coating* dengan kecepatan putar 3000 rpm. Pembuatan lapisan tipis dilakukan dengan 4 kali pelapisan setiap 15 detik agar hasilnya merata. Selanjutnya disintering pada suhu 450 °C selama 10 menit. Sampel yang telah dilapisi dengan TiO<sub>2</sub> direndam dalam *dye* selama 48 jam dan 66 jam.

Untuk pembuatan elektrolit, 0,8 g pottasium iodide (*KI*) dilarutkan ke dalam 10 ml polyethylene glycol (*PEG*) dan diaduk. Kemudian, ditambahkan 0,127 g iodine (*I<sub>2</sub>*) dan diaduk selama 10 menit. Sisi konduktif kaca ITO untuk elektroda pembanding dilapisi dengan *grafit* dan disintering dengan suhu 450oC selama 10 menit.

Pada fabrikasi DSSC, dimulai dengan kaca ITO sebagai *working electrode* ditetesi dengan larutan elektrolit sampai menutupi TiO<sub>2</sub>, kemudian ditutupi dengan *counter electrode* yaitu kaca ITO yang dilapisi *grafit* dan kedua sisinya elektroda di satukan. Penjepit buaya digunakan pada tepi elektroda lawan dan elektroda kerja sebagai kontak pada sel. Dilakukan karakterisasi bubuk *dye* dan bubuk TiO<sub>2</sub> menggunakan FTIR. Selanjutnya dilakukan karakterisasi UV-Vis spektrofotometer pada larutan *dye*, kemudian dilakukan uji XRD untuk elektroda kerja pada keadaan sebelum dan setelah perendaman.

Dalam penelitian ini, karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), dan UV-Vis *Spectrophotometer* masing-masing digunakan untuk mengamati struktur kristal pada *sample* TiO<sub>2</sub>, ikatan kimia, dan menentukan nilai absorbansi.

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui struktur Kristal, dan untuk menghitung ukuran butir TiO<sub>2</sub> digunakan persamaan Debye Scherrer berikut (Goncalves, 2012) (Al Qibtiya, Muliani, & Hidayat, 2014):

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

dimana *D* adalah Ukuran Kristal bahan (nm), *k* adalah Konstanta untuk TiO<sub>2</sub> (0,89), *λ* adalah panjang gelombang Sinar-X (0,154 nm), *β<sub>hkl</sub>* adalah lebar spektrum XRD (radian), *θ* adalah sudut difraksi (radian). Selain metode Debye Scherrer, juga digunakan metode Williamson Hall Plot-Uniform Deformation Method (UDM) untuk menghitung ukuran butir dan membandingkan dengan metode Scherrer. Metode UDM menggunakan Persamaan (2) (Zak, Majid, Abrishami, & Yousefi, 2016) dengan *θ* adalah sudut difraksi, *D* adalah ukuran Kristal bahan (nm), *K* adalah konstanta untuk TiO<sub>2</sub>(0,89),

$\lambda$  adalah panjang Gelombang Sinar-X (0,154 nm) dan  $\beta_{hkl}$  adalah lebar bukit (radian).

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

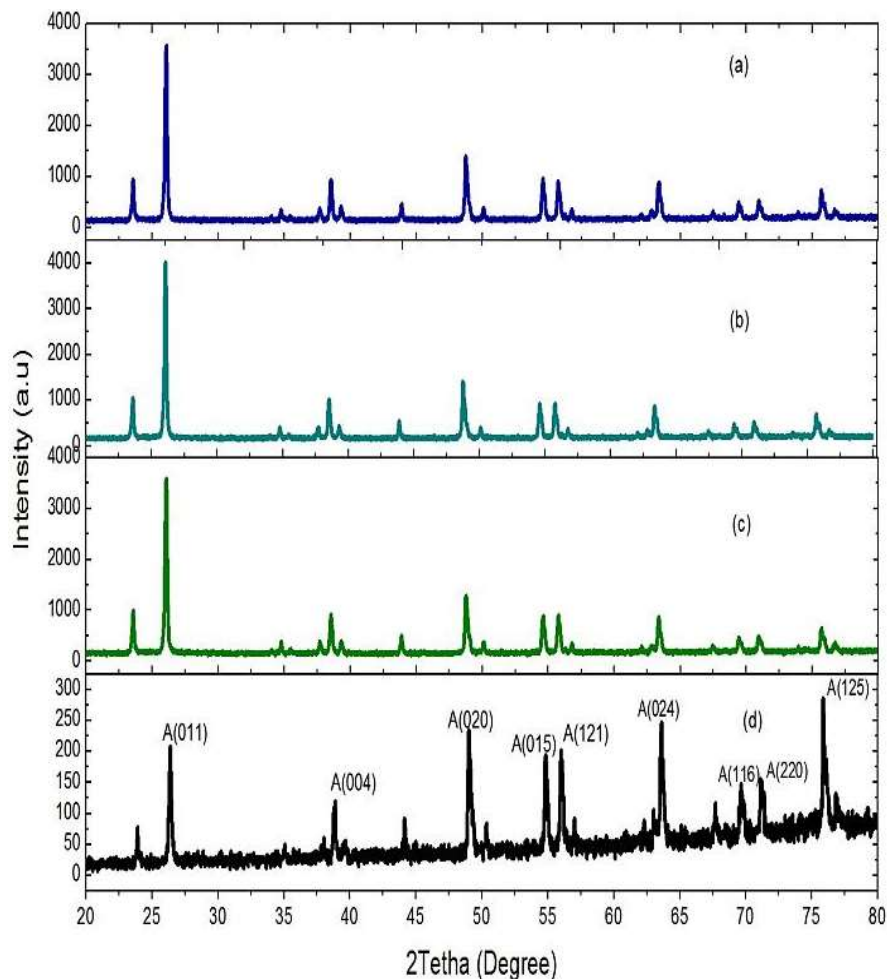
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Difraksi Sinar-X

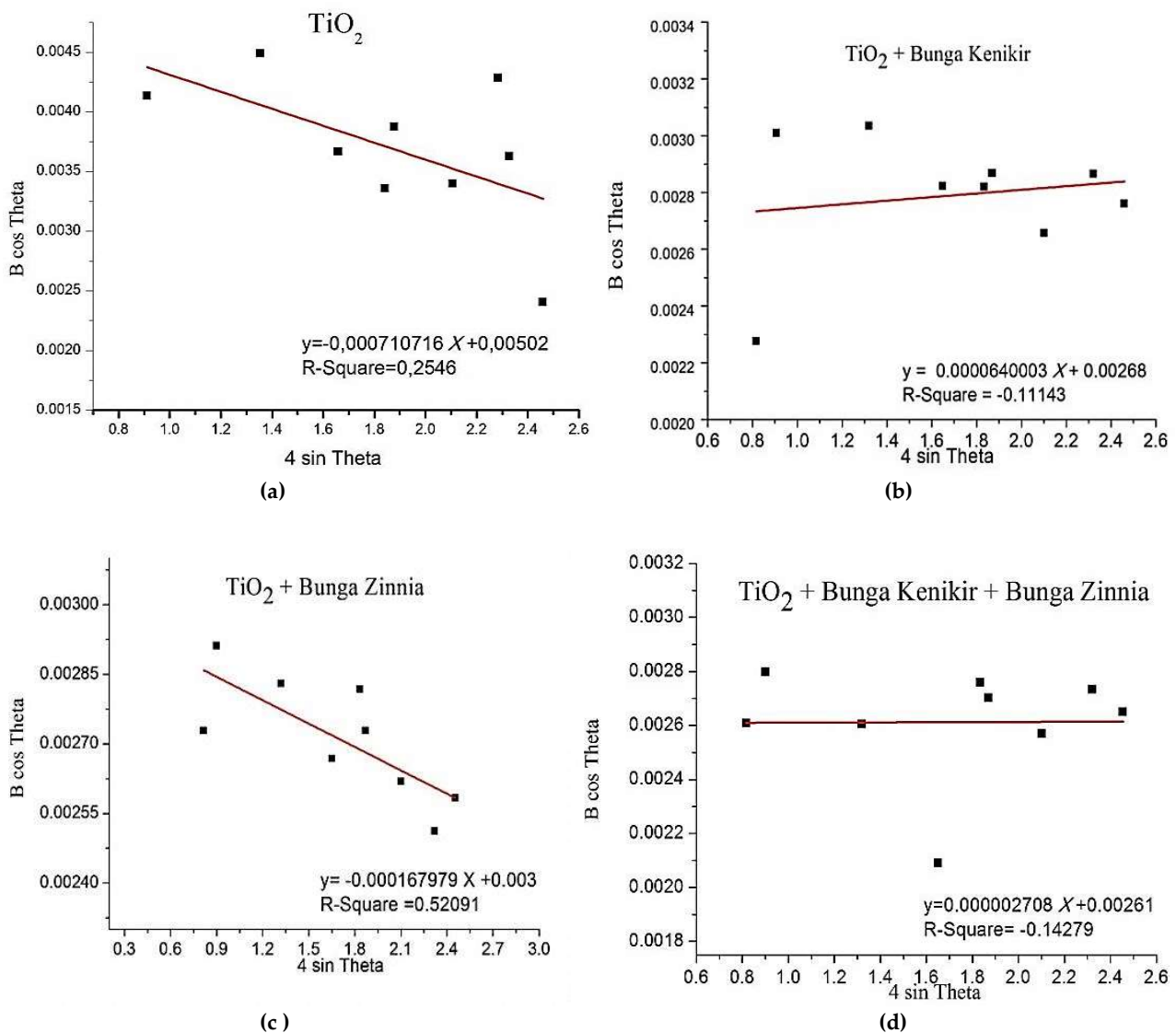
Pada Gambar 1 memperlihatkan spektrum difraksi sinar-X untuk TiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>-Bunga Kenikir, TiO<sub>2</sub>-Bunga Zinnia, TiO<sub>2</sub>-Bunga Kenikir-Bunga Zinnia. Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 bahwa fase TiO<sub>2</sub> merupakan fase anatase yang sudut-sudut difraksinya dinyatakan, masing-masing 26,38; 38,88; 49,00; 54,84; 56,00; 63,62; 69,64; 71,14; 75,90 (jcpds no. 21-1272). Dari spectrum sinar-X, diperoleh ukuran butir untuk metode Debye Scherrer adalah 37,99 nm dan untuk metode UDM 30,10 nm.

Pada Gambar 1(a), 1(b), 1(c), dan 1(d) menunjukkan bahwa adanya serapan *dye* pada molekul TiO<sub>2</sub>. Hal ini dapat dilihat adanya peningkatan intensitas pada TiO<sub>2</sub> yang sudah direndam pada *dye*. Untuk melihat perbedaan intensitas TiO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah direndam pada *dye* dapat dilihat pada Tabel 1. Titik sebaran puncak difraksi, masing-masing *sample* berdasarkan data XRD menggunakan Metode UDM, dapat di lihat pada Gambar 2.

Grafik sebaran puncak pada TiO<sub>2</sub> dan masing-masing *dye* ditunjukkan pada Gambar.2 yang akan menghasilkan nilai *intercept* dan *slope* yang akan di masukkan kedalam persamaan UDM untuk dapat mengetahui ukuran kristal dan regangan kristal. Adapun data yang diperoleh dari hasil perhitungan metode UDM seperti ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 1 Spektrum Difraksi Sinar-X(a) TiO<sub>2</sub>-Bunga Kenikir-Bunga Zinnia (b) TiO<sub>2</sub>-Bunga Zinnia(c) TiO<sub>2</sub>-BungaKenikir (d) TiO<sub>2</sub>



Gambar 2 Puncak sebaran (a)  $TiO_2$  (b)  $TiO_2 + \text{Bunga Kenikir}$  (c)  $TiO_2 + \text{Bunga Kenikir}$  (d)  $TiO_2 + \text{Bunga Kenikir} + \text{Bunga Zinnia}$

Tabel 1 Intensitas puncak  $TiO_2$  dan Dye

(hkl)	Intensitas			
	Ti O <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub> + Bunga Keikir	TiO <sub>2</sub> + Bunga Zinnia	TiO <sub>2</sub> + Bunga Kenikir Bunga Zinnia
(001)	208	3576	4022	3568
(004)	120	910	1004	934
(020)	224	1268	1404	1388
(015)	194	870	902	962
(121)	202	898	916	908
(024)	246	850	864	886
(116)	148	470	486	498
(220)	156	484	528	528
(125)	260	658	678	688

Tabel 2 dapat dilihat perbandingan antara ukuran kristal menggunakan metode Debye Scherrer dan metode UDM. Kedua

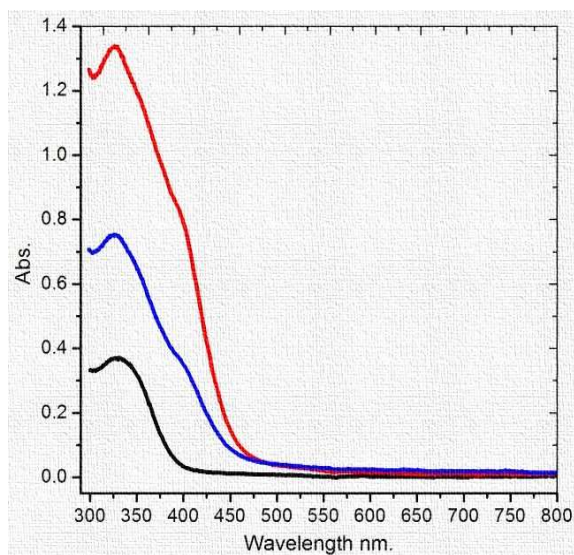
metode yang digunakan menghasilkan ukuran Kristal yang hampir sama yaitu selisi dibawah 10 nm, dan masih termasuk ke dalam batas normal untuk perbedaan ukuran Kristal menggunakan metode yang berbeda.

Tabel 2 Ukuran Kristal dan Strain

Sample	Ukuran Kristal (nm)		Strain
	UDM	Debye Scherrer	
$TiO_2$	30,10	37,99	0,710
Bunga kenikir	56,3818	48,2755	0,064
Bunga Zinnia	50,3678	50,3877	0,168
Bunga Kenikir- Bunga Zinnia	57,8940	52,81	0,002

### Spektrum UV-Vis

Karakteristik UV-Vis digunakan untuk melihat rentang panjang gelombang absorpsi oleh *dye* sebagai sensitizer pada DSSC, yang akan dikarakterisasi adalah hasil ekstraksi dari bunga kenikir dan bunga Zinnia dalam bentuk larutan. Hasil karakterisasi larutan *dye* dapat dilihat pada Gambar 3.



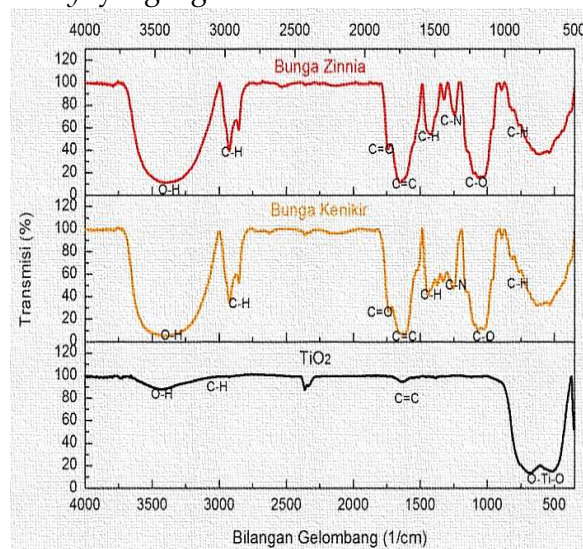
Gambar 3 Spektrum UV-Vis (Hitam) Bunga Zinnia, (Merah) Bunga Kenikir, (Biru) Bunga Zinnia-Bunga kenikir

Gambar 3 menunjukkan garis berwarna hitam, merah, dan biru masing-masing mewakili ekstrak *dye* dari bunga Zinnia, bunga kenikir, bunga kenikir-zinnia, dengan rentang panjang gelombang 300 nm - 800 nm. Ekstrak *dye* dari bunga kenikir, Bunga Zinnia, dan campuran keduanya masing-masing memiliki absorbansi terbesar yaitu 1,339; 0,372 ; 0,753 yang berada pada puncak panjang gelombang 328 nm; 331 nm; 327 nm. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga *dye* mengandung senyawa flavonoid jenis flavonol (Lumbessy, Abidjulu, & Paendong, 2013), benzopyrylium dan 2-phenyl yang merupakan bagian dari senyawa yang termasuk kedalam kelompok antosianin (Nandakumar et al., 2017). Pada penelitian ini, puncak absorbansi bahan yang diperoleh berada pada panjang gelombang 327 nm, 328 nm dan 331 nm untuk absorbansi lebih besar dari 0,3. Hal ini mungkin di

sebabkan kurangnya konsentrasi bahan yang digunakan, karena dilakukannya pengenceran sebesar 45x.

### Spektrum FTIR

Karakterisasi FTIR ini digunakan untuk melihat ikatan kimia yang terdapat pada  $\text{TiO}_2$  dan *dye* yang digunakan.



Gambar 4 FTIR Bubuk  $\text{TiO}_2$ , Serbuk Bunga Kenikir, dan Serbuk Bunga Zinnia

Hasil pengujiannya FTIR  $\text{TiO}_2$  ditunjukkan pada Gambar.6 (Bagian Bawah). Seperti yang diperlihatkan pada Gambar.4. bahwa pada bubuk  $\text{TiO}_2$  terdapat ikatan senyawa  $\text{TiO}_2$ , alkena, alkana, dan hidroksil. Pada bilangan gelombang 501-671  $\text{cm}^{-1}$  terdapat ikatan O-Ti-O. Terdapat ikatan lain pada  $\text{TiO}_2$  yang menunjukkan senyawa pengotoran karena  $\text{TiO}_2$  yang digunakan tidak murni. Pada bubuk bunga kenikir terdapat ikatan, karbonil, amida, alkana, alkena, hidroksil. Pada masing-masing bilangan gelombang 763,81  $\text{cm}^{-1}$ ; 1026,13-1099,43  $\text{cm}^{-1}$ ; 1251,80  $\text{cm}^{-1}$ ; 1444,68  $\text{cm}^{-1}$ ; 1612,49  $\text{cm}^{-1}$ -1943,35  $\text{cm}^{-1}$ ; 1732,08; 2852,72  $\text{cm}^{-1}$ -2922,16  $\text{cm}^{-1}$ ; 3388,93  $\text{cm}^{-1}$  terdapat ikatan C-H; C-O; C-N; C-H; C=C; C=O; C-H; O-H.

Pada bubuk zinnia terdapat ikatan C-H; C-O; C-N; C=C; dan O-H pada masing-masing bilangan gelombang 763,81  $\text{cm}^{-1}$ ; 1026,13-1099,43  $\text{cm}^{-1}$ ; 1242,16  $\text{cm}^{-1}$ ; 1651,07  $\text{cm}^{-1}$ ; 1739,79  $\text{cm}^{-1}$ ; 2854,65-2924,09  $\text{cm}^{-1}$ ; 3412,08  $\text{cm}^{-1}$ . Senyawa yang

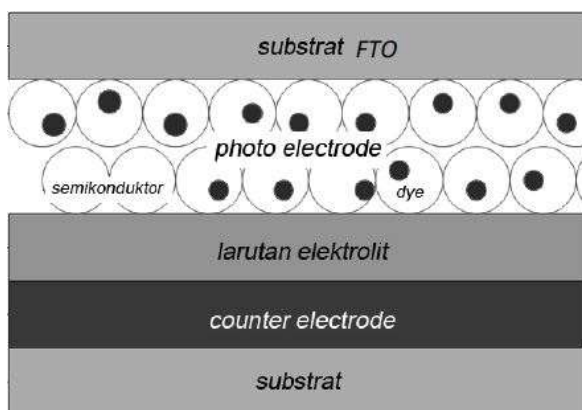
berikatan merupakan alkena, karbonil, amida, alkana, hidroksil.

Spektrum yang di dihasilkan berupa grafik menunjukkan presentasi transmitan yang bervariasi pada setiap frekuensi radiasi inframerah (Dachriyanus, 2014). Antosianin yang terbentuk secara alami mempunyai kelompok hidroksil (-OH) dan karboksil (C=O).

Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR tersebut dapat diketahui bahwa senyawa yang telah diekstrak mengandung antosianin, dan unsur-unsur pada  $TiO_2$  dapat berikatan dengan unsur-unsur yang dimiliki oleh serbuk *dye*, sehingga *dye* dapat digunakan sebagai zat pemberi warna atau sensitizer pada DSSC.

### Pengujian Performansi DSSC

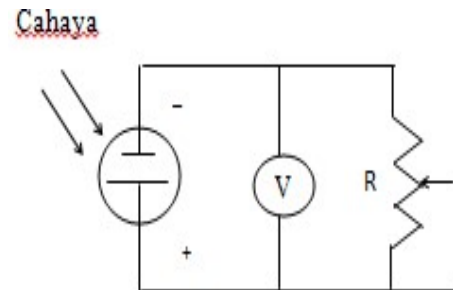
DSSC struktur *sandwich* dapat di ilustrasi seperti pada Gambar 5 :



Gambar 5 Ilustrasi *sandwich* DSSC (Subodro & Sunaryo, 2013)

Untuk kemampuan kerja sel surya dapat dilihat melalui pengukuran arus terhadap variasi tegangan. Rangkaian pengukuran tegangan pada konstruksi sel surya dilakukan

menggunakan rangkaian tanpa hambatan dan dengan variasi resistor. Pengukuran dilakukan dengan penyinaran cahaya matahari. Skema pengujian ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Skema pengujian tegangan pada DSSC

Untuk arus yang dihasilkan dihitung menggunakan hukum Ohm seperti pada Persamaan (3) (Firmanila, 2016).

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

untuk menentukan efisiensi DSSC digunakan persamaan (4) berdasarkan data eksperimen yang telah diperoleh (Satriani, 2017)

$$\eta = \frac{P}{i \cdot A} \times 100\% \quad (4)$$

dimana  $\eta$  adalah efisiensi (%),  $P$  adalah daya ( $Watt/m^2$ ),  $i$  adalah intensitas cahaya (Lux) dan  $A$  adalah luas permukaan ( $cm^2$ ).

Pengujian tegangan dilakukan dengan membuat rangkaian terbuka seperti pada Gambar 6, dengan sumber energi menggunakan cahaya matahari. Pada pengukuran ini dilakukan pengamatan perubahan nilai tegangan menggunakan multimeter pada setiap variasi resistor yang digunakan. Adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3 :

Tabel 3 Pengujian Arus –Tegangan DSSC

Dye/ Perendaman	Resistor (k $\Omega$ )	Intensitas (W/cm $^2$ )	Arus ( $\mu A$ )	Tegangan (V)	Daya ( $\mu W$ )	Efisiensi (%)
Bunga Zinnia 66 jam	20	0,0148	23, 95.	0,479	11,47	0,0193
Bunga Zinnia 48 Jam	100	0,0178	1,97	0,197	0,3880	0,0005
Bunga Kenikir 66 jam	68	0,0142	6,279	0,427	2,681	0,0047
Bunga Kenikir 48 jam	100	0,0179	3,48	0,348	1,211	0,0017
Bunga Kenikir- Zinnia 66 jam	68	0,0167	6,25	0,425	2,656	0,0040
Bunga Kenikir- Zinnia 48 jam	100	0,0178	1,97	0,197	0,3880	0,0005

Setelah dilakukan perhitungan arus, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai  $P_{\max}$  yang merupakan daya maksimum yang dihasilkan DSSC. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa  $P_{\max}$  yang dihasilkan oleh DSSC dengan *dye* bunga zinnia, bunga kenikir, bunga zinnia-kenikir pada perendaman 48 jam masing-masing  $0,388 \mu\text{W}$ ;  $1,211 \mu\text{W}$ ;  $0,38809 \mu\text{W}$  sedangkan pada perendaman 66 jam diperoleh  $P_{\max}$  masing-masing  $0,1147 \mu\text{W}$ ;  $2,681 \mu\text{W}$  dan  $2,6265 \mu\text{W}$ .

Efisiensi konversi dari DSSC, di hitung menggunakan Persamaan (4). Dari hasil perhitungan yang didapatkan maka diketahui bahwa efisiensi dari DSSC yang menggunakan bunga Zinnia sebagai *dye* lebih baik dibandingkan dengan menggunakan bunga kenikir dan menggunakan campuran *dye*. Perendaman juga berpengaruh terhadap efisiensi dimana efisiensi lebih besar pada perendaman 66 jam dibandingkan dengan perendaman 48 jam untuk tiap-tiap *dye* yang digunakan.

## KESIMPULAN

Pembuatan prototipe DSSC yang menggunakan bunga Kenikir (*Cosmos Caudatus L.*), dan bunga Kertas Zinnia (*Zinnia Peruviana*) telah berhasil difabrikasi. Karakterisasi XRD menunjukkan bahan yang digunakan memiliki bentuk Kristal, yang berada pada fase anatase, serta adanya serapan yang baik pada  $\text{TiO}_2$ . Karakteristik FTIR menunjukkan adanya kandungan senyawa antosianin. Puncak absorpsi terdapat pada daerah panjang gelombang UV. Efisiensi dari DSSC yang menggunakan bunga Zinnia lebih baik dari pada yang menggunakan bunga kenikir dan *dye* campuran.

## DAFTAR PUSTAKA

Al Qibtiya, M., Muliani, L., & Hidayat, J. (2016). Karakteristik Pasta  $\text{TiO}_2$  Suhu Rendah untuk Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 14(1), 24-28.

Alami, A. H., Assad, M. A., Aokal, K., Rajab, B., & Alawadhi, H. (2017). Application of Icosahedral Phase Compound for Mesoporous Layer Material in Dye-

Sensitized Solar Cells. *Procedia engineering*, 184, 616-624. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.126>.

- Aristyanti, N. P. P., Wartini, N. M., & Gunam, I. W. (2017). Rendemen dan Karakteristik ekstrak pewarna bunga kenikir (*Tagetes erecta L.*) Pada perlakuan jenis pelarut dan lama ekstraksi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 13-23.
- Dachriyanus, D. (2014). *Analisis Struktur Senyawa Organik*. Padang: LPTIK Universitas Andalas.
- Dahlan, D., Leng, T. S., & Aziz, H. (2016). Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) dengan Sensitiser Dye Alami Daun Pandan, Akar Kunyit dan Biji Beras Merah (Black Rice). *Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas*, 8(1), 1-8.
- Firmanila, V. (2016). *Karakterisasi DSSC pada Semikonduktor  $\text{ZnO-SiO}_2$  Dengan Pewarna Ekstrak Buah Manggis dan Daun Jatih. Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Karakuş, M. Ö., Koca, İ., Er, O., & Çetin, H. (2017). Dye ingredients and energy conversion efficiency at natural dye sensitized solar cells. *Optical Materials*, 66, 552-558.
- Ludin, N. A., Mahmoud, A. A. A., Mohamad, A. B., Kadhum, A. A. H., Sopian, K., & Karim, N. S. A. (2014). Review on the development of natural dye photosensitizer for dye-sensitized solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 386-396. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.001>
- Lumbessy, M., Abidjulu, J., & Paendong, J. J. (2013). Uji Total Flavonoid Pada Beberapa Tanaman Obat Tradisional Di Desa Waitina Kecamatan Mangoli Timur Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara. *Jurnal MIPA*, 2(1), 50-55.
- Nandakumar, V. G., Suresh, S., Sreekala, C. O., Sudheer, S. K., & Pillai, V. M. (2017). *Hemigraphis colorata* as a natural dye for solar energy conversion. *Materials*

*Today: Proceedings*, 4(2), 4358-4365.

Satriani, W. (2017). *Pembuatan Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Klorofil Daun Jarak dan Antosianin Bunga Krisan Ungu*. Skripsi. Universitas Hasanuddin

Subodro, R., & Sunaryo, S. (2013) Ekstraksi Pewarna Bahan Antosianin Kulit Terong Ungu Sebagai Pewarna Alamipada Sel Surya Dye Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *Majalah*

*Online Politeknosains*, 11(2), 74-83.

Zak, A. K., Majid, W. A., Abrishami, M. E., & Yousefi, R. (2011). X-ray analysis of ZnO nanoparticles by Williamson–Hall and size–strain plot methods. *Solid State Sciences*, 13(1), 251-256.

Zulkifili, A. N. B., Kento, T., Daiki, M., & Fujiki, A. (2015). The basic research on the dye-sensitized solar cells (DSSC). *Journal of Clean Energy Technologies*, 3(5), 382-387.