



## ANALISIS PEMBUATAN PROTOTIPE DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN ANTOSIANIN DARI DYE BIJI KAKAO SEBAGAI FOTOSENSITIZER

Friska Simbolon dan Abdul Rais

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan  
*simbolonfriska99@gmail.com, rais.rayyan71@yahoo.com*

Diterima: Desember 2020. Disetujui: Januari 2021. Dipublikasikan: Februari 2021

### ABSTRAK

Telah berhasil dibuat Dye Sensitized Solar Cell dengan menggunakan pewarna dari ekstrak biji kakao dengan variasi lama perendaman semikonduktor dalam pewarna. Hasil pengujian XRD menunjukkan bahwa Kristal  $\text{TiO}_2$  berada difase anatase dengan ukuran Kristal 25.99228 nm, 12.94122 nm dan 12.94136 nm yang dihasilkan dengan metode Debye Scherrer. Karakterisasi UV-Vis dye pada panjang gelombang 300 nm - 800 nm menunjukkan bahwa pewarna dapat bekerja pada cahaya UV dan cahaya tampak sedangkan untuk hasil UV-Vis pada semikonduktor  $\text{TiO}_2$  hanya memiliki puncak absorbansi pada cahaya UV pada panjang gelombang 296.0 nm yaitu 2.5938 a.u. Nilai tegangan dan arus yang diperoleh akan diakumulasi untuk mengetahui efisiensi dari rangkaian DSSC. Masing –masing efisiensi yang dihasilkan untuk lama perendaman 6 Jam, 12 Jam, 18 Jam dan 24 Jam secara berurut adalah 0,0197%; 0.0258%; 0.0397% dan 0.0426%.

**Kata Kunci:**  $\text{TiO}_2$ , CTAB, PEG-6000, Metode Sol Gel, XRD, SEM.

### ABSTRACT

*Dye Sensitized Solar Cell has been successfully made using dye from cocoa bean extract with variations in the duration of immersion of the semiconductor in the dye. XRD test results showed that  $\text{TiO}_2$  crystals were in the anatase phase with crystal sizes of 25.99228 nm, 12,94122 nm and 12.94136 nm produced by the Debye Scherrer method. Characterization of UV-Vis dye at a wavelength of 300 nm – 800 nm shows that the dye can work on UV light and visible light, while for UV-Vis results of  $\text{TiO}_2$  semiconductors, its only has an absorbance peak in UV light at a wavelength of 296.0 nm, namely 2.5938 a.u. The voltage and current values obtained will be accumulate to determinate the edfficiency of DSSC circuit. Each efficiency produced for 6 hours, 12 hours, 18 hours, and 24 hours, respectively, was 0.0197 %, 0.0258 %, 0.0397 % and 0,0426 %.*

**Keywords:**  $\text{TiO}_2$ , CTAB, PEG-6000, Sol Gel method, XRD, SEM.

### PENDAHULUAN

Energi mempunyai peranan yang sangat krusial pada perekonomian, baik dimanfaatkan menjadi bahan bakar juga komoditas ekspor. Kebutuhan energi yang semakin tinggi sejalan dengan pertumbuhan ekonomi serta

pertambahan penduduk yang terus meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut, perlu dikembangkan sumber daya energi, baik itu energi fosil maupun energi terbarukan. Sumber energi fosil khususnya minyak bumi memiliki jumlah yang terbatas yang suatu saat

nanti akan dapat habis jika terus menerus digunakan (Muchammad Abrori Sugiyanti.,dkk, 2017) .

Indonesia mempunyai banyak potensi energi terbarukan, salah satunya yaitu dengan memanfaatkan tenaga matahari yang berkesinambungan, bersih serta melimpah karena secara geografis Indonesia dilewati oleh garis khatulistiwa serta mendapatkan panas matahari lebih banyak daripada negara lain,yaitu 4800 watt/m<sup>2</sup> setiap harinya (Z.L.Zahrok et al, 2015).

Salah satu model pemanfaatan energi surya untuk memperoleh energi listrik yaitu solar cell (Dafi Dzulfikar,2016). Energi listrik bisa didapatkan dengan mengonversi sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan photovoltaic (PV). Photo artinya merujuk pada cahayanya serta voltaic merujuk kepada tegangan. Photovoltaic cell dirancang menggunakan bahan semikonduktor yaitu silikon yang dilapisi dengan bahan tambahan khusus. Cara kerja dari photovoltaic cell adalah bila cahaya matahari mencapai cell maka elektron akan terlepas dari atom silicon serta mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga membangkitkan energi listrik (Chenni,R.,et al, 2007).

DSSC ialah sel surya yang termasuk kedalam kategori sel surya organik yang memiliki prinsip kerja yang terinspirasi dari hubungan antara tumbuhan dan sinar matahari melalui penambahan pewarna baik pewarna alami maupun pewarna sintetis (Abdul H.A., et al, 2017 ). DSSC mengkonversi cahaya tampak menjadi energi listrik dengan memanfaatkan sistem fotoelektrokimia (Arini N.B.Z., et al, 2015 ). Pada DSSC, pewarna alami sebagai sensititizer memainkan peran utama untuk mengisap foton dari sinar matahari serta mengubahnya menjadi arus listrik. Dye bisa ditemukan diberbagai buah dan tumbuhan. Karakteristik penting dari bahan dye yang digunakan yaitu mampu menyerap spektrum cahaya yang lebar serta cocok dengan pita energi Titania (Ardian, 2016).

Antosianin ialah pigmen yang memberikan warna pada buah-buahan, daun dan bunga dengan kisaran warna ungu-biru. Senyawa antosianin termasuk dalam kelompok flavonoid yang bersifat polar sehingga bisa diekstraksi

dengan pelarut polar, misalnya C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, H<sub>2</sub>O, dan C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub> (W. F. Ramadhani, 2017).

Buah kakao atau *Theobroma cacao* L., merupakan tanaman yang banyak mengandung antosianin (Figueira., Janick & BeMiller, 1993). Buah kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah salah satu tanaman perkebunan yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) mengandung senyawa antioksidan dan antiradikal yang telah diuji secara invitro, beberapa dari senyawa fenolik tersebut yaitu katekin, epikatekin, antosianin, proantosianidin, asam fenolik, dan beberapa flavonoid (Arlorio., et al, 2005).

### METODE PENELITIAN

Biji kakao terlebih dahulu dikeringkan lalu dipisahkan dari kulit arinya kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan alu. 20 gram serbuk biji kakao dilarutkan dengan 30 ml etanol ditambah dengan 4 gram asam sitrat dan 20 ml aquades dicampurkan kedalam gelas kimia kemudian di stirer selama 30 menit. Kemudian dilakukan maserasi selama 24 jam lalu disaring untuk memisahkan larutan pewarna dari ampasnya.

Untuk pembuatan pasta TiO<sub>2</sub> dilakukan dengan melarutkan 2 gram serbuk TiO<sub>2</sub> kedalam 16 ml etanol lalu dipanaskan menggunakan hotplate magnetik stirer dengan suhu 100°C selama 50 menit dengan kecepatan 200 rpm. Selanjutnya pasta TiO<sub>2</sub> dideposisi pada area kerja kaca FTO kemudian diratakan dengan menggunakan spin coating dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 detik lalu disintering pada suhu 400°C selama 10 menit. Kemudian dilakukan karakterisasi spektrofotometer UV-Vis, XRD dan SEM. Setelah dilakukan karakterisasi, kemudian direndam dalam dye dengan variasi waktu 6 jam, 12 jam, 18 jam dan 24 jam.

Untuk pembuatan elektrolit, 1 gram KI dilarutkan kedalam 10 ml Polyethylene Glycol (PEG) lalu diaduk, kemudian ditambahkan Iodine (I<sub>2</sub>) sebanyak 0,127 gr yang sebelumnya telah digerus menggunakan mortar dan alu. Kemudian campuran larutan tersebut diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 10 menit.

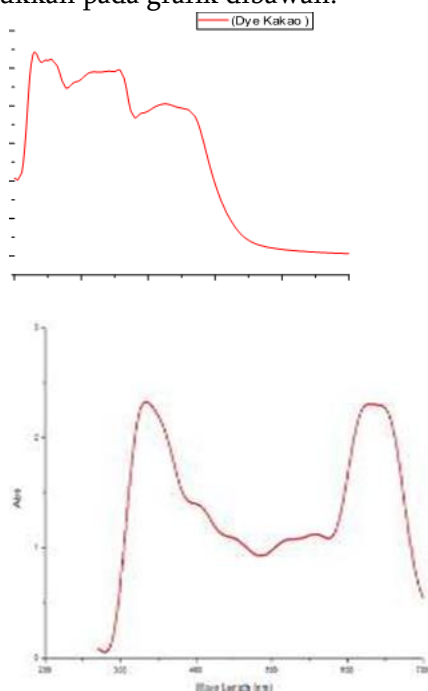
Untuk pembuatan katalis, sisi konduktif kaca FTO diarsir menggunakan grafit pencil 7B lalu dibakar menggunakan lilin hingga terbentuk lapisan karbon kemudian dipanaskan dengan suhu 400°C selama 10 menit.

Elektroda kerja (kaca yang telah dilapisi pasta TiO<sub>2</sub> dan direndam dalam pewarna kakao) ditempelkan pada elektroda pembanding yaitu kaca yang dilapisi dengan karbon dan dijepit menggunakan paper clip. Sebelum kedua elektroda ditempelkan, terlebih dahulu ditetesi cairan elektrolit sebanyak dua tetes pada elektroda. Pada tepi elektroda kerja dan elektroda lawan diberi penjepit buaya sebagai kontak pada sel. Kemudian dirangkai dengan memberikan hambatan sebesar 20 kΩ dan menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi lalu dilakukan pengujian nilai arus dan tegangan menggunakan multimeter.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### UV-Vis dye Kakao

Zat warna yang telah dimaserasi dilakukan karakterisasi UV-Vis untuk mengukur panjang gelombang dan absorbansi dari dye. Hasil dari pengujian UV-Vis dye biji kakao pada panjang gelombang 300-800 nm ditunjukkan pada grafik dibawah:



Gambar 1. Hasil pengujian Uv-Vis dye.

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa dye hasil ekstrak biji kakao dapat menyerap spectrum cahaya pada rentang panjang gelombang 300 nm – 800 nm. Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil karakterisasi UV-Vis dari dye kakao bekerja pada cahaya tak tampak hingga cahaya tampak sama seperti hasil UV-Vis yang terdapat pada literature. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nurdin (2019) mengatakan bahwa dye yang bekerja pada cahaya tampak sesuai dengan yang diharapkan dimana cahaya tampak terjadipada panjang gelombang 400 nm – 800 nm.

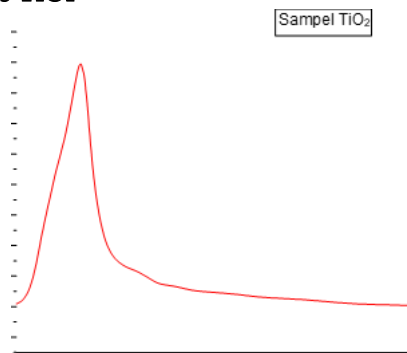
Berdasarkan grafik hasil pengujian diatas diperoleh puncak absorbansi dye kakao berada pada panjang gelombang sebagai berikut:

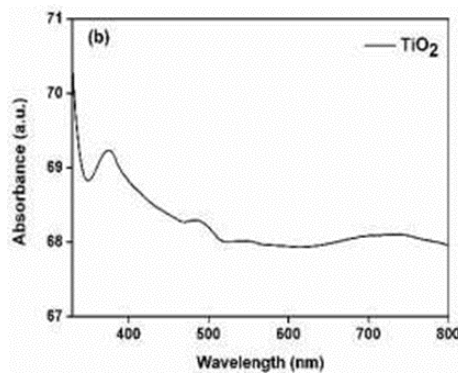
Tabel 1. Data panjang gelombang dan nilai absorbansi dye kakao

No.	Panjang Gelombang	Absorbansi
1.	356.0 nm	5.2426 a.u.
2.	457.0 nm	4.9676 a.u.
3.	478.0 nm	3.7065 a.u.
4.	526.0 nm	4.579 .

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa spektrum serapan cahaya dari dye biji kakao berada pada rentang panjang gelombang 356.0 nm – 526.0 nm Berdasarkan tabel diatas pewarna biji kakao pada panjang gelombang 356.0 nm bekerja pada spektrum cahaya UV dengan nilai absorbansi tertinggi 5.2426 a.u. dan yang lainnya bekerja pada spectrum cahaya visible atau cahaya tampak dengan puncak tertinggi pada panjang gelombang 457.0 nm dengan nilai absorbansi 4.9676 a.u..

### UV-Vis TiO<sub>2</sub>

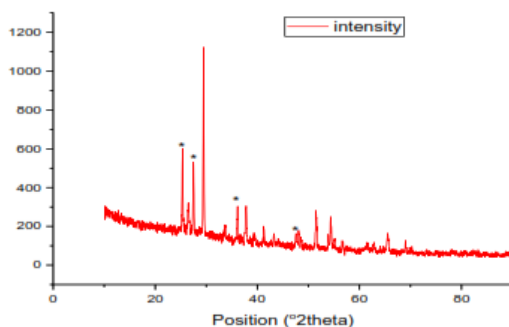




**Gambar 2.** Grafik Pengujian UV-Vis semikonduktor TiO<sub>2</sub>

Hasil pengujian UV-Vis diatas menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub> hanya bekerja pada cahaya UV yakni pada rentang panjang gelombang 200 nm – 400 nm. Absorbansi tertinggi dari sampel TiO<sub>2</sub> berada pada panjang gelombang 296.0 nm yaitu 2.5938 a.u Absorbansi sampel TiO<sub>2</sub> pada cahaya tampak mengalami penurunan dan menjadi datar. absorbansi TiO<sub>2</sub> terjadi pada panjang gelombang 350 nm. Jagannath menyatakan bahwa TiO<sub>2</sub> hanya bereaksi pada sinar UV. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wilfrida (2017) yang memperoleh puncak absorbansi TiO<sub>2</sub> pada panjang gelombang 342 nm dan menyatakan bahwa TiO<sub>2</sub> sangat baik bekerja terhadap sinar UV.

**Karakterisasi XRD**



**Gambar 3.** Grafik Pengujian XRD TiO<sub>2</sub>

Berdasarkan hasil karakterisasi XRD pada semikonduktor TiO<sub>2</sub> menunjukkan ada 4 puncak pada sudut 2 Theta yaitu : 25,33; 27,52; 3,05 dan 47,79 dengan Indeks Miller : 101, 110, 103, 200. Puncak-puncak Kristal yang terbentuk terdiri dari fase Rutile dan Anatase yang didominasi oleh fase Anatase. Kristal dengan jenis Fase anatase memiliki kemampuan

fotoaktif yang lebih tinggi dibanding rutile karena permukaan fase anatase lebih luas dibandingkan permukaan rutile sehingga sisi aktif per unit anatase lebih besar. Adanya fase anatase yang lebih banyak dapat meningkatkan nilai efisiensi DSSC yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa bentuk kristal TiO<sub>2</sub> adalah berbentuk Tetragonal.

Selain untuk mengetahui fase dan bentuk kristal, dari hasil data XRD yang diperoleh dapat juga digunakan untuk mengetahui ukuran dari kristal TiO<sub>2</sub> pada berbagai puncak dengan menggunakan persamaan Scherer:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Hasil perhitungan ukuran kristal TiO<sub>2</sub> ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 2.** Data karakterisasi XRD lapisan TiO<sub>2</sub>

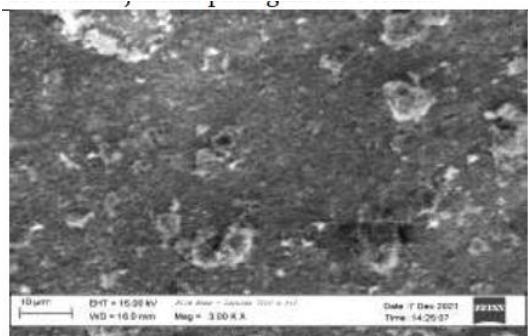
No.	Hasil Pengukuran			
	2 Theta	Fwhm	D	Fase Kristal
1	25.3361	0.307	25.99228	Anatase
2	27.5137	0.409	19.42752	Rutile
3	36.0501	0.614	12.94122	Anatase
4	47.7982	0.614	12.94136	Anatase

Bila ukuran kristal semakin kecil maka kemungkinan zat warna yang akan terserap pada permukaan TiO<sub>2</sub> semakin banyak yang berpeluang meningkatkan jumlah foton yang diserap sehingga meningkatkan jumlah elektron terinjeksi kedalam partikel TiO<sub>2</sub> yang dapat meningkatkan efisiensi DSSC.

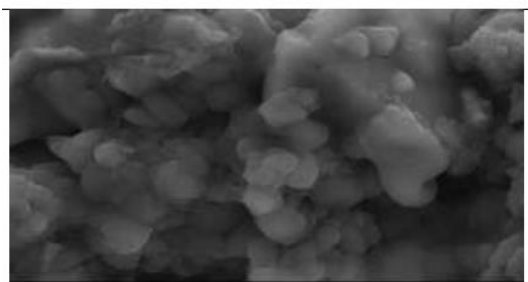
Hasil penelitian ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dahlang Tahir (2019) yang memperoleh puncak-puncak kristal TiO<sub>2</sub> yang didominasi oleh fase anatase. V. A. González-Verjan (2020) mengatakan bahwa kristal TiO<sub>2</sub> dengan fase anatase sangat baik dalam stansfer elektron dan difusi elektrolit yang secara langsung berdampak pada efisiensi sel surya.

**Karakterisasi SEM**

Hasil dari pengujian SEM terhadap lapisan TiO<sub>2</sub> ditunjukkan pada gambar berikut.



a. Hasil Penelitian



b. Literatur ((Winda & Abdul, 2016)

**Gambar 4.** Morfologi lapisan TiO<sub>2</sub> menggunakan SEM dengan perbesaran 3000 kali

Hasil gambar dari SEM diatas memperlihatkan morfologi dari lapisan TiO<sub>2</sub>. Dari kedua gambar tersebut terlihat sangat berbeda meskipun dengan perbesaran yang sama. Pada gambar yang diperoleh dari literatur terlihat sangat jelas struktur dan pori dari lapisan TiO<sub>2</sub> tersebut, sedangkan pada hasil penelitian, morfologi dan dari lapisan TiO<sub>2</sub> tersebut kurang jelas Sehingga diperlukan perbesaran yang lebih tinggi lagi agar morfologi dari TiO<sub>2</sub> tersebut terlihat dengan jelas.

Berdasarkan hasil karakterisasi SEM yang dilakukan pada TiO<sub>2</sub>, pada lapisan terdapat partikel partikel yang menumpuk yang kemungkinan diakibatkan pada proses sintesis, serbuk TiO<sub>2</sub> tidak sepenuhnya homogen terhadap pelarut dan pada proses spin coating kemungkinan memerlukan waktu lebih lama . Adanya pori yang terdapat pada permukaan elektoda berfungsi sebagai tempat dye yang akan terabsorpsi. Semakin kecil ukuran pori dengan jumlah yang banyak yang terdapat pada lapisan, maka semakin besar pula kemungkinan jumlah molekul zat warna yang akan terserap.

### Pengujian DSSC

Pengujian performa DSSC dilakukan dengan membuat rangkaian terbuka yang terdiri

dari multimeter, resistor dan sel surya dengan memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber cahaya. Ada 4 variasi lama waktu perendaman yang diterapkan pada penelitian ini, yakni 6 Jam, 12 Jam, 18 Jam dan 24 Jam. Sedangkan untuk hambatan yang digunakan hanya 1 jenis hambatan yaitu resistor dengan 20 kΩ. Adapun hasil pengolahan data dari pengujian kerja DSSC disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 3.** Data Hasil Pengujian DSSC

Lama Perendaman	Resistor (Ω)	Intensitas Cahaya (W/cm <sup>2</sup> )	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Efisiensi (%)
6 Jam	20 k	0,0160	0,500	25,00 x 10 <sup>-6</sup>	12,5 x 10 <sup>-6</sup>	0,0195
12 Jam	20k	0,0154	0,564	28,20 x 10 <sup>-6</sup>	15,90 x 10 <sup>-6</sup>	0,0258
18 Jam	20k	0,0144	0,677	33,85 x 10 <sup>-6</sup>	22,91 x 10 <sup>-6</sup>	0,0397
24 Jam	20k	0,0179	0,782	39,10 x 10 <sup>-6</sup>	30,57 x 10 <sup>-6</sup>	0,0426

Multimeter yang digunakan dalam penelitian ini hanya dapat mengukur tegangan yang dihasilkan DSSC dikarenakan arus yang dihasilkan sangat kecil diluar batas minimum yang dapat diukur multimeter yang digunakan. Untuk mengetahui nilai arus pada rangkaian maka digunakan pendekatan Hukum Ohm. Setelah nilai tegangan dan kuat arus diperoleh, maka daya pada rangkaian juga dapat diperoleh seperti yang terdapat pada tabel 3.

Untuk mengetahui nilai efisiensi kerja DSSC pada setiap variasi perendaman dalam dye maka digunakan rumus:

$$\eta = \frac{P}{iA} 100\%$$

Melalui rumus tersebut diperoleh nilai efisiensi untuk lama perendaman 6 jam sebesar 0,0195%, untuk lama perendaman 12 jam sebesar 0.0258 %, untuk lama perendaman 18 jam adalah sebesar 0.0397% dan untuk lama perendaman 24 jam adalah sebesar 0.0426%. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa lama perendaman semikonduktor sangat mempengaruhi nilai efisiensi DSSC. Semakin lama waktu yang diperlukan dalam perendaman semikonduktor dalam dye, semakin tinggi pula nilai efisiensi yang dimiliki DSSC.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Telah dihasilkan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan material semikonduktor TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan dye biji kakao sebagai pewarna pemeca cahaya Berdasarkan pengujian UV-Vis yang dilakukan, dye biji kakao dapat bekerja pada cahaya UV dan juga pada cahaya tampak dengan nilai absorbansi yang cukup tinggi, dan hasil UV-Vis pada semikonduktor TiO<sub>2</sub> hanya bekerja pada cahaya UV. Ukuran kristal tiap puncak yang diperoleh berdasarkan pengujian XRD adalah 25.99228 nm, 19.42752 nm, 12.94136 nm dan 12.94136 nm yang didominasi oleh fase anatase. Semakin kecil ukuran kristal dan semakin banyak pori yang terdapat pada lapisan TiO<sub>2</sub> maka semakin banyak kemungkinan zat warna yang terserap. Semakin lama waktu perendaman dalam dye maka semakin tinggi nilai efisiensi kerja dari DSSC dan sebaliknya, semakin singkat waktu perendaman lapisan TiO<sub>2</sub> dalam dye semakin rendah pula nilai efisiensi kerja DSSC tersebut.

Saran untuk penelitian selanjutnya yakni: sebaiknya dilakukan uji SEM pada TiO<sub>2</sub> yang telah direnda dalam dye serta sebaiknya menggunakan perbesaran yang lebih tinggi agar struktur morfologi sampel terlihat dengan jelas, pada proses pengujian uji listrik sumber cahaya yang digunakan sebaiknya menggunakan lampu halogen agar intensitas cahaya yang digunakan sama untuk setiap variasi yang diuji dan kaca FTO sebaiknya dikarakterisasi menggunakan XRD.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, H. A., Assada, M. A., Kamili, A., Bilal, R., & Hussain, A. (2017). *Application of icosahedral phase compound for mesoporous layer material in Dye Sensitized Solar Cell*. *Prosedia Engineering*, 182(3), 612-623.
- Abrori, M., Sugiyant., & Niyartama, T. F. (2017). *Pemanfaatan solar cell sebagai sumber energi alternatif dan media pembelajaran praktikum siswa di pondok pesantren "Nurul Iman" Sorogenen Timbulharjo, Sewon, Bantul, Yogyakarta menuju pondok mandiri energi*. *Jurnal Bakti Saintek*, 1(1), 18-26.
- Ardian. (2016). *Studi awal fabrikasi DSSC (dye sensitized solar cell) dari ekstrak daun dan bunga putri malu (Mimosa pudica linn) sebagai fotosensitizer*. (Skripsi), UIN Alauddin, Makassar.
- Arini, N. B. Z., Terauchi, K., Matsutake, D., & Akira, F. (2015). *The basic on the Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Journal Of Clean Energi Technologies*, 3(5), 382-387.
- Arlorio, M., Coisson, J. D., Travaglia, F., Varsaldi, F., Maglio, G., Lombardi, G., & Martelli, A. (2005). *Antioxidant and biological activity of phenolic pigments from Theobroma cacao hulls extracted with supercritical CO<sub>2</sub>*. *Food Research International*, 38, 1009-1014.
- Chenni, R., Makhlouf, M., Kerbache, T., & Bouzid, A. (2007). *A detailed modeling method for photovoltaic cells*. *Amsterdam. Journal of Energy*, 32(9), 1724-1730.
- Dzulfikar, Dafi & Broto, Wisnu. (2016). *Optimalisasi pemanfaatan energi listrik tenaga surya skala rumah tangga*. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5, 73-76.
- Erjan, V. A. G., Navarrete, B. T., Navarro, R. M. F., Diaz de Leon, J. N., Herrera, J. M. R., Yanez, J. C. C., Lizalde, J. M. H., & Soto, E. A. R. (2020). *Effect of TiO<sub>2</sub> particle and pore size on DSSC efficiency*. *Materials for Renewable and Sustainable Energi*, 9 (13), (1-8).
- Figueira, A., Janick, J., & BeMiller, J.N. (1993). *New Products From Theobroma Cacao: Seed Pulp And Pod Gum*. p. 475-478. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York.
- Obina, W.M., Cari., Supriyanto., Sumardiasih, S., Septiawan, T. Y., & Khairuddin. (2017), *Fabrication and variation layers of Cu/TiO<sub>2</sub> nanocomposite and its applications in Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Journal Of Physics*, 795, 1-6.
- Panda, J., Singh, U. P., & Sahu, R. (2018). *Synthesis, characterization of TiO<sub>2</sub> nano particles for enhancement of electron transport application in DSSC with Cu-*

*BPCA Dye*. Material Science and Engineering, 410, 1-6.

- Ramadhani, W. F.(2017) *Ekstraksi Zat Warna Daun Pare (Mordica Charantia) Dan Aplikasinya Pada Dye Sensitized Solar Cell DSSC*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Siregar, N., Gultom, Pangihutan., & Motlan. (2019). *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan film tipis ZnO:Al berbasis dye dari buah naga merah*. EINSTEIN(e-Journal)7(2), 23-27.
- Tahir, D., Satriani, W., Gareso, P.L., & Abdullah, B. (2018). *Dye sensitized solar cell (DSSC) with natural dyes extracted from Jatropa leaves and purple Chrysanthemum flowers as sensitizer*. Journal of Physics, 979, 1-8.
- Zahrok, Z. L., & Prajitno, G. (2015). *Ekstrak buah murbei (morus) sebagai sensitizer alami Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan substrat kaca ito dengan teknik pelapisan spin coating*. Jurnal Sains dan Seni ITS, 4,(1),26-31.