

## MINI REVIEW: PEMBUATAN *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) MENGUNAKAN SEMIKONDUKTOR $\text{TiO}_2$ DENGAN ZAT WARNA ANTOSIANIN

### SYNTHESIS *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) USING $\text{TiO}_2$ as SEMICONDUCTOR WITH ANTHOCYANINE DYE : A MINI REVIEW

Ziyyanatul Luthfiyyah\*, Noor Hindryawati, Irfan Ashari Hiyahara

Inorganic Laboratory, Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Mulawarman University, Gunung Kelua Campus, Samarinda 76116 Indonesia

\*Corresponding author: luthfiyyahziyyanatul@gmail.com

Diterbitkan: 30 Oktober 2022

#### ABSTRACT

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a tool or device that can convert light energy into electrical energy. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a solar cell consisting of a pair of glass electrodes, namely the working electrode and the counter electrode flanking the electrolyte. The working electrode is composed of TCO (Transparent Conducting Oxide) glass which is then coated with  $\text{TiO}_2$  and a dye containing anthocyanins as a charge carrier photosensitizer. The counter electrode is composed of TCO glass coated with carbon which is used as a catalyst to accelerate the redox reaction with the electrolyte. Anthocyanins can absorb photon energy at a distance of about 520-550 nm. Dye will excite due to absorption of photon energy. The more dye attached, it will produce more photoelectrons where the size of the  $\text{TiO}_2$  semiconductor affects the dye attached or attached during the coloring process. Natural anthocyanins can be obtained from plant materials such as the crown of the gods, dragon fruit, red cabbage, purple sweet potato and buni fruit. Natural dye is an alternative that is non-toxic, renewable and easily degraded so that it is friendly to the environment. The results of the efficiency of the DSSC using natural anthocyanins showed good results, namely 0.38%. so it can be concluded that anthocyanins from natural dyes can be used in the manufacture of DSSC.

**Keywords:** *Dye Sensitized Solar Cell, Anthocyanins,  $\text{TiO}_2$  Semiconductor, Natural dye*

#### ABSTRAK

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan suatu alat atau piranti yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan sel surya yang terdiri dari sepasang kaca elektroda yaitu elektroda kerja dan elektroda lawan yang mengapit elektrolit. Elektroda kerja disusun dari kaca TCO (*Transparent Conducting Oxide*) yang kemudian dilapisi oleh  $\text{TiO}_2$  dan zat warna yang memiliki kandungan antosianin sebagai *fotosensitizertransport* pembawa muatan. Elektroda lawan tersusun atas kaca TCO yang dilapisi karbon yang digunakan sebagai katalis untuk mempercepat adanya reaksi redoks dengan elektrolit. Antosianin dapat menyerap energi foton pada jarak sekitar 520-550 nm. *Dye* akan mengalami eksitasi akibat penyerapan energi foton. Semakin banyak *dye* yang menempel maka akan menghasilkan fotoelektron yang lebih banyak dimana ukuran semikonduktor  $\text{TiO}_2$  mempengaruhi *dye* yang melekat atau menempel pada saat proses pewarnaan. Antosianin alami dapat diperoleh dari bahan tanaman seperti buah mahkota dewa, buah naga, kol merah, ubi jalar ungu dan buah buni. *Dye* alami adalah alternatif yang tidak toksik, dapat diperbaharui dan mudah didegradasi sehingga ramah untuk lingkungan. Hasil efisiensi dari DSSC yang menggunakan antosianin alami menunjukkan hasil yang baik yaitu sebesar  $3,3 \times 10^{-5} \%$  hingga  $1,9 \times 10^{-2} \%$ . sehingga dapat disimpulkan antosianin dari zat warna alami dapat digunakan dalam pembuatan DSSC.

**Kata kunci:** *DSSC, Antosianin, Semikonduktor  $\text{TiO}_2$ , Zat Warna Alami*

## PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan energi dengan semakin bertambahnya penggunaan energi diseluruh dunia mengakibatkan sumber energi tak terbarukan semakin mengkhawatirkan. Pengembangan teknologi untuk sumber energi alternatif menarik perhatian parapeneliti, salah satunya yaitu *solar cell*. Teknologi sel surya saat ini banyak dikembangkan dikarenakan dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik tanpa menimbulkan polusi pada lingkungan, namun penggunaan sel surya ini relatif cukup mahal karena pembuatannya yang memakai proses vakum dan suhu tinggi [1].

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan sel surya yang terdiri dari sepasang kaca elektroda yaitu elektroda kerja dan elektroda lawan yang mengapit elektrolit. Elektroda kerja disusun dari kaca TCO (*Transparent Conducting Oxide*) yang kemudian dilapisi oleh semikonduktor celah lebar yaitu  $\text{TiO}_2$  dan direndam dalam zat warna yang memiliki kandungan antosianin sebagai *fotosensitizertransport* pembawa muatan. Elektroda lawan tersusun atas kaca TCO yang dilapisi karbon yang digunakan sebagai katalis untuk mempercepat adanya reaksi redoks dengan elektrolit [2].

Antosianin dapat menyerap energi foton pada jarak sekitar 520-550 nm. *Dye* akan mengalami eksitasi akibat penyerapan energi foton. Semakin banyak *dye* yang menempel maka akan menghasilkan fotoelektron yang lebih banyak dimana ukuran semikonduktor  $\text{TiO}_2$  mempengaruhi *dye* yang melekat atau menempel pada saat proses pewarnaan [3].

Oleh karena itu, Review dari jurnal ini akan membahas mengenai *Dye Sensitized Solar Cell* menggunakan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dengan zat warna antosianin sebagai alternatif pengganti zat warna sintetis yang lebih ramah lingkungan.

Sehingga diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan dengan membandingkan kondisi optimum yang digunakan dari beberapa jurnal sehingga dapat diperoleh efisiensi yang lebih baik.

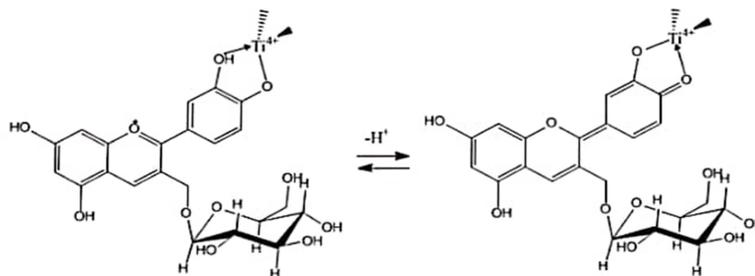
## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada *review* jurnal ini merupakan metode yang sesuai dengan sumber jurnal rujukan. Hasil dari data-data tersebut dikumpulkan dan diringkas sebagai perbandingan satu dengan lainnya, sehingga diperoleh deskripsi konkrit agar tercapai tujuan penulis dalam *review* pembuatan *dye sensitized solar cell* (DSSC) menggunakan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dengan zat warna antosianin berdasarkan data UV-Vis dan FTIR.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

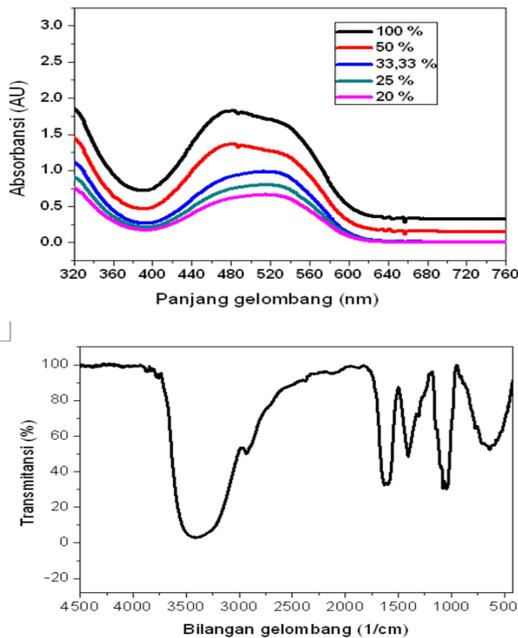
*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan piranti/ alat yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik dimana pada sel surya tersensitasi zat warna (*dye*). Pembuatan DSSC menarik perhatian banyak orang karena teknik fabrikasi yang digunakan sederhana, tidak terlalu sulit, alat yang dipakai sederhana dan bahan yang digunakan juga mudah didapat serta ramah lingkungan [4].

Antosianin adalah senyawa organik yang berasal dari keluarga flavonoid serta tersebar luas ditemukan pada bahan alami yang memberikan warna merah muda, oranye, merah, ungu hingga warna biru. Antosianin mempunyai fungsi sebagai penangkap foton pada sinar matahari dan menggubahnya menjadi elektron [5]. Reaksi  $\text{TiO}_2$  dengan antosianin dapat dilihat pada gambar 1 dimana terjadi ikatan kelat yaitu ikatan yang terjadi antara *dye* antosianin dan  $\text{TiO}_2$ . Ikatan kelat dapat terjadi antara gugus hidroksil dari antosianin dan gugus  $\text{Ti}^{4+}$  pada  $\text{TiO}_2$  [4].



Gambar 1. Reaksi  $\text{TiO}_2$  dengan antosianin [6]

*Dye* akan mengalami eksitasi akibat penyerapan energi foton. Semakin banyak *dye* yang menempel maka akan menghasilkan fotoelektron yang lebih banyak dimana ukuran semikonduktor TiO<sub>2</sub> mempengaruhi *dye* yang melekat atau menempel pada saat proses pewarnaan [5]



**Gambar 2.** Data Uv-vis dan FTIR Kulit Buah Naga [7]

Berdasarkan gambar 2, hasil penelitian Setiawan *et al* [7] pada data grafik instrumen Uv-vis dengan pola absorbansi ekstrak kulit buah naga merah terhadap panjang gelombang

berbagai konsentrasi menunjukkan bahwa konsentrasi *dye* berpengaruh terhadap nilai absorbansi. Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah naga terhadap efisiensi DSSC data Uv-vis ekstrak kulit buah naga menyerap spektrum cahaya tampak, dengan serapan yang tinggi pada rentang 420-580 nm. Semakin tinggi konsentrasi maka absorbansi juga semakin tinggi. Selanjutnya, data spektrum instrumen FTIR kulit buah naga, pada spektrum *infra red* dari TiO<sub>2</sub> yang telah direndam dalam *dye*, gugus fungsi O-H *Stretching vibration* teridentifikasi dari puncak serapan 3348,72 cm<sup>-1</sup>, gugus OH *bending vibration* pada bilangan gelombang 1633,72 cm<sup>-1</sup> dan Ti=O pada bilangan gelombang 687 cm<sup>-1</sup>.

Dalam pembuatan DSSC, sumber dari zat warna dapat diperoleh dari tanaman dengan ciri-ciri yang berwarna merah atau ungu. Dari tabel 1 dapat dilihat contoh tanaman yang dapat digunakan antara lain kol ungu, buah naga, buah buni, ubi jalar ungu, dan bunga rosella. Tanaman tersebut dapat diekstrak dengan cara yang mudah untuk memperoleh antosianin. Contohnya buah naga cukup di rebus dengan air, buah mahkota dewa dapat direndam dengan pelarut etanol dan ditambahkan HCl 1% dan ekstrak antosianin kol merah dapat diperoleh dengan menggerus kol merah dan dilarutkan dalam campran aquades, metanol dan asam asetat. Dalam pembuatan DSSC juga di pengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor ini akan mempengaruhi nilai efisiensi dari DSSC. Pada tabel 1 menunjukkan kondisi optimum dan metode yang digunakan dalam pembuatan DSSC menggunakan semikonduktor TiO<sub>2</sub> dan zat warna alami antosianin.

**Tabel 1.** Pembuatan DSSC Menggunakan Semikonduktor TiO<sub>2</sub> Dengan Bantuan Zat Pewarna Antosianin

No.	Zat Pewarna Alami	Sumber	Kondisi optimum	Metode	Hasil Efisiensi	Penulis
1	Antosianin	Buah Mahkota Dewa	Konsentrasi Dye 30% b/v, Lama perendaman selama 24 jam, Luas permukaan TiO <sub>2</sub> sesudah kalsinasi 107,4795 m <sup>2</sup> /g.	Maserasi, Docter Blade	2 x 10 <sup>-3</sup> %	Hindryawati <i>et al.</i> , 2021[8]
2	Antosianin	Kulit Buah Naga	Konsentrasi <i>dye</i> 100%, Ukuran ketebalan lapisan TiO <sub>2</sub> 1,18 gram dalam 5 ml etanol, Waktu perendaman selama 24 jam, Penggunaan elektrolit cair KI.	Maserasi, Docter Blade	1 x 10 <sup>-3</sup> %	Setiawan <i>et al.</i> , 2015 [7]

3	Antosianin	Kol Merah	Pada intensitas cahaya pada panjang gelombang optimum 420 nm.	Maserasi, <i>spin coating</i>	$9,9 \times 10^{-2} \%$	Pratiwiet <i>et al.</i> , 2016 [9]
4	Antosianin	Buah Buni	Lama perendaman selama 24 jam, Intensitas cahaya perendaman <i>dye</i> minim cahaya.	Maserasi, <i>Doctor blade</i> , kurva arus dan tegangan	$3,3 \times 10^{-5} \%$	Pangestutiet <i>et al.</i> , 2008 [4]
5	Antosianin	Bunga Rosella	Konsentrasi Elektrolit, Lama perendaman sel dengan <i>dye</i> 30 menit, Sumber cahaya matahari.	Maserasi, <i>Doctor Blade</i>	$5,2 \times 10^{-1} \%$	Andariet <i>et al.</i> , 2017 [10]
6	Antosianin	Ubi Jalar Ungu	Lama perendaman selama 24 jam, Konsentrasi PEG 0,1 M, Pasta TiO <sub>2</sub> yang dicampur langsung dengan zat warna menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi.	Maserasi, <i>Doctor Blade</i>	$3,8 \times 10^{-1} \%$	Damayanti <i>et al.</i> , 2014 [11]
7	Antosianin	Kulit Manggis	Lama perendaman selama 24 jam, Konsentrasi PEG 0,1 M, Penggunaan Elektrolit KI.	Maserasi, <i>Doctor Blade</i>	$5,92 \times 10^{-1} \%$	Maulina <i>et al.</i> , 2014 [12]

Berdasarkan tabel di atas pembuatan DSSC menurut penelitian Hindryawati *et al* [8] menggunakan *dye* antosianin dari buah mahkota dewa menunjukkan bahwa variasi konsentrasi *dye* sangat berpengaruh terhadap kinerja DSSC dimana semakin tinggi konsentrasi *dye* maka semakin tinggi efisiensi yang dihasilkan. Pada variasi konsentrasi *dye* 10%, 20%, 30% b/v dengan lama perendaman selama 24 jam dengan metode maserasi dan *docter blade* menghasilkan efisiensi tertinggi pada konsentrasi 30% b/v sebesar  $2 \times 10^{-3} \%$ .

Pada penelitian Setiawan *et al* [7] menggunakan *dye* antosianin kulit buah naga menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi *dye* maka semakin besar peluang terbentuknya ikatan *dye* dengan TiO<sub>2</sub>. Pada variasi 20%, 25%, 33,33%, 50% dan 100% dengan waktu perendaman *dye* selama 24 jam serta penggunaan elektrolit cair KI menggunakan metode maserasi dan *docter blade* menghasilkan efisiensi tertinggi dengan konsentrasi 100% sebesar  $1 \times 10^{-3} \%$ .

Pada penelitian Pratiwi *et al* [9] menggunakan *dye* antosianin kol merah untuk

menunjukkan bahwa panjang serapan *dye* yang menyumbang efisiensi tertinggi dimana hasil panjang gelombang antosianin kol merah instrumen Uv-vis adalah 400-700 nm, setelah dilakukan karakterisasi IPEC didapatkan efisiensi tertinggi pada panjang gelombang 420 nm menggunakan metode maserasi dan *spin coating* menghasilkan efisiensi sebesar  $9,9 \times 10^{-2} \%$ .

Pada penelitian Pangestuti *et al* [4] menggunakan *dye* antosianin buah buni menunjukkan bahwa semakin tipis lapisan TiO<sub>2</sub> maka cahaya semakin mudah menembus lapisan TiO<sub>2</sub> yang mempengaruhi keefektifan kinerja DSSC. Struktur kristal anatase memiliki aktivitas yang paling baik diantara rutil dan brukit dimana dapat dilakukan pemanasan 450-500°C untuk membentuk struktur tersebut. Pada kondisi optimum dengan lama perendaman selama 24 jam dan perendaman *dye* minim cahaya untuk menghindari kerusakan gugus kromofor yang terdapat pada antosianin untuk berikatan dengan TiO<sub>2</sub>, kurva arus dan tegangan menghasilkan efisiensi sebesar  $3,3 \times 10^{-5} \%$ .

Pada penelitian Andari *et al* [10] menggunakan *dye* antosianin bunga rosella

menunjukkan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi elektrolit dan lama perendaman sel dalam *dye* maka nilai efisiensi semakin meningkat. Pada konsentrasi elektrolit 0,5 M, lama perendaman sel dengan *dye* 30 menit dan sumber cahaya matahari menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar  $5,2 \times 10^{-1} \%$ .

Pada penelitian Damayanti *et al* [11] menggunakan *dye* antosianin ubi jalar ungu menunjukkan bahwa konsentrasi PEG pada elektrolit semi padat memiliki pengaruh terhadap efisiensi DSSC, dimana dengan variasi konsentrasi PEG 0,025 M, 0,05 M dan 0,1 M didapatkan efisiensi tertinggi pada konsentrasi PEG 0,1 M, Pasta TiO<sub>2</sub> yang dicampur langsung dengan zat warna menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi menggunakan metode maserasi, *doctor blade* menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar  $3,8 \times 10^{-1} \%$ .

Pada penelitian Maulina *et al* [12] menggunakan *dye* antosianin kulit manggis menunjukkan bahwa konsentrasi PEG pada elektrolit semi padat berpengaruh terhadap efisiensi DSSC, dimana dengan variasi konsentrasi PEG 0,025 M, 0,05 M dan 0,1 M didapatkan efisiensi tertinggi pada konsentrasi PEG 0,1 M, pada kondisi optimum lama perendaman selama 24 jam, dan penggunaan elektrolit KI dengan metode maserasi dan *doctor blade* menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar  $5,92 \times 10^{-1} \%$ .

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dari antosianin menunjukkan hasil efisiensi yang cukup baik dimana nilai efisiensi tertinggi didapatkan dari *dye* antosianin yaitu kulit manggis yaitu  $5,92 \times 10^{-1}$  Sedangkan nilai efisiensi terendah pada buah buni sebesar  $3,3 \times 10^{-5} \%$ . Kondisi optimum pada pembuatan DSSC sangat mempengaruhi kinerja dari DSSC seperti konsentrasi *dye*, lama perendaman, luas permukaan TiO<sub>2</sub>, elektrolit yang digunakan, ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub>, dan intensitas cahaya yang digunakan sangat mempengaruhi Kondisi optimum pada setiap jurnal diatas dapat digunakan sebagai acuan untuk mengembangkan DSSC menggunakan *dye* alami dengan nilai efisiensi dan kinerja *dye* yang lebih baik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan beberapa jurnal dapat disimpulkan bahwa antosianin dari ekstrak tanaman seperti buah mahkota dewa, kulit buah naga, kol merah, dan buah buni, bunga rosella, ubi jalar ungu dan kulit manggis dapat dijadikan zat warna alami sebagai alternatif pengganti zat

warna sintetis yang lebih ramah lingkungan. Adapun beberapa faktor seperti kandungan antosianin pada tanaman, lama perendaman, konsentrasi *dye*, luas permukaan TiO<sub>2</sub> dapat mempengaruhi efisiensi dari DSSC.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfidharisti, S.R., Nurosyid, F., Iriani, Y. 2018. Pengaruh Waktu terhadap Efisiensi *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Indonesian Journal of Applied Physics* Vol.8 No.1 halaman 1 April 2018 ISSN:2089 – 0133.
- [2] Damayanti, Retno., Hardeli, Sanjaya, Hary. 2014. Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.). *Jurnal Sainstek* Vol. VI No. 2: 148-157, Desember 2014 ISSN: 2085-8019
- [3] 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* Vol. 4, No.1, (2015) 2337-3520 (2301-928X Print).
- [4] Pangestuti, D. L., Gunawan, G., & Haris, A. Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Sensitizer Antosianin dari Buah Buni (*Antidesma bunius* L). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11(3), 70-77.
- [5] Rahayu, O.U., Malahayati., Harnelly, E. 2018. Studi Serapan Cahaya Dye Alami Hasil Ekstrak Daun Suji dan Buah Senduduk. *J. Aceh Phys. Soc.*, Vol.7, No.2 pp. 106-109, 2018e-ISSN: 2355-8229.
- [6] Haris, A. 2010. Pembuatan dan Penentuan Nilai Efisiensi Sel Surya Berperwarna Tersensitisasi dengan Senyawa Antosianin dari Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.) sebagai Pewarna Pensensitisasi. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 13(3), 88-94
- [7] Setiawan, A., Fatayati, I., & Aliah, H. 2013. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Costaricensis*) terhadap Efisiensi DSSC. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(1), 1-7
- [8] Hindryawati, N., Hiyahara, I. A., Saputra, H., Arief, M. S., & Maniam, G. P. 2021. Preparation of Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Using TiO<sub>2</sub> and Mahkota Dewa

- Fruit (Phaleria Macrocarpa (Scheff Boerl.) Extract. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 10(1), 43-49.
- [9] Pratiwi, D. D., Suryana, R., & Nuryoshid, F. 2016. Pemanfaatan Antosianin dari Ekstrak Kol Merah (*Brassica oleracea* var) sebagai Pewarna Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC). *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(01), 6-12.
- [10] Andari, R. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Sensitizer Antosianin dari Bunga Rosella. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 2017, 13.2: 88-95.
- [11] Damayanti, R., Hardeli, H., & Sanjaya, H. 2016. Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.0. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 6 (2), 148-157.
- [12] Maulina, A., Hardeli., Bahrizal. 2014. Preparasi Dye Sensitized Solar Cell Menggunakan Ekstrak Antosianin Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana* L). *Jurnal Sainstek* Vol. VI No. 2: 158-167, Desember 2014 ISSN: 2085-8019.