

PENGARUH PENGGUNAAN *DYE* TUNGGAL DAN *DYE* CAMPURAN ANTOSIANIN-KLOROFIL TERHADAP EFISIENSI KERJA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)

The Effect of Using Single Dye and Mixed Dye Anthocyanin-Chlorophyll to The Working Efficiency of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

Diana Novita Manurung¹, Nurhidayah², Frastica Deswardani^{3*}

Physics Study Program, Faculty of Science and Technology
Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

¹dianamanurung1409@gmail.com, ²nurhidayah@unja.ac.id, ³frastica.deswardani@unja.ac.id

Kata Kunci

DSSC
Dye
Antosianin
Klorofil
Daya serap
Efisiensi

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang kemampuan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) menggunakan *dye* tunggal, campuran *dye* antosianin dan klorofil. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh jenis *dye* terhadap efisiensi kerja dari DSSC. Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen. Elektroda kerja DSSC dibuat dari *dye* buah naga merah, bayam merah, daun pandan, daun singkong dan dibuat dari semikonduktor TiO₂ yang dilapiskan dengan metode *doctor blade* pada kaca FTO. Sedangkan elektroda lawan dibuat dari karbon pensil 2B-jelaga api lilin. Dilakukan pengukuran spektrum absorbansi dari setiap jenis *dye* menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi dari setiap jenis *dye*, diperoleh nilai absorbansi tertinggi pada buah naga-daun pandan. Untuk mengetahui nilai efisiensi DSSC dilakukan pengukuran arus dan tegangan menggunakan multimeter dengan sumber cahaya dari sinar matahari, diperoleh nilai efisiensi terbaik pada DSSC yang menggunakan campuran *dye* buah naga-daun pandan yaitu sebesar 0,002829091% dan bayam merah-daun singkong sebesar 0,002222504%. Penggunaan campuran *dye* dapat meningkatkan efisiensi DSSC.

Keywords

DSSC
Dye
Anthocyanin
Chlorophyll
Absorbance
Efficiency

Abstract

Research on the performance of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) using single dye, mixture of anthocyanin and chlorophyll has been done. The purpose of this study was to identification influence the type of dye to the working efficiency of DSSC. This research included in experimental research. The working electrode of DSSC was made of dyes from dragon fruit, red spinach, pandanus leaves, cassava leaves and made of TiO₂ semiconductor that superimposed with doctor blade method on FTO glass. While the counter electrode was made of 2B pencil carbon-soot a candle flame. Measurements absorbance of each type of dye using spectrophotometer UV-Vis to determine the absorbance values of each type of dye, the highest absorbance at dye mixture from dragon fruit- pandanus leaves. Measurement of currents and voltages using a multimeter with a light source of the sun to determine the efficiency of DSSC, the best efficiency values obtained in DSSC that used dye mixture from dragon fruit-pandanus leaves is equal to 0,002829091% and red spinach-cassava leaves is equal to 0,002222504%. The usage of dye mixture can improve efficiency of DSSC.

©2021 The Author
p-ISSN 2338-3240
e-ISSN 2580-5924

Received 21 January 2021; Revised 16 February 2021; Accepted 10 April 2021; Available Online 30 April 2021

*Corresponding Author: frastica.deswardani@unja.ac.id

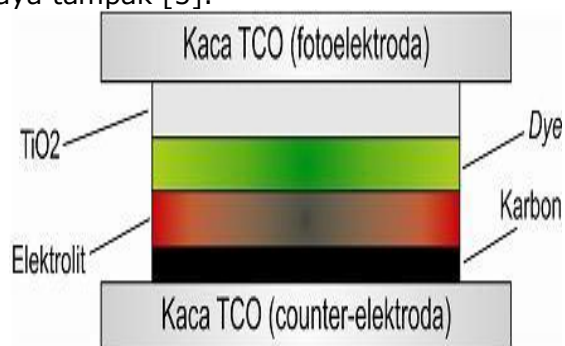
PENDAHULUAN

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 cell* (DSSC) [1]. Sel surya jenis DSSC saat ini sedang menarik banyak perhatian kalangan akademis maupun industri karena menawarkan solusi energi terbarukan dengan tingkat polusi yang rendah,

ramah lingkungan dan biaya produksi listrik yang murah [2].

DSSC pertama kali diperkenalkan O'Regan dan Grätzel pada tahun 1991 dan lebih dikenal dengan sel Grätze [3]. Sebuah DSSC secara umum tersusun secara *sandwich* seperti yang terlihat pada Gambar 1, terdiri atas elektroda kerja (substrat, semikonduktor, dan *dye*), larutan elektrolit dan *counter elektroda* (substrat dan katalis) [4]. Salah satu semikonduktor yang dapat diaplikasikan pada

DSSC adalah TiO_2 (*Titanium Dioxide*). TiO_2 memiliki daya absorbansi hanya pada panjang gelombang ultraviolet, sehingga dibutuhkan *sensitizer* untuk memperluas spektrum penyerapan TiO_2 hingga mencapai spektrum cahaya tampak [5].



Gambar 1. Susunan *sandwich* DSSC [6]

Molekul *Dye* pada DSSC dapat membantu untuk memperluas spektrum penyerapan foton dari cahaya matahari [7]. *Dye* yang umum digunakan dan mencapai efisiensi paling tinggi yaitu jenis *ruthenium complex*, namun *dye* jenis ini cukup sulit untuk disintesa dan *ruthenium complex* komersial berharga mahal [8]. Alternatif lain yaitu penggunaan *dye* dari tumbuh-tumbuhan yang mengandung zat warna seperti antosianin, betalain, karotenoid, klorofil, tanin dan xantofil [9]. Penelitian DSSC menggunakan *dye* alami sebelumnya telah dilakukan oleh Dahlan et al. [10] dengan memanfaatkan *dye* klorofil daun pandan dan semikonduktor TiO_2 , diperoleh efisiensi 0,055%. Pinem [11] mengestrak *dye* dari buah naga dan semikonduktor ZnO memiliki efisiensi 0,05952%. Aliah [12] memanfaatkan *dye* antosianin bayam merah dan semikonduktor TiO_2/ZnO , diperoleh efisiensi 0,051%. Musaffa [13] menggunakan *dye* klorofil daun singkong, dengan memperoleh efisiensi 0,0023%. Sementara Fistiani [14] membuat campuran klorofil-antosianin dari bayam hijau dan kol merah, hasil penelitiannya diperoleh efisiensi 0,07%.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut terlihat bahwa efisiensi *dye* campuran lebih tinggi dari jenis *dye* tunggal yang digunakan. Namun penelitian ini tidak dapat dibandingkan secara maksimal dikarenakan *dye* tunggal yang digunakan dengan *dye* campuran berbeda jenis tumbuhannya, walaupun sama-sama mengandung antosianin dan klorofil. Oleh karena itu, mengacu pada penelitian sebelumnya, *dye* tunggal dan *dye* campuran dalam penelitian ini menggunakan sumber bahan *dye* yang sama, yang juga berasal dari buah naga, bayam merah, daun pandan dan daun singkong. Penelitian ini dilakukan untuk

mengetahui jenis *dye* tunggal atau *dye* campuran yang paling berpengaruh dalam menghasilkan efisiensi terbaik pada DSSC.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Dimana bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bayam merah, daging buah naga, daun pandan, daun singkong, kaca *Flourine Tin Oxide* (FTO), serbuk TiO_2 (Merck), etanol, asam asetat, *aquades*, *acetonitrile*, KI (*Potassium iodine*), I_2 (*iodine*), pensil 2B, lilin.

Peralatan yang digunakan antara lain multimeter, potensiometer, *magnetic stirrer*, *hotplate*, *furnance*, peralatan gelas, mortar, alu, porselin, spektrofotometer UV-Vis [5].

Preparasi Substrat

Kaca konduktif TCO (*Transparent Konduktive Oxide*) yang digunakan sebagai substrat adalah jenis FTO (*Fluorine Tin Oxide*). Substrat kaca dipotong dengan ukuran 2,5 x 2 cm. Pembersihan substrat FTO menggunakan *aquades* selama 10 menit untuk menghilangkan materi pengotor pada substrat kaca FTO dan dikeringkan menggunakan *hair dryer* [5].

Sintesis dan Deposisi Pasta TiO_2

Pembuatan pasta TiO_2 dengan cara melarutkan 3,5 gram serbuk TiO_2 ke dalam 15 ml *aquades* dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* di atas *hot plate* sampai terbentuk pasta TiO_2 . Selanjutnya pasta TiO_2 dideposisikan pada substrat FTO (2 x 2 cm^2) dengan teknik *Doctor Blade* hingga membentuk lapisan tipis yang merata [5].

Pembuatan Ekstraksi *Dye*

Dye tunggal diekstraksi dari buah naga, bayam merah, daun pandan, daun singkong. Masing-masing *dye* sebanyak 20 gram yang telah dipotong kecil-kecil digerus dengan mortar, hingga halus, selanjutnya masing-masing *dye* di maserasi (rendam) di dalam pelarut yang terdiri dari 25 ml etanol, 4 ml asam asetat, dan 20 ml *aquades* selama 24 jam [5]. kemudian disaring menggunakan kertas saring ke dalam botol. Masing-masing *dye* digunakan 20 ml sebagai *dye* tunggal, untuk *dye* campuran diperoleh dari gabungan dua jenis *dye* tunggal. Sebanyak 10 ml ekstrak buah naga ditambah 10 ml ekstrak daun

pandan, dan 10 ml ekstrak bayam merah ditambah 10 ml ekstrak daun singkong.

Pembuatan Elektrolit

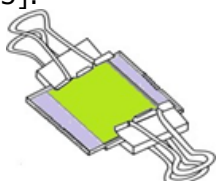
Larutan elektrolit dibuat dari 0,83 gram KI, 10 ml *acetonitrile* dan 0,127 gram I₂. KI dilarutkan dalam *acetonitrile*, diaduk menggunakan *magnetic stirrer*, selanjutnya ditambahkan I₂ dan diaduk lagi sampai homogen. Larutan elektrolit yang sudah jadi disimpan dalam botol dan dibungkus dengan aluminium foil [5].

Pembuatan Counter Elektroda

Karbon menggunakan *graphite* dari pensil 2B (*Faber Castel*) dan jelaga api lilin. Pensil 2B diarsir pada bagian konduktif FTO hingga merata, kemudian kaca dibakar diatas nyala lilin dengan posisi arsiran menghadap api. Pembakaran dilakukan hingga jelaga api menutupi permukaan konduktif FTO [5].

Pembuatan Lapisan Sandwich DSSC

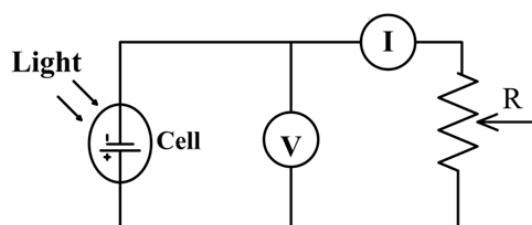
Substrat FTO yang telah dilapisi karbon diletakkan pada bidang datar dengan permukaan yang berlapis karbon menghadap ke atas, kemudian diatasnya ditetaskan larutan elektrolit dan substrat FTO yang telah dilapisi TiO₂ dan *dye*, sehingga membentuk lapisan *sandwich*. Supaya lapisan kuat dan tidak bergeser maka kedua sisi dijepit dengan penjepit kertas seperti gambar 2 dan lapisan DSSC siap diuji [5].



Gambar 2. Ilustrasi *sandwich* DSSC yang dijepit [15]

Karakterisasi dan Pengujian

Ekstrak *dye* tunggal dan campuran *dye* dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengujian lapisan DSSC menggunakan multimeter digital dibawah sinar matahari langsung. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus. Untuk melakukan pengukuran tegangan dan arus, DSSC dirangkai seperti pada Gambar 3.



Gbr 3. Rangkaian pengukuran DSSC [16]

Penentuan Efisiensi DSSC

$$FF = \frac{J_{maks} \times V_{maks}}{J_{sc} \times V_{oc}} \tag{1}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{input}} \times 100\% \tag{2}$$

$$P_{out} = J_{sc} \times V_{oc} \times FF \tag{3}$$

$$\eta = \frac{J_{sc} \times V_{oc} \times FF}{P_{input}} \times 100\% \tag{4}$$

Keterangan

FF = Fill Factor

J_{maks} = Kerapatan arus maksimum (mA.cm⁻²)

V_{maks} = Tegangan maksimum (mV)

J_{sc} = Kerapatan arus short circuit (mA.cm⁻²)

V_{oc} = Tegangan open circuit (mV)

P_{out} = Daya output (mW.cm⁻²)

P_{input} = Daya input (mW.cm⁻²)

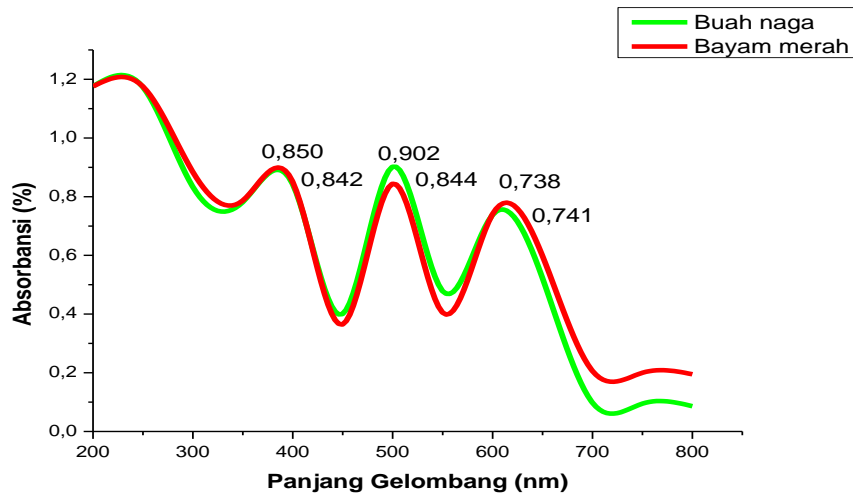
η = Efisiensi DSSC (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

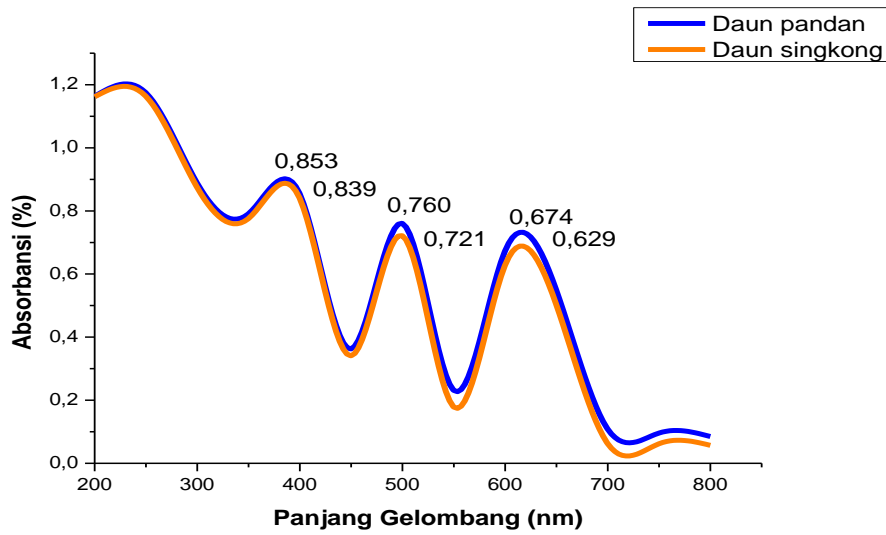
Hasil Penelitian

Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis

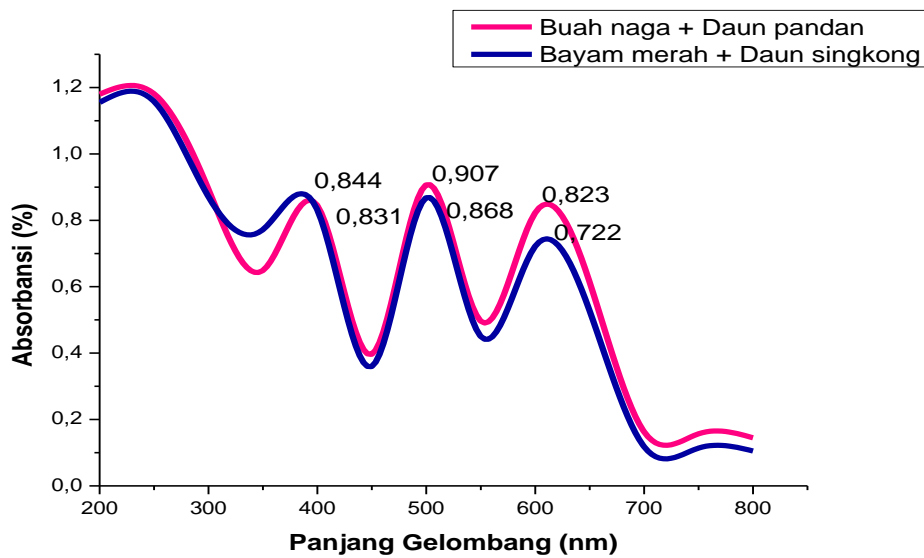
Hasil pengukuran Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui spektrum karakteristik absorpsi yaitu rentang panjang gelombang cahaya yang mampu diserap baik oleh *dye* dari rentang panjang gelombang 200 nm (cahaya ultraviolet) sampai 800 nm (cahaya tampak). Gambar 4 menunjukkan daya serap (absorpsi) *dye* antosianin buah naga dan bayam merah berada pada panjang gelombang 400 nm, 500 nm dan 600 nm, dengan nilai absorpsi buah naga 0,842%, 0,902%, 0,741% dan nilai absorpsi bayam merah yaitu 0,850%, 0,844%, 0,738%. Gambar 5 menunjukkan daya serap (absorpsi) *dye* klorofil daun pandan dan daun singkong. Daya serap berada pada panjang gelombang 400 nm, 500 nm, 600 nm dengan nilai absorpsi daun pandan yaitu 0,853%, 0,760%, 0,674% serta nilai absorpsi daun singkong yaitu 0,839%, 0,721%, 0,629%. Sedangkan Gambar 6 menunjukkan daya serap campuran *dye* antosianin-klorofil yang berasal dari buah naga + daun pandan dan bayam merah + daun singkong. Buah naga + daun pandan memiliki nilai absorpsi 0,831%, 0,907%, 0,823% dan nilai absorpsi bayam merah + daun singkong yaitu 0,844%, 0,868%, 0,722%.



Gambar 4. Kurva absorbansi *dye* antosianin



Gambar 5. Kurva absorbansi *dye* klorofil



Gambar 6. Kurva absorbansi campuran *dye* antosianin-klorofil

Karakterisasi Arus (I) dan Tegangan (V)

Karakterisasi arus dan tegangan digunakan untuk mengetahui kinerja dari DSSC yaitu seberapa besar DSSC dapat mengkonversi cahaya menjadi energi listrik. Dari hasil karakterisasi maka diperoleh nilai efisiensi kerja DSSC. Tabel 1 menunjukkan efisiensi kerja DSSC dari beberapa jenis *dye*. Berdasarkan nilai efisiensi DSSC dapat dilihat bahwa setiap jenis *dye* memiliki nilai efisiensi yang berbeda-beda.

Tabel 1. Nilai Efisiensi DSSC Variasi Jenis *Dye*

No	Jenis <i>Dye</i>	V_{maks} ($I_{maks}(mA)$	$\eta(\%)$
1	Buah naga	256	0,03750	0,002072768
2	Bayam merah	187	0,03811	0,001538721
3	Pandan	180	0,03692	0,001434873
4	Singkong	132	0,05194	0,001480318
5	Buah naga + pandan	283	0,04630	0,002829091
6	Bayam merah + singkong	175	0,05882	0,002222504

Pembahasan

Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat bahwa daerah serapan maksimum buah naga berada pada panjang gelombang 500 nm. Hasilnya mendekati seperti penelitian sebelumnya, buah naga yang mengandung antosianin mempunyai spektrum absorbansi (daya serap) pada panjang gelombang 533 nm [11]. Pada Gambar 4 dapat terlihat juga bayam merah memiliki daerah serapan maksimum pada panjang gelombang 400 nm. Hasilnya bersesuaian seperti yang dilakukan peneliti sebelumnya yaitu mengestrak bayam merah yang mengandung antosianin dengan nilai panjang gelombang 400-536 nm [17]. Nilai absorbansi buah naga lebih tinggi daripada nilai absorbansi yang dimiliki bayam merah, hal ini menunjukkan ekstrak buah naga lebih berpotensi dalam menyerap radiasi energi yang diberikan.

Hasil pengukuran spektrum absorbansi daun pandan dan daun singkong terlihat pada gambar 5. Daerah serapan maksimum daun pandan berada pada panjang gelombang 400 nm dengan nilai absorbansi 0,853%. Hasilnya mendekati yang dilakukan peneliti sebelumnya, daun pandan yang mengandung klorofil mempunyai spektrum absorbansi pada panjang gelombang 400 nm [10]. Daun singkong memiliki daerah serapan maksimum pada panjang gelombang 400 nm, daerah serapan ini mendekati seperti penelitian sebelumnya yaitu daun singkong yang mengandung klorofil memiliki daerah serapan pada panjang

gelombang 415,50 nm [18]. Puncak absorbansi maksimum daun pandan sama dengan daun singkong, yaitu berada pada panjang gelombang 400 nm, namun nilai absorbansi daun pandan lebih tinggi dari daun singkong. Hal ini menunjukkan bahwa daun pandan lebih berpotensi dalam menyerap radiasi energi yang diberikan.

Gambar 6 menunjukkan daerah serapan maksimum yang dimiliki campuran buah naga + daun pandan, bayam merah + daun singkong. Campuran *dye* ini menunjukkan adanya peningkatan nilai absorbansi yang diperoleh jika dibandingkan dengan *dye* sebelum di campur (*dye* tunggal). Hal ini juga menunjukkan masing-masing *dye* memberikan sumbangan absorbansi pada daerah puncak serapannya. Hasilnya bersesuaian dengan peneliti sebelumnya yang mencampur *dye* antosianin-klorofil, puncak absorbansi yang diperoleh berada pada panjang gelombang 500 nm-550 nm [14].

Efisiensi kerja DSSC yang diperoleh dari pengukuran arus dan tegangan seperti yang terlihat pada Tabel 1. Dari data terlihat penggunaan campuran *dye* meningkatkan efisiensi kerja DSSC. Efisiensi yang diperoleh dari campuran *dye* yaitu 0,002829091% dan 0,002222504%. Hasilnya bersesuaian dengan karakteristik absorbansi yang telah diuji, absorbansi tertinggi diperoleh dari campuran *dye*. Dalam penelitian ini, tentunya nilai absorbansi yang tinggi ini dapat menyerap foton sinar matahari, artinya semakin banyak jumlah foton yang terlibat dalam proses konversi energi matahari menjadi energi listrik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa *dye* dari buah naga, bayam merah, daun pandan, daun singkong, campuran buah naga-daun pandan, bayam merah + daun singkong memiliki nilai absorbansi yang berbeda-beda. Hal ini yang mempengaruhi efisiensi kerja dari DSSC. Efisiensi tertinggi berasal dari campuran *dye* buah naga-daun pandan yaitu 0,002829091%.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan penelitian campuran *dye* jenis lain untuk mengetahui nilai efisiensi kerja DSSC tersebut, perlu dilakukan pendopingan terhadap material TiO_2 guna meningkatkan efisiensi kerja DSSC dan perlu dikembangkan pembuatan *prototipe* DSSC yang dapat menyimpan energi listrik hasil konversi cahaya matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N.A. Ludin, A.M.A. Mahmoud, A.B. Mohamad, A.A.H. Kadhun, K. Sopian, and N.S.A. Karim, "Review on the development of natural dye photosensitizer for dye-sensitizer solar cells", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 31, pp. 386-396, 2014.
- [2] D. Dahlan, T.S. Leng, and H. Aziz, "Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC) dengan sensitizer dye alami daun pandan, akar kunyit dan biji beras merah (black rice)", *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, vol. 8, no.1, pp. 1-8, 2016.
- [3] M. Gratzel, "Dye-Sensitized Solar Cell", *Journal of Photochemistry and Photobiology: Photochemistry Review*, vol. 4, no. 2, pp. 145-153, 2003.
- [4] P. Teesetsopon, S. Kumar, and J. Dutta, "Photoelectrode Optimization of Zing Oxide Nanoparticle Based Dye-Sensitized Solar Cell by Thermal Treatment", *International Journal of Electrochemical Science*, Vol 7, no. 6, pp. 4988-4999, 2012.
- [5] B.A. Utami, "Pengaruh jenis dye dan katalis pada elektroda pembanding terhadap efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)", *Skripsi*, Universitas Jambi, 2019.
- [6] Y.K. Lahsmin, "Pengaruh konsentrasi pigmen warna dari daun pacar kuku (*Lawsonia Inermis* L) terhadap efisiensi dye sensitized solar cell (DSSC)", *Skripsi*, Universitas Islam Alauddin Makassar, 2016.
- [7] Hardani, H. Darmaja, Muh. I. Darmawan, Cari and A. Supriyanto, "Pengaruh perubahan intensitas cahaya halogen ruthenium (N719) fotosensitizer dalam dye sensitized solar cell (DSSC)", *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, vol. 6, no. 2, pp. 70-76, 2016.
- [8] A. Maulina, Hardeli and Bahrizal, "Preparasi dye sensitized solar cell menggunakan ekstrak antosianin kulit buah manggis", *Jurnal Sainstek*, vol. 6, no. 2, pp. 158-167, 2014.
- [9] I.N. Setiawan, I.A.D. Giriantari, W.G. Ariastina and I.N.S. Kumara, "Sel surya berbasis alami dan potensi pengembangannya di Indonesia sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan", *Seminar Nasional Ketenagalistrikan dan Aplikasinya*, 2015.
- [10] D. Dahlan, T.S. Leng and H. Aziz, "Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Sensitizer Dye Alami Daun Pandan, Akar Kunyit dan Biji Beras Merah (Black Rice)", *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, vol. 8, no. 1, 2016.
- [11] S.K. Pinem and N. Siregar, "Pengaruh Waktu Tahan Kalsinasi Film Tipis TiO₂ Terhadap Efisiensi DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) yang menggunakan Dye dari Buah Naga Merah", *Jurnal Einstein*, vol. 5, no. 3, pp. 1-7, 2017.
- [12] H. Aliah and P. Pitriani, "Potensi bayam merah dan jahe merah sebagai dye pada sel surya berbasis dye (DSSC)", *Laporan Akhir Penelitian*, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2016.
- [13] Q. S. Musaffa, "Uji performansi DSSC dengan variasi dye dan katalis", *Jurnal STATOR*, vol. 1, no. 1, pp. 124-127, 2018.
- [14] M.D. Fistiani, F. Nurosyid and R. Suryana, "Pengaruh Komposisi Cmpuran Antosianin-Klorofil sebagai Fotosensitizer terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell", *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 13, no. 1, 2017.
- [15] Ardian, "Studi awal fabrikasi DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) dari ekstrak daun dan bunga putri malu (*Mimosa pudica* Linn) sebagai fotosensitizer", *Skripsi*, UIN Alauddin Makassar, 2016.
- [16] M.K. Hossain, M.F. Pervez, M.N.H. Mia, A.A. Mortuza, M.S. Rahaman, M.R. Karim, J.M.M. Islam, F. Ahmed and M.A. Khan, "Effect of Dye Extracting Solvent and Sensitization Time on Photovoltaic Performance of Natural Dye Sensitized Solar Cells", *Result in Physics*, vol. 7, pp. 1516-1523, 2017.
- [17] D.H. Adam, "Analisis Total Antosianin dari Daun Bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss) berdasarkan Pengaruh Penambahan Jenis Asam", *Edu Science*, vol. 2, no. 2, pp. 9-12, 2015.
- [18] Z. Azizah, Zulhamita, S. Misfadhila, B. Chandra and R.D. Yetti, "Penetapan Kadar Flavonoid Rutin pada Daun Ubi Kayu (*Manihot Esculenta* Crantz) secara Spektrofotometer Sinar Tampak", *Jurnal Farmasi Higea*, vol. 12, no. 1, 2020.