

OPTIMASI VOLUME PENGECERAN LARUTAN *DYE* BUNGA MAWAR (*ROSA HYBRIDA HORT*) DENGAN METANOL TERHADAP EFISIENSI DSSC

A. Salafudin¹, F. Nurosyid¹ & T. Kusumaningsih²

¹Prodi Fisika , Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret

²Prodi Kimia , Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No. 36A, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah 57126

E-mail: ahmad.salafudin08@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian penggunaan ekstrak bunga mawar sebagai *dye* sensitizer efisiensi DSSC. Artikel ini mencari volume pengenceran larutan *dye* bunga mawar yang optimum terhadap efisiensi DSSC. Larutan *dye* diuji puncak absorbansinya menggunakan *spectrophotometer UV-Vis lamda 25*. Sel DSSC diuji karakteristiknya menggunakan *I-V Keithley*. Larutan *dye* bunga mawar sebelum pengenceran memiliki puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 450 nm – 550 nm dan setelah dilakukan pengenceran terjadi pergeseran puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 500 nm – 600 nm. Karakteristik DSSC dengan perbandingan volume pengenceran larutan *dye* bunga mawar dengan metanol (50% : 50%), *Pmax* (daya maksimum) 0,142 mW, *FF* (*fill factor*) 4,93, efisiensi 0,095%. Volume *dye* yang diencerkan pada perbandingan dengan metanol (50% : 50%) menunjukkan efisiensi yang paling optimum.

Kata kunci : DSSC, TiO₂, *dye*, *rosa hybrida hort*, ekstrak bunga mawar

1. PENDAHULUAN

Gratzel meneliti penggunaan *dye sensitized* menunjukkan hasil yang signifikan pada kinerja DSSC. Perhatian lebih para ahli untuk melakukan riset peningkatan nilai efisiensinya dan *low cost* dalam proses fabrikasinya. Konversi energi dalam DSSC terjadi proses absorbs cahaya dan separasi muatan listrik. Material *dye* berperan saat terjadi *absorbs* cahaya dan material *inorganic semiconductor nanocrystal* berperan dalam proses separasi muatan listrik. Molekul *dye* yang menyerap foton dari matahari akan mengalami eksitasi elektron (Gratzel, 2003).

DSSC dibentuk mekanisme *photoelectrochemical* yaitu penyerapan cahaya matahari melalui pewarna tersensitisasi (*dye sensitized*) seperti halnya klorofil dalam proses fotosintesis daun. Proses transfer elektron terjadi melalui bahan semikonduktor yang memiliki pita energi lebar. TiO₂ merupakan bahan semikonduktor sebagai *photoelectroda*. Larutan elektrolit pasangan redoks I⁻/I₃⁻ sebagai media transport muatan dari elektroda lawan (*counter electrode*) yang diberi lapisan katalis platinum (Liu *et al*, 2010).

Dye salah satu komponen penting dalam struktur DSSC. *Dye* digunakan sebagai *sensitizer* masih berbahan anorganik zat warna kompleks logam transisi sintesis seperti *ruthenium*, *polipiridil*, *osmium* dan logam *porfirin* (Reynal *et al*, 2011). *Dye* sebagai *sensitizer* yang digunakan memiliki serapan yang kuat pada cahaya tampak, kestabilan yang tinggi dan *reversibility* (Phijanturus, 2016). DSSC menggunakan *ruthenium complex* telah mencapai efisiensi yang cukup tinggi, tetapi *dye* jenis ini cukup sulit untuk disintesa dan *ruthenium complex* komersil berharga mahal. Penelitian penggunaan *dye* dari buah-buahan, khususnya *dye anthocyanin* sebagai alternatif pengganti *dye* sintetis. *Anthocyanin* merupakan zat yang menyebabkan warna merah atau ungu pada beberapa buah atau bunga. Salah satu pigmen *cyanin* yang memegang peranan penting dalam proses absorpsi cahaya yaitu *cyanidin 3-O-β-D-glucoside* yang susunan molekulnya (Falcone, 2012). Senyawa *dye* organik memiliki keunggulan ramah lingkungan tidak beracun sehingga bisa dibuang di alam bebas. Biaya produksi lebih murah dibanding *dye* anorganik karena bahan melimpah di alam dan jarang termanfaatkan secara optimal. Penelitian menggunakan bahan organik bertujuan memperkecil *cost value* agar diperoleh *dye* organik yang sesuai dengan perangkat DSSC (Hubert, 2014). Pigmen alami tumbuhan seperti *klorofil*, *β-karoten* dan *anthocyanin* dihasilkan dari ekstrak dari daun, bunga, kulit buah dan kulit kayu dapat digunakan sebagai zat warna *sensitizer* DSSC (Ludin, 2014). Konversi sinar matahari menjadi energi listrik untuk DSSC yang menggunakan *sensitizer β-karoten* dan *anthocyanin* diperoleh sekitar 0,5-1% (Hao *et al*, 2006).

Zhou (2011) menggunakan 20 *dye* dari daun, bunga dan buah berbagai tanaman sebagai *sensitizer* untuk membuat DSSC, efisiensi terbesar 1,17% diperoleh dari ekstrak manggis *pericarp* dengan etanol. Calogero (2012) menggunakan *anthocyanin* dari ekstrak pewarna merah alami *Sisilia orange* diperoleh efisiensi konversi energi 1,0%. Wongcharee (2007) menggunakan *rosella* sebagai *fotosensitizer* di DSSC diperoleh efisiensi konversi energi 0,70%. Roy (2008) bahwa menggunakan *Rose Bengalas* sebagai *sensitizer* menunjukkan konversi efisiensi 2,09%. Sönmezoğlu (2012) meneliti penggunaan elektrolit berbasis Fe^{2+} dan Fe^{3+} dengan pewarna alami ekstrak *Reseda luteola* diperoleh efisiensi konversi energi 2,17%.

Senyawa kimia *anthocyanin* merupakan turunan dari struktur aromatik tunggal yaitu sianidin. Terbentuk dari pigmen sianidin dengan pengurangan atau penambahan gugus hidroksil, metilasi dan glikosilasi. Struktur flavilium merupakan hasil dari glikosilasi polihidroksi atau turunan polimetoksi dari garam 2-benzopirilium. Kekurangan elektron dalam inti flavilium menyebabkan sangat reaktif dan dapat stabil hanya dalam kondisi asam. Kestabilan *anthocyanin* ketika berada dalam kondisi pH 3,5 dan temperature 50 °C. Senyawa *anthocyanin* mempunyai berat molekul 207,08 gram/mole dan memiliki rumus molekul $C_{15}H_{11}O$ bisa bergerak dengan eluen BAA (nbutanol-asam asetat-air) pada kertas serta memiliki panjang gelombang maksimum 515-545 nm (Zhao *et al*, 2015).

Penggunaan ekstrak *dye* dari tanaman sebagai *sensitizer* pada sel DSSC belum mencapai efisiensi yang optimum. Perbandingan volume larutan *dye* dengan pelarutnya mempengaruhi jumlah molekul *dye* teradsorpsi secara optimal dipermukaan partikel semikonduktor TiO_2 . Efisiensi konversi energi absorpsi cahaya tampak oleh *device* DSSC

dipengaruhi oleh banyaknya molekul *dye* yang teradsorp oleh partikel semikonduktor TiO₂. Pada penelitian Lia (2014) membandingkan ekstrak bunga mawar dan isolatnya diperoleh peningkatan efisiensi DSSC sebesar 0,041%. Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi *dye* alami dari bunga mawar dan dilakukan variasi konsentrasi *dye* dengan pelarutnya untuk memperoleh konsentrasi *dye* bunga mawar (*rosa hybrida hort*) yang optimum.

2. METODE PENELITIAN

Ekstraksi Bunga Mawar

Bunga mawar dihancurkan dengan blender untuk memperkecil ukurannya. Bunga mawar yang sudah hancur ditimbang sebanyak 30 gram dimaserasi dengan pelarut Etanol : Metanol : HCl selama 24 jam dalam 150 mL. Rendaman bunga mawar disaring dengan kertas *whathman 42* untuk dipisahkan residunya dan hasil ekstrak dievaporasi untuk menghilangkan pelarutnya. *Dye* hasil evaporasi disimpan dalam kondisi kedap udara, dingin, dan gelap agar tidak terjadi kerusakan dan terdegradasi oleh cahaya.

Deposisi Lapisan Aktif Nanopowder TiO₂

Kaca FTO dicuci menggunakan *ultrasonic cleaner* untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan kaca. Pencucian sebanyak 3 kali menggunakan detergen, acetone dan etanol. Serbuk TiO₂ dilarutkan dalam etanol *analyze* menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 650 rpm selama 90 menit. Deposisi lapisan aktif berukuran 1 cm × 1,5 cm dengan cara *spin coating* 1000 rpm sebanyak 3 kali pelapisan. Proses *annealing* menggunakan *oven carbolyte* dengan suhu 450 °C selama 10 menit.

Deposisi Lapisan Elektroda Lawan

Larutan platina dilapiskan pada permukaan kaca FTO (*Fluorine Doped Tin Oxide*) yang konduktif. Pendeposisian lapisan platina berukuran 1,5 cm × 1 cm pada permukaan kaca FTO. Lapisan platina dideposisi menggunakan teknik kuas pada permukaan kaca FTO. Larutan platina diuapkan diatas *hotplate* dengan dipanaskan mencapai suhu 100 °C selama 10 menit. Lapisan platina supaya menempel lebih kuat pada permukaan kaca FTO, dipanaskan di atas *hotplate* mencapai suhu 250 °C selama 30 menit.

Pembuatan Variasi Volume Pengenceran Larutan *Dye* Bunga Mawar

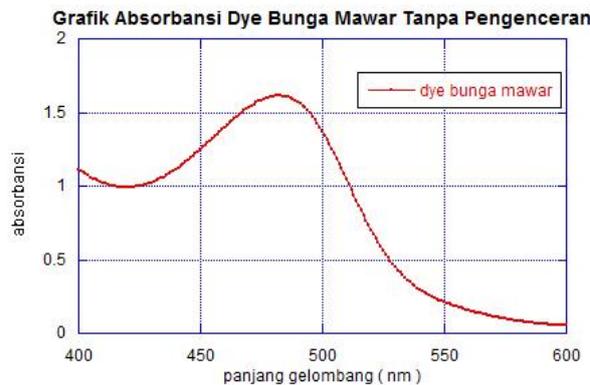
Larutan *dye* bunga mawar diencerkan menggunakan pelarut metanol dengan 10 variasi perbandingan volume larutan. Larutan *dye* bunga mawar setelah diencerkan diuji absorbansinya menggunakan *spectrophotometer UV-Vis*. Lapisan aktif TiO₂ direndam dalam larutan *dye* variasi pengenceran selama 24 jam. Perendaman lapisan aktif TiO₂ dalam larutan *dye* pada suhu ruang, kedap udara dan kondisi gelap.

Perangkaian DSSC

Proses *assembling* komponen - komponen DSSC yang sudah siap. Lapisan aktif TiO₂ kaca FTO direndam dalam larutan *dye* selama 24 jam dalam kondisi kedap udara dan gelap. Sesudah perendaman kaca FTO lapisan aktif TiO₂ disatukan dengan kaca FTO elektroda lawan menggunakan penjepit klip kertas. Diberi *doubletape* sebagai pengganjal antara kedua kaca FTO untuk menampung *electrolyte*. Larutan *electrolyte* dimasukkan dengan cara injeksi menggunakan jarum suntik.

3. Hasil dan Diskusi

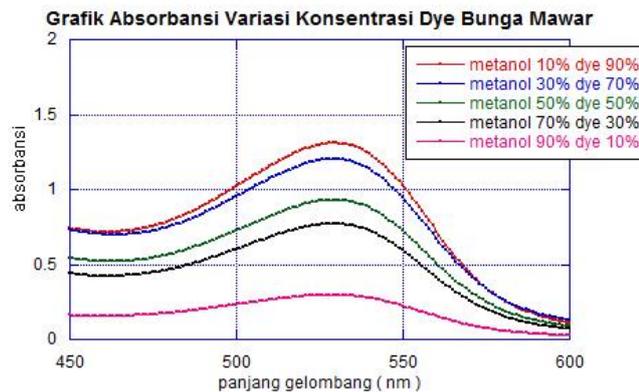
Larutan *dye* bunga mawar diencerkan dengan metanol sebelum digunakan sebagai sensitizer. *Dye* bunga mawar diuapkan pelarutnya menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Gambar 1, *dye* bunga mawar pekat diuji absorbansinya menggunakan *spectrophotometer UV-Vis* muncul puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 450 nm – 550 nm. Puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 450 nm – 600 nm menunjukkan adanya senyawa *anthocyanin* yang terkandung pada larutan *dye* (Phijanturus *et al*, 2016). Senyawa *anthocyanin* banyak terdapat pada bunga atau buah sebagai penyusun dasar pigmen alami tanaman (Calogero *et al*, 2012).



Gambar 1. Grafik Absorbansi *Dye* Bunga Mawar Murni

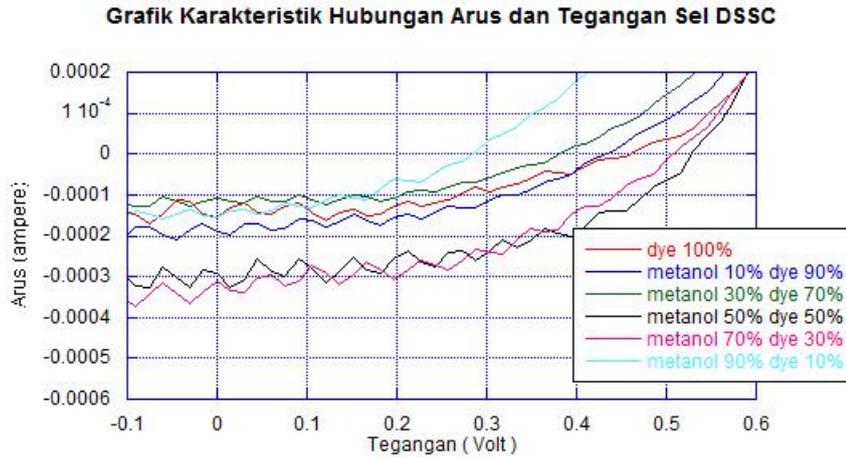
Dye bunga mawar dibuat variasi pengenceran dengan metanol dengan perbandingan metanol : *dye* yaitu 0% : 100%, 10% : 90%, 30% : 70%, 50% : 50%, 70% : 30%, dan 90% : 10%. Gambar 2, menunjukkan puncak absorbansinya larutan *dye* bunga mawar dengan variasi pengenceran volume terhadap pelarut metanol mempunyai puncak absorbansi berada pada rentang panjang gelombang 500 nm – 600 nm. Besar absorbansi *dye* bunga mawar yang diencerkan menggunakan metanol berbanding lurus yaitu semakin besar volume larutan *dye* maka semakin besar nilai absorbansinya. Semakin besar volume larutan *dye* bunga mawar menunjukkan semakin banyak molekul *dye* yang terkandung dalam larutan maka molekul-molekul *dye* tersebut akan banyak mengabsorb sinar foton yang mengenainya. Terdapat pergeseran puncak absorbansi rentang panjang gelombang

antara *dye* bunga mawar tanpa pengenceran dengan *dye* bunga mawar setelah dilakukan pengenceran. *Dye* bunga mawar setelah dilakukan pengenceran dengan pelarut metanol terjadi pergeseran puncak absorpsi yaitu pada rentang panjang gelombang 500 nm – 600 nm. Pergeseran puncak ini disebabkan oleh penambahan pelarut metanol pada larutan *dye* bunga mawar. Larutan metanol menyebabkan pertambahan tingkat kepolaran dari larutan *dye* bunga mawar. Penggunaan pelarut dengan kepolaran yang berbeda menyebabkan posisi puncak absorpsi suatu senyawa bergeser.



Gambar 2. Puncak Absorbansi Variasi Pengenceran Volume *Dye* Bunga Mawar

Pada penelitian ini dipelajari pengaruh pengenceran volume larutan *dye* bunga mawar dengan pelarut metanol terhadap efisiensi DSSC. Sel DSSC diuji arus dan tegangannya menggunakan seperangkat *I-V Keithley*. Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian *I-V Keithley* diperoleh grafik karakteristik hubungan tegangan dan arus dari sel DSSC. Dari gambar tersebut dapat diketahui nilai V_{oc} (tegangan *open circuit*), I_{sc} (arus *short circuit*), P_{max} (daya maksimum), nilai *fill factor* (FF), dan nilai efisiensi (η). Intensitas cahaya yang dipancarkan oleh lampu halogen sebesar 1000 W/m^2 . Nilai-nilai karakteristik sel DSSC *dye* bunga mawar terdapat pada Tabel 1.



Gambar 3. Grafik Karakteristik Hubungan Arus dan Tegangan DSSC

Perbedaan nilai efisiensi pada Tabel 1 disebabkan oleh perlakuan variasi jumlah volume larutan *dye* bunga mawar terhadap pengenceran menggunakan pelarut metanol. Efisiensi konversi energi tertinggi terdapat pada sel DSSC yang direndam dalam volume larutan *dye* bunga mawar 50% sebesar $9,4667 \times 10^{-2}$ %. Variasi volume larutan *dye* yang diberikan pada setiap sampel DSSC memberikan dampak pada perbedaan nilai efisiensi. Hal tersebut terjadi karena volume larutan *dye* bunga mawar dalam pelarut metanol berpengaruh pada jumlah molekul *dye* yang terkandung dalam larutan. Banyaknya molekul *dye* dalam larutan berpengaruh saat proses perendaman lapisan aktif TiO_2 sehingga molekul-molekul *dye* teradsorpsi pada pori-pori lapisan TiO_2 . Molekul-molekul *dye* yang berikatan dengan partikel-partikel TiO_2 berpengaruh pada jumlah elektron yang diinjeksikan ke pita konduksi TiO_2 . Pada larutan *dye* volume 100% dan 90%, efisiensi konversi energi DSSC mengalami kenaikan. Terjadi penurunan pada volume larutan *dye* 70% kemudian mengalami kenaikan pada volume larutan *dye* 50% selanjutnya pada volume larutan 30% dan 10% mengalami penurunan.

Tabel 1. Karakteristik Sel DSSC *Dye* Bunga Mawar

Variasi Volume <i>Dye</i>	Karakteristik DSSC						
	P_{max} (mW)	I_{sc} (mA)	V_{oc} (mVolt)	I_{max} (mA)	V_{max} (mVolt)	FF	η ($\times 10^{-2}$)
<i>Dye</i> bunga mawar 100%	0,0566	0,28	340,09	0,17	340,09	0,595	3,775 %
Metanol 10% <i>dye</i> 90%	0,0598	0,35	445,20	0,25	235,13	0,385	3,987 %
Metanol 30% <i>dye</i> 70%	0,0413	0,22	370,26	0,14	295,27	0,514	2,756 %
Metanol 50% <i>dye</i> 50%	0,1420	0,06	520,24	0,42	340,18	4,930	9,467 %
Metanol 70% <i>dye</i> 30%	0,1140	0,51	535,14	0,37	310,15	0,419	7,600 %
Metanol 90% <i>dye</i> 10%	0,0352	0,24	280,19	0,22	160,07	0,534	2,345 %

Hubungan antara volume pengenceran larutan *dye* dengan pelarut metanol terhadap efisiensi konversi energi DSSC cenderung tidak bersifat linier. Volume larutan *dye* yang tinggi diberikan pada sampel terjadi penurunan efisiensi dikarenakan molekul-molekul *dye* mengalami *agregation* (pengumpulan antara sesama molekul) di pori-pori TiO₂ sehingga injeksi elektron tidak efisien. Konsentrasi *dye* rendah yang diberikan pada sampel juga menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi energi dikarenakan molekul-molekul *dye* yang mengisi pori TiO₂ menjadi kurang teradsorb atau pori TiO₂ tidak bisa terisi dengan maksimal oleh molekul *dye*. Dari penelitian ini didapatkan konsentrasi *dye* yang optimum yaitu 50% dengan indikasi efisiensi yang didapat terbesar.

4. KESIMPULAN

Hasil uji *sepectrophotometer* UV-Vis menunjukkan puncak absorbansi larutan *dye* 100% pada rentang panjang gelombang 450 nm - 550 nm. *Dye* bunga mawar dengan variasi pengenceran metanol muncul puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 500 nm – 600 nm. Hasil pengukuran uji *I-V keithley* menunjukkan pengenceran volume larutan *dye* yang optimum pada campuran metanol : *dye* bunga mawar (50% : 50%). Efisiensi yang diperoleh dari perbandingan volume larutan tersebut sebesar $9,467 \times 10^{-2}$ %. Volume larutan *dye* bunga mawar dalam pelarut metanol berpengaruh pada jumlah molekul *dye* yang dapat teradsorb oleh partikel-partikel TiO₂. Hubungan antara volume larutan *dye* bunga mawar dalam pelarut metanol terhadap koversi efisiensi energi sel DSSC cenderung bersifat tidak linier.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM UNS atas pendanaan hibah penelitian PUPT UNS (No. Kontak 1075/UN27.21/PP/2017)

DAFTAR PUSTAKA

1. Calogero, G. Yum, J. Sinopoli, A. Marco, G., Gratzel, M. & Nazeeruddin., 2012, Anthocyanins And Betalains As Light-Harvesting Pigment For Dye-Sensitized Solar Cells. *Solar Energy*, 86, 1563-1575
2. Claudia., Longo, Marco-a., De Paoli., 2003, Dye-Sensitized Solar Cells: A Succesfull Combination of Materials. *Journal of The Brazilian Chemical Society*, ISSN 1678-4790
3. Gratzel & Michael., 2003, Review Dye - Sensitized Solar Cell. Switzerland: Laboratory for Photonics and Interfaces, Swiss Federal Institute of Technology, 145-153.
4. Hao, S., Wu, J., Huang, Y., & Lin, J., 2006, Natural Dyes As Photosensitizer For Dye-Sensitized Solar Cell, *Solar Energy*, 80, 209-214
5. Hubert, H., Bader, M, M. Peter, T., Glatzel., 2014, Biophotovoltaics: Natural pigments in dye-sensitized solar cells, *Applied Energi* 115 216-225
6. Falcone M.L Ferreyra, S.P. Rius, P. Casasti., 2012, Flavonoids: biosynthesis, biological function, and biotechnological applicatio., *Front. Plant. Sci.* 3 222-257
7. Lia, W., 2014, Isolation of Anthocyanin From Rose Flower (Rosa Hybrid Hort)

- for Sensitizer in Dye Sensitized Solar Cell. Department of chemistry, Sebelas Maret University
8. Liu, Y., Wang, H., Shen, H., Chen, W., 2010, The 3-dimensional dye-sensitized solar cell and module based on all titanium substrates, *Appl Energi* 87:436–41.
 9. Ludin, N.A., 2014, Review on the development of natural dye photosensitizer for dye-sensitized solar cells, *Renewable Sustainable Energi Rev.* 31 386 – 396
 10. Phijanturus, K. Maiaugree, W. Suriharn, B. Pimanpaeng, S. Vittaya, A. & Swatsitang, E., 2016, Dye-Sensitized Solar Cells Based On Purple Corn Sensitizers. *Journal Applied Surface Science*, Article in Press.
 11. Reynal, A., Palomares, E., 2011, Ruthenium Polypyridyl Sensitisers in Dye Solar Cells Based on Mesoporous TiO₂, *Eur Journal Inorganic Chemistry*. 4509e26.
 12. Roy, M.S., Balaraju, P., Kumar, M., Sharma, G.D., 2008, Dye-Sensitized Solar Cell Based on Rose Bengal Dye and Nanocrystalline TiO₂, *Solar Energy Materials & Solar Cells* ,92, 909–913
 13. Sönmezoglu, S., Akyürek, C., and Akin, S., 2012, High-Efficiency Dye-Sensitized Solar Cells Using Ferrocene-Based Electrolytes and Natural Photosensitizers. *Journal of Physics D*, vol. 45, Article ID 425101.
 14. Wongcharee, K.V., Meeyo, S., & Chavadej., 2007, Dye-Sensitized Solar Cell Using Natural Dyes Extracted From Rosella And Blue Sea Flowers. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 91, 566-571
 15. Zhao, D.Q., Tang, W.H., Hao, Z.J., Tao, J., 2015, Identification of Flavonoids and Expression of Flavonoid Biosynthetic Genes in Two Coloured Tree Peony Flowers. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 459, 450e456.
 16. Zhou, H., Liqiong, W., Yurong, G., & Tingli, Ma., 2011, Dye Sensitized Solar Cells Using 20 Natural Dyes As Sensitizers. *Journal Of Photochemistry And Photobiology A*. 219, 188-194