

# Studi Eksperimental Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Performa DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) dengan Ekstrak Buah dan Sayur sebagai *Dye Sensitizer*

Khoiruz Zadit Taqwa dan Bambang Arip Dwiyanoro  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
*e-mail*: bambangads@me.its.ac.id

**Abstrak**— Sel surya adalah peralatan yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan efek photovoltaic. Desain dan konstruksi dari solar cell mengalami perkembangan seiring dengan berkembangnya teknologi saat ini, hingga pada tahun 1991 ditemukan DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*). Sampai saat ini bahan yang umum digunakan adalah studi eksperimental terhadap prototype DSSC dengan variasi bahan dye sensitizer dari ekstrak kulit manggis (*Garcinia mangostana*), ekstrak daun bayam (*Amaranthus hybridus L.*) ekstrak buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). Pengujian prototype DSSC dilakukan dengan cara menyinarinya menggunakan cahaya lampu halogen yang diatur tegangannya menggunakan sebuah dimmer untuk mengendalikan temperatur dari lampu, sehingga lampu tersebut menghasilkan variasi intensitas cahaya sebesar  $29 \text{ W/m}^2$ ,  $36 \text{ W/m}^2$  dan  $49 \text{ W/m}^2$ . Selanjutnya pengujian dilakukan dengan cara yang sama, tetapi dengan ditambahkan pendingin berupa air yang mengalir dibawah permukaan prototype DSSC. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa semakin tinggi intensitas cahaya, maka semakin tinggi  $P_{max}$  yang dihasilkan oleh prototype. Semakin bertambah temperatur pencahayaan maka semakin berkurang performa dari prototype DSSC. Efisiensi yang paling besar dihasilkan oleh prototype dengan bahan dye dari ekstrak kulit manggis pada intensitas  $29 \text{ W/m}^2$  sebesar 0,73%. Pendinginan yang diberikan kepada prototype mampu memperbaiki efisiensi dari prototype DSSC yang dibuat akan tetapi tidak signifikan.

**Kata Kunci**— buah naga merah, daun bayam, DSSC, kulit manggis, performa DSSC, temperatur.

## I. PENDAHULUAN

ENERGI adalah salah satu tantangan yang kita hadapi pada abad 21 ini. Berdasarkan survey yang dilakukan oleh Professor Ricards Smalley dari Rice University mengenai masalah terbesar yang akan dihadapi manusia untuk 50 tahun mendatang, ternyata energi menduduki peringkat pertama. Cadangan sumber energi fosil di seluruh dunia terhitung sejak 2002 yaitu 40 tahun untuk minyak, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara. Dengan keadaan semakin menipisnya sumber energi fosil tersebut, di dunia sekarang ini

terjadi pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarukan menuju sumber energi yang terbarukan. Dari sekian banyak sumber energi terbarukan seperti angin, biomass dan hydro power, penggunaan energi melalui solar cell / sel surya merupakan alternatif yang paling potensial. Hal ini dikarenakan jumlah energi matahari yang sampai ke bumi sangat besar, sekitar 700 Megawatt setiap menitnya. Bila dikalkulasikan, jumlah ini 10.000 kali lebih besar dari total konsumsi energi dunia.

Sel surya adalah peralatan yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan efek photovoltaic. Efek photovoltaic merupakan fenomena munculnya tegangan listrik akibat adanya kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan dibawah paparan energi cahaya. Sel surya berdasarkan perkembangan teknologi saat ini dan bahan pembuatannya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pertama, sel surya yang terbuat dari silikon tunggal, dan silikon multi kristal. Kedua, sel surya tipe lapis tipis (*thin film solar cell*) dan yang ketiga sel surya organik (*Dye Sensitized Solar Cell*). Sel surya konvensional berupa sambungan p-n junction yang terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon, masih mahal untuk dikembangkan karena menggunakan teknologi yang canggih untuk memproduksinya. Hingga sampai ditemukan oleh Gratzel yaitu sel surya organik, DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) sebagai sel surya yang menggunakan dye sensitizer dari bahan organik yang banyak ditemukan di lingkungan sekitar yang dapat secara langsung dikembangkan dengan biaya murah serta mudah fabrikasinya.

Performa dari sebuah solar cell mempengaruhi besar tidaknya arus listrik yang dihasilkan, performa tersebut bisa ditentukan dari beberapa hal, yang utama adalah efisiensi dan fill factor dari solar cell tersebut, dimana kedua parameter ini bisa dipengaruhi oleh banyak faktor, dari konstruksi solar cell itu sendiri maupun faktor dari luar. Pada penelitian sebelumnya belum diketahui secara jelas faktor-faktor apa saja yang bisa mempengaruhi performa dari DSSC, terutama faktor dari luar seperti intensitas cahaya, temperatur dan faktor lainnya. Perlu dilakukannya penelitian atau percobaan untuk bisa mengetahui faktor-faktor apa saja yang bisa mempengaruhi performa dari sebuah DSSC, supaya bisa dilakukan karakterisasi terhadap DSSC menyesuaikan dengan performanya dan bisa dilakukan pengembangan dan pengoptimalan terhadap desain dan fabrikasinya.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Prosedur Pembuatan Prototype DSSC

#### Persiapan

Pembersihan kaca substrat dengan ultrasonic cleaner seperti pada Gambar 1. Supaya kaca terbebas dari material-material yang tidak mampu dibersihkan dengan air saja. Bersih tidaknya kaca ITO mempengaruhi hasil pengujian dari sampel yang akan dilapiskan pada kaca substrat.



Gambar 1. Pembersihan kaca ITO menggunakan ultrasonic cleaner

#### Pembuatan Pasta TiO<sub>2</sub>

Pasta TiO<sub>2</sub> dibuat dari 4 gram serbuk TiO<sub>2</sub> berfase 98,5% anatase dan 1,5% rutil yang dihaluskan terlebih dahulu dalam mortar, kemudian ditambahkan 15 ml larutan asam asetat diaduk selama 30 menit dan ditambahkan 10 tetes triton X-100 sambil diaduk selama 60 menit. Pasta TiO<sub>2</sub> dideposisikan di atas kaca konduktif ITO dengan metode Spin Coating. Sebelum dilakukan pendeposisian, dilakukan terlebih dahulu uji resistansi sisi konduktif kaca ITO dengan menggunakan multimeter seperti pada Gambar 2(a), selanjutnya kaca ITO yang telah disiapkan diletakkan di atas alat Spin Coating dengan bagian sisi konduktif berada di bagian atas seperti pada Gambar 2 (b).



(a)

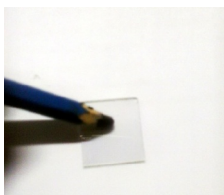


(b)

Gambar 2 (a) Pengetesan sisi konduktif dari kaca ITO (b) pelapisan TiO<sub>2</sub> menggunakan metode spin coating

#### Pembuatan Elektroda Pemanding

Sebuah pensil berjenis 6B digosokkan secara merata pada kaca yang dipakai sebagai substrat seperti pada Gambar 3 (a). Kemudian dibakar dengan menggunakan api dari lilin sehingga didapatkan lapisan karbon seperti pada Gambar 3 (b).



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Pensil 2B digosokkan pada sisi kaca konduktif (b) Lapisan karbon dibakar diatas lilin

#### Pembuatan Ekstrak Dye

Untuk membuat dye ekstrak kulit manggis dan bayam [1]-[2], potong kecil-kecil kemudian dimasukkan ke oven dengan suhu 105°C selama 24 jam, setelah kering disaring dan diambil sebanyak 50 gr, kemudian tambahkan 105 ml *aquades* dan 21 ml *ethanol*, aduk selama 10 menit kemudian saring. Untuk membuat dye ekstrak buah naga merah [3], tumbuk buah naga merah dalam mortar kemudian ambil sebanyak 50 gr dan campurkan 50 ml *aquades* dan 21 ml *ethanol* dan saring menggunakan kertas saring. Kemudian rendam kaca substrat yang sudah dilapisi pasta TiO<sub>2</sub> di dalam larutan dye selama 30 menit seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kaca yang sudah dilapisi larutan TiO<sub>2</sub> direndam dalam larutan dye

#### Penyusunan Lapisan Sandwich

Tetesi kaca substrat yang sudah dilapisi dye dengan larutan elektrolit yang terbuat dari kalium iodide dan iodine dengan cara ditetesi sebanyak 2 tetes (setara 0,2 ml) seperti pada Gambar 5(a). Setelah selesai kemudian lapisan tersebut ditutup dengan kaca yang sudah dilapisi oleh karbon sebagai elektroda pembanding, kemudian dijepit menggunakan klip seperti pada Gambar 5(b).



(a)



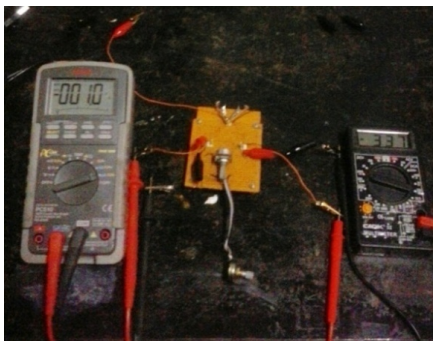
(b)

Gambar 5. (a) Pelapisan elektrolit pada lapisan elektroda kerja (b) Lapisan sandwich DSSC yang sudah jadi.

### B. Prosedur Pengujian

#### Pengujian Karakteristik I-V

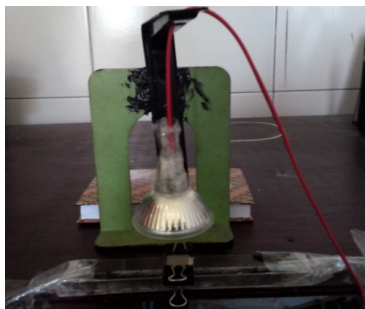
Rangkaian alat seperti pada Gambar 6. Cek terlebih dahulu berapa nilai hambatan yang dimiliki oleh potentiometer menggunakan amperemeter. Kemudian hambatan tersebut dibagi menjadi 10 sampai 20 kali putaran potentiometer dan diberikan tanda pada setiap putaran. Selanjutnya rangkaian tersebut disambungkan pada prototype yang akan diuji, arus dan tegangan yang keluar saat potentiometer belum diputar dicatat. Kemudian potentiometer diputar dari titik putar satu sampai akhir, dan dicatat arus dan tegangan yang keluar pada setiap putaran.



Gambar 6. Susunan alat pengujian karakteristik I-V prototype DSSC

*Pengujian Terhadap Variasi Intensitas Cahaya*

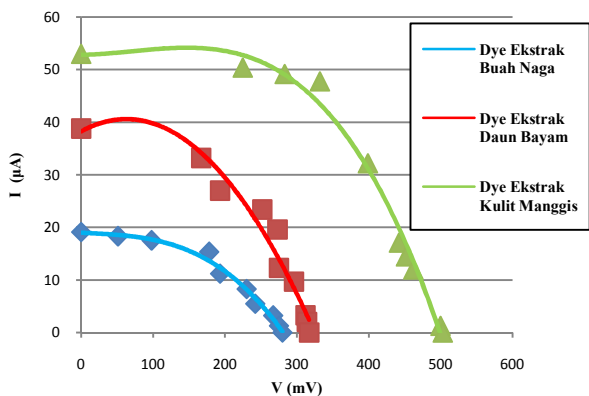
Susunan alat untuk pengujian *prototype* DSSC ditunjukkan oleh Gambar 7. pertama-tama lampu halogen dihubungkan ke listrik melalui *dimmer*, kemudian ketinggian dari lampu halogen diatur hingga mendapatkan nilai  $P_{\text{cahaya}}$  yang homogen, diukur menggunakan *pyranometer*, dan mendapatkan temperatur permukaan *prototype* yang homogen, diukur menggunakan termometer digital. Setelah didapatkan temperatur permukaan yang stabil selanjutnya dicatat temperatur kemudian arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *prototype* setiap 20 detik sampai pada temperatur maksimum masing-masing intensitas. Langkah tersebut diulang kembali dengan mengalirkan pendingin berupa air dibawah permukaan *prototype*.



Gambar 7. Skema susunan alat uji

III. HASIL DAN DISKUSI

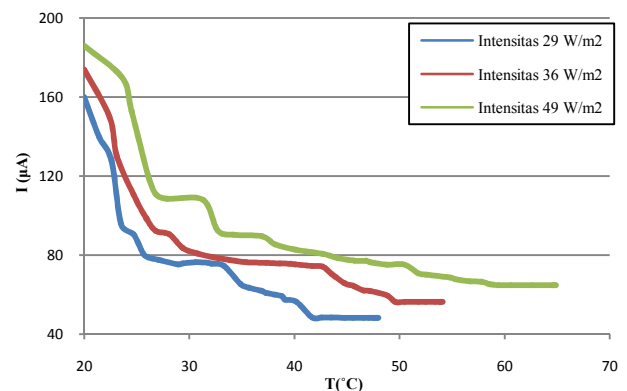
A. Uji Karakteristik I-V Prototype DSSC



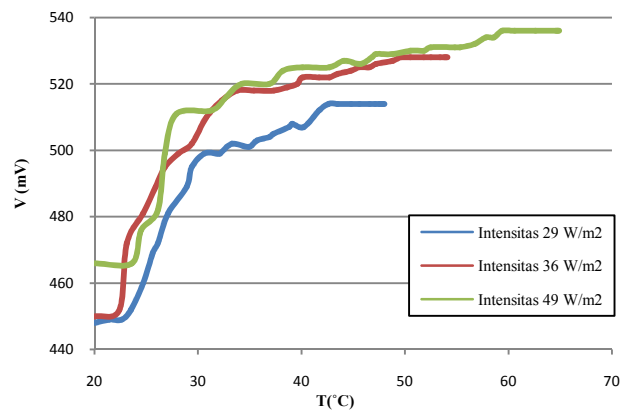
Gambar 8. Grafik karakteristik I-V pada setiap *prototype* DSSC.

Hasil dari pengujian karakteristik I-V pada setiap *prototype* DSSC dengan bahan *dye* yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 8, pada gambar tersebut terlihat bahwa trendline grafik yang dihasilkan oleh *prototype* DSSC dengan bahan *dye* dari ekstrak kulit manggis, bahan *dye* ekstrak buah naga merah, dan bahan *dye* ekstrak daun bayam sudah menunjukkan kesesuaian dengan kurva karakteristik I-V pada solar sel. *Prototype* DSSC dengan bahan *dye* ekstrak kulit manggis menghasilkan arus maksimum sebesar 53  $\mu\text{A}$ , tegangan maksimum sebesar 503 mV. *Prototype* DSSC dengan bahan *dye* ekstrak buah naga merah menghasilkan arus maksimum sebesar 19  $\mu\text{A}$ , tegangan maksimum sebesar 280 mV. *Prototype* DSSC dengan bahan *dye* ekstrak daun bayam menghasilkan arus maksimum sebesar 38,8  $\mu\text{A}$ , tegangan maksimum sebesar 317 mV.

B. Hasil Uji Variasi Intensitas Cahaya Pengujian Tanpa Pendingin



(a)

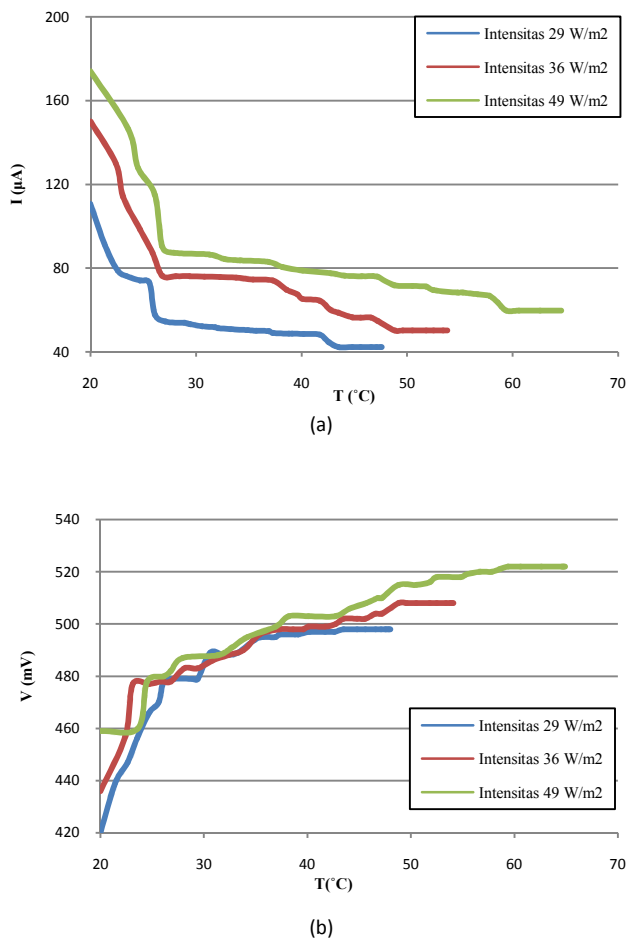


(b)

Gambar 9. Output yang dihasilkan oleh *prototype* DSSC kulit manggis dengan variasi intensitas cahaya berupa (a) Arus dan (b) Tegangan

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 9-11 dapat dilihat bahwa trend grafik adalah semakin tinggi temperatur semakin rendah arus yang dihasilkan, dan sebaliknya tegangan yang dihasilkan semakin tinggi, dapat

dilihat pula bahwa semakin tinggi intensitas cahaya semakin tinggi temperatur maksimum pada permukaan *prototype* juga semakin tinggi arus dan tegangan yang dihasilkan.

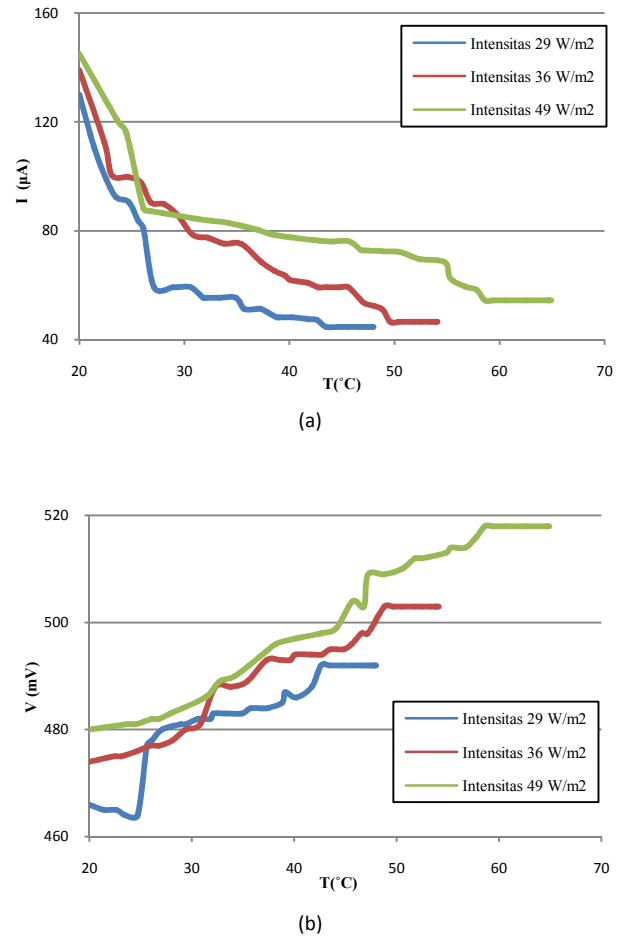


Gambar. 10. Output yang dihasilkan oleh *prototype* DSSC daun bayam dengan variasi intensitas cahaya berupa (a) Arus dan (b) Tegangan

Menurut Chen dan Wei [4] temperatur akan mengakibatkan perubahan pada resistansi suatu benda, dimana semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula resistansi benda tersebut, hal ini akan menyebabkan menurunnya besar arus dan tegangan yang dikeluarkan oleh *solar cell* akibat dari resistansi yang semakin besar. Hubungan pengaruh temperatur terhadap besar tegangan dan arus pada solar cell semikonduktor dijelaskan oleh persamaan matematis berikut [5]:

$$I_{oc} = A \cdot \exp\left(-\frac{E_g}{k.T}\right) \quad (1)$$

dimana  $V_{oc}$  adalah tegangan maksimum yang diperoleh saat open circuit,  $I_{oc}$  adalah arus open circuit,  $E_g$  adalah band gap energy dari semikonduktor, dan  $\alpha$  adalah koefisien absorpsi. menurut persamaan (1) semakin tinggi temperatur



Gambar 11. Output yang dihasilkan oleh *prototype* DSSC buah naga merah dengan variasi intensitas cahaya berupa (a) Arus dan (b) Tegangan

maka semakin tinggi hambatan dan akan menurunkan arus yang dihasilkan.

Dari keluaran hasil pengujian pada *prototype* DSSC berupa arus dan tegangan bisa dicari tegangan maksimum yang dihasilkan oleh *prototype*, dengan persamaan [6]:

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp} \quad (2)$$

dimana  $V_{mp}$  adalah tegangan maksimum yang dihasilkan, dan  $I_{mp}$  adalah arus maksimum yang dihasilkan oleh *prototype*, cara menentukannya adalah dengan cara melihat hasil grafik I-V seperti pada Gambar 12. Berdasarkan perhitungan dari persamaan (2) didapatkan hasil berupa grafik daya maksimum pada setiap intensitas yang ditunjukkan oleh Gambar 13, dan dapat dilihat bahwa semakin tinggi intensitas maka semakin tinggi daya maksimum yang dihasilkan oleh *prototype* DSSC.

Setelah mendapatkan daya maksimum, selanjutnya dihitung efisiensi dari *prototype* dengan persamaan [3]:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \quad (3)$$

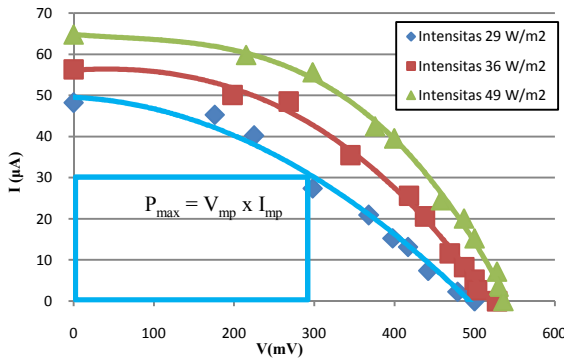
dimana  $P_{cahaya}$  adalah daya yang masuk *prototype*, kemudian didapatkan grafik efisiensi seperti pada gambar 14, dapat dilihat bahwa semakin tinggi intensitas semakin tinggi temperatur maksimum pada permukaan *prototype* DSSC, dan efisiensi *prototype* DSSC kulit manggis lebih tinggi daripada

*prototype* DSSC daun bayam dan lebih tinggi dari *prototype* DSSC buah naga merah.

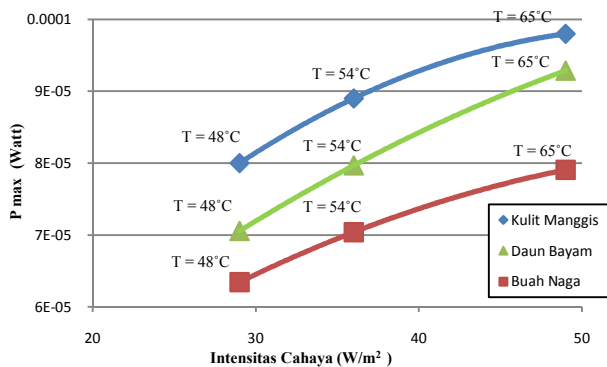
#### IV. KESIMPULAN

Dari penelitian tentang pengaruh intensitas cahaya terhadap performa dari DSSC, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

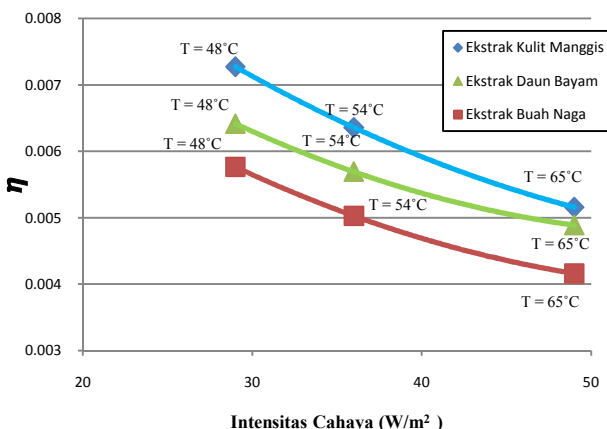
1. Telah berhasil dibuat *prototype* DSSC dengan bahan *dye* dari ekstrak kulit manggis, ekstrak buah naga merah, dan ekstrak daun bayam, dibuktikan dengan terbentuknya kurva karakteristik I-V dari masing-masing *prototype*.
2. *Prototype* dengan bahan *dye* dari ekstrak kulit manggis memiliki efisiensi sebesar 0,73% pada intensitas 29 W/m<sup>2</sup>, 0,64% pada intensitas 36 W/m<sup>2</sup>, dan 0,52% pada intensitas 49 W/m<sup>2</sup>, kemudian *prototype* dengan bahan *dye* dari ekstrak daun bayam memiliki efisiensi sebesar 0,64% pada temperatur 29 W/m<sup>2</sup>, 0,57% pada intensitas 36 W/m<sup>2</sup>, dan 0,49% pada intensitas 49 W/m<sup>2</sup>, dan bahan *dye* ekstrak buah naga merah memiliki efisiensi sebesar 0,58 % pada intensitas 29 W/m<sup>2</sup>, 0,50% pada intensitas 36 W/m<sup>2</sup>, dan 0,42% pada intensitas 49 W/m<sup>2</sup>.



Gambar 12. Contoh grafik I-V dari *prototype* dengan bahan *dye* dari ekstrak kulit manggis dengan perbedaan intensitas cahaya.



Gambar 13. Contoh grafik I-V dari *prototype* dengan bahan *dye* dari ekstrak kulit manggis dengan perbedaan intensitas cahaya.



Gambar 14. Grafik perbandingan Efisiensi Masing-masing *prototype* DSSC pada setiap intensitas cahaya

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis K.Z.T mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Diniyah dan Pondok Pesantren, Ditjen Pendidikan Islam Kementerian Agama Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Program Beasiswa Santri Berprestasi tahun 2009-2013.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahman, H. 2013. "Pengaruh Pemberian *Space* (Bantalan) untuk Mendapatkan Kestabilan Arus dan Tegangan Prototipe DSSC dengan Ekstraksi Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L.*) sebagai *Dye Sensitizer*". Tugas Akhir. Intitut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- [2] Kumara, M.S.W. 2012. "Studi Awal Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus Hybridus L.*) sebagai *Dye Sensitizer* dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC". Jurnal Ilmiah. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- [3] Nasukhah, A.T. 2013. "Fabrikasi dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daging Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) sebagai *Dye Sensitizer*". Thesis. Insititut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- [4] Ting, C.C. dan Chao, W.S. 2010. "Measuring Temperature Dependence of Photoelectric Conversion Efficiency with *Dye-Sensitized Solar Cells*". Jurnal of Measurement 43, Hal. 1623–1627
- [5] Singh, P. dan Ravindra, N.M. 2012. "Temperature Dependence of Solar Cell Performance - An Analysis". Jurnal of Solar Energy Material 101, Hal. 36-45
- [6] Maddu, A.M., Zuhri, dan Irmansyah. 2007. "Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya TiO<sub>2</sub> Nanokristal Tersensitasi *Dye*". Departemen Fisika FMIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor