

**PERAN EKSTRAK KLOROFIL DARI DAUN KEDONDONG  
(*Spondias dulcis Forst*) PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL**

**(*Role of Chlorophyll Extract from Kedondong Leaves (Spondias dulcis Forst) in Dye Sensitized Solar Cell*)**

Ahmad Rifa'i, Hilda Hidayah, Narudi, Agus Malik Ibrahim

Program Studi Kimia, Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Banten  
Jl. Lingkar Selatan KM 1.7 Harjatani, Kramatwatu, Serang, Banten 42616

E-mail: sezhomalik@gmail.com

**ABSTRAK**

Kebutuhan manusia akan energi yang ramah lingkungan dan ekonomis memacu pengembangan penelitian berbasis energi terbarukan dan energi alami. Salah satu energi yang mudah tersedia di negara tropis adalah energi matahari. Energi ini dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan sel surya. *Dye sensitized solar cell* (DSSC) sensitif terhadap pewarna fotoelektrokimia melalui transfer muatan listrik. Penelitian ini berfokus pada penggunaan klorofil yang diekstraksi dari daun kedondong (*Spondias dulcis Forst*), karena klorofil adalah pigmen penting yang disimpan dalam daun untuk transformasi energi radiasi matahari menjadi energi kimia. Tahapan penelitian ini adalah persiapan daun kedondong, ekstraksi klorofil menggunakan metode maserasi, dan perakitan DSSC. Uji kualitatif gugus fungsional dalam ekstrak klorofil menggunakan *Fourier transform infra red* (FTIR). Hasil analisis menunjukkan bahwa puncak muncul khas untuk gugus fungsional dalam klorofil pada bilangan gelombang tertentu. Gugus OH muncul dalam kisaran bilangan gelombang 3650 - 3200  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C = C pada 1700 – 1500  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C-N pada 1350 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus C-O pada 1300 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ . Pengujian kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 645 nm dan 633 nm. Hasil yang diperoleh adalah klorofil a adalah 4,52 mg/L, klorofil b adalah 8,43 mg/L, dan total klorofil adalah 12,95 mg/L. Hasil uji kinerja prototipe DSSC dengan ukuran hanya 2,5  $\text{cm}^2$ , mampu menghasilkan tegangan 84,6 mV.

Kata kunci: daun kedondong, klorofil, *dye sensitized solar cell*

**ABSTRACT**

*Human needs for environmentally friendly and economical energy spurred the development of research based on renewable energy and natural energy. One energy that is easily available in tropical countries is solar energy. This energy can be converted into electrical energy using solar cell. Solar cells DSSC are sensitive to photoelectrochemical dyes through the transfer of electric charges. This study focuses on the use of extracted chlorophyll from kedondong leaves (Spondias dulcis Forst), because chlorophyll is important pigment stored in leaves for transformation of solar radiation energy into chemical energy. The stages of this study were kedondong leaves preparation,*

E-mail: jurnal.itekima@stakc.ac.id

*chlorophyll extraction using maceration method, and DSSC assembly. Qualitative test of functional groups in chlorophyll extract using Fourier transform infra red (FTIR). The results of analysis show that peaks appear typical for functional groups in chlorophyll at certain wave numbers. The OH group appears in the range of wave numbers 3650 - 3200  $\text{cm}^{-1}$ , C=C group at 1700 – 1500  $\text{cm}^{-1}$ , C-N group at 1350 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ , and C-O group at 1300 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ . Quantitative testing using UV-Vis spectrophotometer at wavelength 645 nm and 633 nm. The results obtained were chlorophyll a is 4.52 mg/L, chlorophyll b is 8.43 mg/L, and total chlorophyll is 12.95 mg/L. The performance test results that DSSC prototype with only 2.5  $\text{cm}^2$  in size, capable to produce voltage of 84.6 mV.*

*Keywords: kedondong leaves, chlorophyll, dye sensitized solar cell*

## **1. PENDAHULUAN**

Kebutuhan manusia akan energi yang ramah lingkungan dan hemat memacu untuk dikembangkannya penelitian-penelitian berbasis energi terbarukan dan energi alam. Salah satu energi yang mudah didapatkan pada negara tropis adalah energi surya atau matahari. Energi ini dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya (*solar cell*).

Solar cell yang umum dijumpai di masyarakat berbasis silikon, tetapi dalam dua dekade terakhir telah ditemukan *dye sensitized solar cell* (DSSC) yang bisa menggantikan *solar cell* silikon sebagai suatu *converter energy*, dan merupakan sel surya generasi ketiga setelah sel surya konvensional dan sel surya berbasis film tipis (Aziza, 2018). *Solar cell* DSSC sensitif terhadap pewarna secara fotoelektrokimia melalui transfer muatan listrik. Keunggulan dari DSSC antara lain produksinya murah, variasi bahan-bahan yang digunakan, ramah lingkungan, dan menghasilkan efisiensi tinggi (Cari *et al.*, 2013).

Sifat ramah lingkungan dan hemat yang dimiliki DSSC dikarenakan jenis *solar cell* tersebut dapat dibuat dengan memanfaatkan zat warna alami atau pigmen dari tumbuhan yang tersedia di alam seperti klorofil dan antosianin. Tanaman kedondong (*Spondias dulcis Forst*) kaya akan berbagai kelas metabolit sekunder, termasuk fenolat, sterol, triterpen, saponin, minyak atsiri, asam amino, dan polisakarida. Anggota genus *Spondias* banyak digunakan dalam pengobatan tradisional untuk pengobatan berbagai penyakit, termasuk sakit perut, diare, diabetes, demensia, anemia, disentri, dan berbagai infeksi (Sameh *et al.*, 2018). Penelitian ini berfokus pada penggunaan klorofil yang diekstrak dari daun kedondong (*Spondias dulcis Forst*), karena klorofil adalah pigmen penting yang

**E-mail: jurnal.itekima@stakc.ac.id**

disimpan dalam daun untuk transformasi energi radiasi matahari menjadi energi kimia (Ma *et al.*, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan menggunakan dye alami yang diekstrak dari daun tumbuhan kedondong (*Spondias dulcis Forst*). Kegunaan penelitian ini adalah untuk aplikasi pengembangan ilmu, peningkatan nilai tambah yang bernilai ekonomis tinggi dari tumbuhan kedondong, dan sebagai dukungan terhadap penggunaan energi ramah lingkungan.

## **2. BAHAN DAN METODE**

### **Bahan dan Alat**

Bahan-bahan yang dipakai meliputi daun kedondong (*Spondias dulcis Forst*), substrat *indium-doped tin oxide* (ITO), titanium dioksida, aseton, asam nitrat pekat, akuades, polivinil alkohol (PVA), kalium iodide (KI), Iod (I<sub>2</sub>), dan *polyethylene glycol* (PEG) 400. Peralatan yang digunakan yaitu peralatan gelas, kertas saring, gelas transparan konduktif, pemotong kaca, pengaduk magnetik, *blender*, termometer, multimeter, pemanas, tanur, *sentrifuge*, instrumen spektrofotometer UV-Vis, dan instrumen *Fourier transform infra red* (FTIR).

### **Preparasi Larutan Dye**

Ekstraksi klorofil dari daun kedondong menggunakan metode ekstraksi maserasi. Daun kedondong dibersihkan, ditiriskan, dipotong kecil-kecil, dan ditimbang sebanyak 100 g, kemudian dihaluskan menggunakan *blender*. Semakin halus daun kedondong maka semakin baik pula hasil ekstraksinya. Daun kedondong yang sudah halus tadi kemudian dicampurkan dengan pelarut aseton sebanyak 500 mL di dalam gelas piala dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 30 menit. Setelah klorofil terekstrak dari daun dengan ditandai larutan berubah menjadi hijau dan warna daun menjadi putih, kemudian dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring sehingga didapatkan larutan klorofil. Ekstrak klorofil disimpan di dalam botol gelap dan tertutup rapat, karena klorofil merupakan senyawa yang tidak stabil.

### **Pengujian Kadar Klorofil**

Kadar klorofil dari hasil ekstraksi daun kedondong diuji menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Ekstrak klorofil yang didapat dari proses ekstraksi kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 1000 rpm selama 10 menit, kemudian substansi supernatannya diambil. Ekstrak yang telah disentrifugasi kemudian diambil 1 mL untuk diencerkan ke dalam labu takar 10 mL. Konsentrasi klorofil diperoleh dari pengukuran absorbansi ekstrak pada panjang gelombang 663 nm dan 645 nm dengan spektrofotometer UV-Vis (Aryanti *et al.*, 2016). Perhitungan konsentrasi klorofil dilakukan dengan menggunakan metode Arnon:

$$C \text{ (mg/L)} = (20,2 \times A_{645 \text{ nm}}) + (8,02 \times A_{663 \text{ nm}})$$

Simbol C merupakan konsentrasi klorofil total (klorofil a dan klorofil b). Simbol  $A_{645 \text{ nm}}$  dan  $A_{663 \text{ nm}}$  adalah nilai absorbansi ekstrak klorofil pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm.

### **Pengujian Gugus Fungsi Klorofil**

Gugus fungsi khas dari klorofil diuji menggunakan instrumen spektrofotometer *Fourier transform infra red* (FTIR). Puncak-puncak khas yang muncul pada bilangan gelombang tertentu mengindikasikan vibrasi ikatan kimia dari gugus tertentu.

### **Preparasi Gelas Transparan Konduktif**

Gelas transparan konduktif yang digunakan adalah jenis *indium-tin-oxide* (ITO) dengan ukuran 2,5 cm x 2,5 cm. Pembuatan satu prototipe DSSC dibutuhkan dua buah gelas transparan konduktif. Dua buah gelas transparan konduktif tersebut digunakan untuk counter elektroda satu buah dan satu buah lagi untuk pasta  $\text{TiO}_2$ , larutan *dye*, dan elektrolit. Pemotongan gelas transparan konduktif dilakukan dengan menggunakan pemotong kaca (Prayogo *et al.*, 2014).

### **Pembuatan Pasta $\text{TiO}_2$**

Bubuk  $\text{TiO}_2$  ditambahkan perlahan-lahan hingga diperoleh pasta dengan viskositas yang diinginkan. Pengaturan larutan asam nitrat pekat dengan mengatur 7,5 mL asam nitrat pekat ditambahkan 0,5 g bubuk  $\text{TiO}_2$  bertujuan untuk mendapatkan pasta yang optimal.

### **Preparasi Elektrolit**

Sebanyak 0.8 g KI 0.5 M dicampurkan dan diaduk secara merata ke dalam 10 mL larutan PEG 400. Selanjutnya 0.127 g I<sub>2</sub> dimasukkan ke dalam larutan tersebut sampai ketiga bahan tersebut larut dengan sempurna. Larutan elektrolit disimpan terlebih dahulu dalam botol vial yang tertutup (Prayogo *et al.*, 2014).

### **Preparasi Counter Electrode**

*Counter-electrode* karbon dibuat dengan membakar substrat yang akan digunakan menjadi *counter electrode* menggunakan api lilin. Proses tersebut secara otomatis akan membentuk karbon di bagian area substrat tersebut (Prayogo *et al.*, 2014).

### **Perakitan DSSC**

Perakitan DSSC dilakukan sesudah semua komponen bahan selesai dibuat. Pertama substrat ITO dipotong dengan ukuran 2.5 x 2.5 cm<sup>2</sup>. *Scotch tape* digunakan untuk membatasi dan membentuk area tempat pasta TiO<sub>2</sub> dengan ukuran 2 x 2 cm<sup>2</sup> dengan metode *doctor blade*, pasta TiO<sub>2</sub> diratakan menggunakan batang pengaduk. Substrat ITO-TiO<sub>2</sub> dipanaskan di dalam tanur dengan suhu 450 °C selama 30 menit. Substrat ITO-TiO<sub>2</sub> yang terdeposisi kemudian dilakukan perendaman selama 1 hari di dalam larutan klorofil. Setelah menyatu, teteskan larutan elektrolit secara merata. Langkah terakhir, satukan substrat elektroda aktif dengan *counter electrode* menggunakan binder klip dengan setiap ujung dari substrat diberikan offset 0,5 cm (Prayogo *et al.*, 2014).

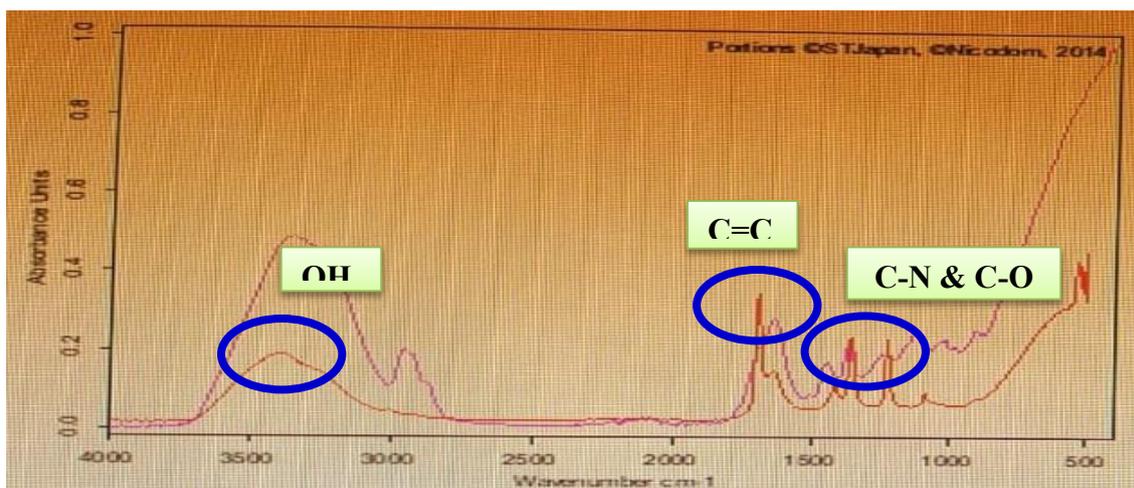
### **Pengujian Performansi DSSC**

Setelah prototipe DSSC sudah dibuat selanjutnya dilakukan pengujian performansi DSSC melalui pencahayaan langsung di bawah sinar matahari. Pengukuran dengan melakukan multimeter sehingga diperoleh tegangan *open circuit* (V<sub>oc</sub>) (Rizali *et al.*, 2017).

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

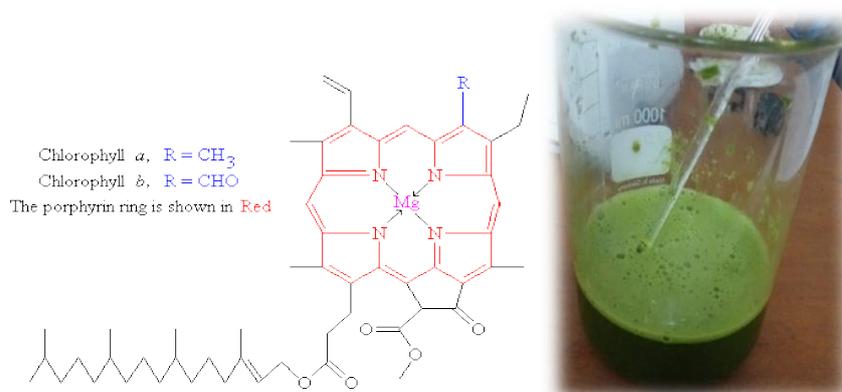
Uji kualitatif gugus fungsi pada senyawa klorofil hasil ekstraksi dilakukan menggunakan instrumen *Fourier transform infra red* (FTIR). Hasil analisis menunjukkan bahwa muncul/terdeteksi puncak-puncak yang khas untuk gugus fungsi pada klorofil

pada bilangan gelombang tertentu. Gugus OH muncul pada kisaran bilangan gelombang 3650 – 3200  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C=C pada kisaran bilangan gelombang 1700 – 1500  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C-N pada kisaran bilangan gelombang 1350 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus C-O pada kisaran bilangan gelombang 1300 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ . Gambar 1 menunjukkan spektrogram FTIR dari klorofil pada spektrogram berwarna jingga (*orange*).



**Gambar 1. Hasil uji kualitatif ekstrak klorofil**

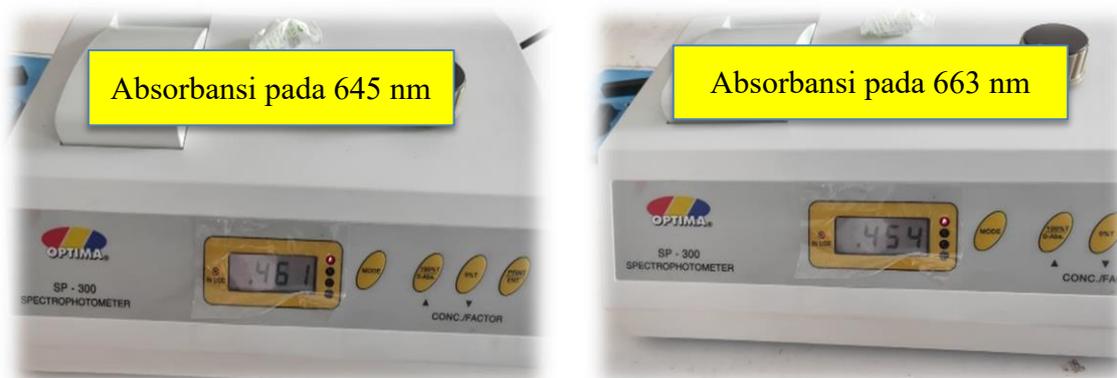
Munculnya puncak-puncak khas tersebut karena memang gugus fungsi tersebut terdapat pada struktur senyawa klorofil. Ikatan kimia atau gugus fungsi tersebut memancarkan energi vibrasi yang terbaca oleh detektor, baik secara absorbansi maupun transmisi ketika diberikan sumber energi dari sinar infra merah pada instrumen FTIR. Gambar 2 menunjukkan struktur kimia klorofil yang mengandung gugus fungsi yang terdeteksi melalui FTIR.



**Gambar 2. Struktur kimia klorofil dan ekstrak klorofil daun kedondong**

*E-mail: jurnal.itekima@stakc.ac.id*

Pengujian kuantitatif dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 645 nm dan 633 nm. Berdasarkan hasil analisis ekstrak klorofil daun kedondong, didapatkan bahwa kadar klorofil a sebesar 4,52 mg/L, kadar klorofil b sebesar 8,43 mg/L, dan kadar klorofil total adalah 12,95 mg/L. Gambar 3 dan Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran absorbansi ekstrak klorofil daun kedondong pada spektrofotometer UV-Vis.

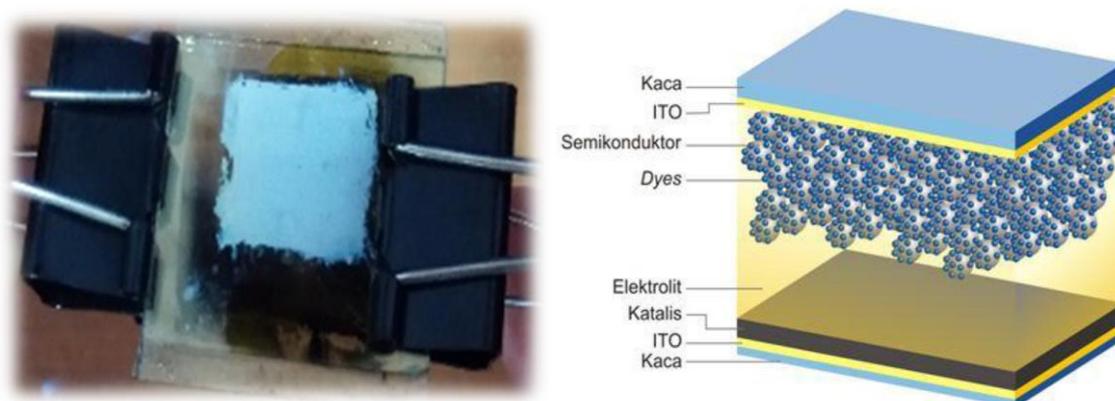


**Gambar 3. Pengukuran absorbansi ekstrak klorofil daun kedondong**

**Tabel 1. Hasil uji kuantitatif kadar klorofil ekstrak daun kedondong**

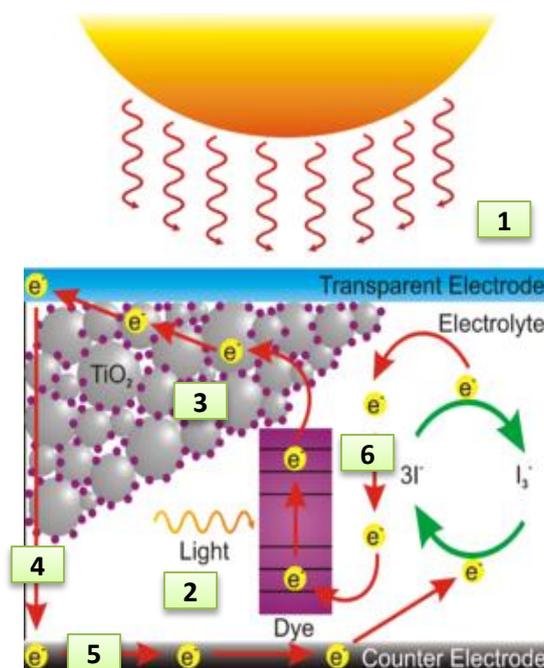
Klorofil a	Klorofil b
$= ((12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645})) \text{ mg/L}$	$= ((22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663})) \text{ mg/L}$
$= ((12,7 \times 0,454) - (2,69 \times 0,461)) \text{ mg/L}$	$= ((22,9 \times 0,461) - (4,68 \times 0,454)) \text{ mg/L}$
$= (5,7658 - 1,2401) \text{ mg/L}$	$= 10,5569 - 2,1247$
<b>= 4,52 mg/L</b>	<b>= 8,43 mg/L</b>
Klorofil Total	
$= ((20,2 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663})) \text{ mg/L}$	
$= ((20,2 \times 0,461) + (8,02 \times 0,454)) \text{ mg/L}$	
$= 9,3122 + 3,6411$	
<b>= 12,95 mg/L</b>	

Klorofil sangat berperan di dalam DSSC karena sebagai penyedia elektron. Tanpa tersedianya cukup elektron, maka tidak akan muncul tegangan dan arus listrik. Selain klorofil, pewarna alami yang bisa dimanfaatkan sebagai penyedia elektron pada DSSC adalah antosianin. Gambar 4 menunjukkan bentuk prototipe DSSC yang berhasil dibuat.



Gambar 4. Skema prototipe DSSC klorofil daun kedondong

Mekanisme reaksi/kerja DSSC dapat dijelaskan pada Gambar 6. Foton dilepaskan dari matahari (1). Foton mengenai *dye* (klorofil) sehingga menyebabkan elektron terlepas dari ikatan rangkap terkonjugasi (2). Elektron bergerak melalui nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dan keluar dari anoda (3). Elektron bergerak mengelilingi sirkuit dan melakukan kerja (4). Elektron bergerak menuju katoda/*counter electrode* (5). Elektron dibawa kembali menuju *dye* (6). Siklus proses terus berulang.



Gambar 6. Mekanisme reaksi DSSC

Hasil uji performansi didapatkan bahwa prototipe DSSC dengan hanya berukuran 2,5 cm<sup>2</sup>, mampu menghasilkan tegangan maksimum sebesar 84,6 mV. Pengujian setelah 6 hari tanpa penyinaran matahari, tegangan *output* DSSC turun hingga 72%. Setelah tercapai tegangan terendah, DSSC diberikan penyinaran matahari selama 60 menit, hasilnya tegangan *output* naik sebesar 180% pada 9 Juli 2019 dan 100% pada 10 Juli 2019. Hasil tersebut membuktikan peran penting matahari sebagai sumber energi bagi makhluk hidup, sekaligus juga membuktikan kemampuan DSSC klorofil daun kedondong sebagai *energy converter*. Hasil pengujian performansi DSSC disajikan pada Gambar 6 dan Tabel 2.



**Gambar 6. Uji performansi DSSC klorofil daun kedondong**

**Tabel 2. Hasil pengujian performansi prototype DSSC**

No.	Waktu Uji	Tegangan (mV)
1.	03-07-2019 15:00	84,6
2.	09-07-2019 11:00	23,6
3.	09-07-2019 14:00	11,1
4.	09-07-2019 15:00	31,1
5.	10-07-2019 09:30	34,0
6.	10-07-2019 10:30	31,5
7.	10-07-2019 11:30	62,2

#### 4. KESIMPULAN

Prototipe *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan menggunakan dye alami yang diekstrak dari daun tumbuhan kedondong (*Spondias dulcis Forst*) telah berhasil dibuat pada penelitian ini. Hasil uji kualitatif klorofil menunjukkan bahwa puncak muncul khas untuk gugus fungsional dalam klorofil pada bilangan gelombang tertentu. Gugus OH muncul dalam kisaran bilangan gelombang 3650 - 3200  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C = C pada 1700 – 1500  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C-N pada 1350 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus C-O pada 1300 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ . Pengujian kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 645 nm dan 633 nm. Hasil yang diperoleh adalah klorofil a adalah 4,52 mg/L, klorofil b adalah 8,43 mg/L, dan total klorofil adalah 12,95 mg/L. Hasil uji kinerja prototipe DSSC dengan ukuran hanya 2,5  $\text{cm}^2$ , mampu menghasilkan tegangan 84,6 mV.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI) atas dana penelitian yang diberikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada LLDIKTI Wilayah IV atas dukungan dalam program kreativitas mahasiswa bidang penelitian (PKM-P) tahun 2019.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aryanti N, Nafiunisa A, & Willis FM. 2016. Ekstraksi dan Karakterisasi Klorofil dari Daun Suji (*Pleomele angustifolia*) sebagai Pewarna Pangan Alami. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5(4):129-135. *Indonesian Food Technologists* <https://doi.org/10.17728/jatp.183>.
- Aziza MR. 2018. Pengaruh Variasi Dye Klorofil dan Antosianin terhadap Daya Keluaran *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) [skripsi]. Malang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Cari AS, & Boisandi A. 2013. Studi Pengaruh Konsentrasi *Poly (3-Hexylthiophene)* (P3HT) Terhadap Peningkatan Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cells*. ISBN: 978-602-8047-80-7:LPF1331-1.

- Ma X, Feng J, Guan H, & Liu G. 2018. Prediction of Chlorophyll Content in Different Light Areas of Apple Tree Canopies based on the Color Characteristics of 3D Reconstruction. *Remote Sensing* 2018, 10:429; doi:10.3390/rs10030429.
- Prayogo AF, Pramono SH, & Maulana E. 2014. Pengujian dan Analisis Performansi *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) terhadap Cahaya. Malang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Rizali D, Suryanto H, & Sukarni. 2017. Pengaruh Konsentrasi Klorofil dari Daun Pepaya Terhadap Performansi *Dye Sensitized Solar Cell* [skripsi]. Malang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.
- Sameh S, Al-Sayed E, Labib RM, & Singab AN. 2018. *Genus Spondias: A Phytochemical and Pharmacological Review*. *Hindawi Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. Volume 2018, Article ID 5382904, 13 pages.