

## **Analisis Performa DSSC dengan Ekstrak Daun Pepaya terhadap Lama Perendaman Kaca ITO (Kajian Teori)**

### **Performance Analysis of DSSC with Papaya Leaf Extract against Immersion Time of ITO Glass (Theoretical Review)**

**Ashari\*, Muslimin**

*Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako, Palu,  
Sulawesi Tengah, Indonesia*

---

**Abstrak** *Dye Sensitized Solar Cell* merupakan sel surya generasi ketiga berbahan dasar organik yang menyerap energi cahaya matahari untuk dikonversi menjadi energi listrik. Komponen *Dye Sensitized Solar Cell* berasal dari kaca ITO, klorofil ekstrak daun pepaya, bubuk  $\text{TiO}_2$ , larutan elektrolit, dan karbon pensil yang disusun dengan kombinasi berlapis struktur donor dan aseptor. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui performa sel surya DSSC dengan ekstrak daun pepaya terhadap lama perendaman kaca ITO selama 30 menit dan selama 120 menit. Metode penelitian menggunakan analisis *mixed* (gabungan analisis dan eksperimen). Perendaman kaca ITO selama 30 menit menghasilkan klorofil a 22,69 mg/L, klorofil b 57,50 mg/L, klorofil total 80,19 mg/L, variabel  $I_{sc}$   $1400 \times 10^{-3}$  A, variabel  $V_{oc}$   $235 \times 10^{-3}$  V, variabel *Fiil Factor* 0,25 % dan variabel  $P_{max}$  0,0822 W. Perendaman kaca ITO selama 120 menit menghasilkan klorofil a 22,32 mg/L, klorofil b 54,59 mg/L, klorofil total 74,91 mg/L, variabel  $I_{sc}$   $360 \times 10^{-3}$  A, variabel  $V_{oc}$  sebesar  $191 \times 10^{-3}$  V, variabel *Fiil Factor* 0,25 % dan variabel  $P_{max}$  0,0172 W. Penelitian ini membuktikan bahwa lama perendaman kaca ITO optimal ialah selama 30 menit, karena semakin lama kaca ITO direndam maka klorofil ekstrak daun pepaya mengalami degradasi pigmen dengan berkurangnya molekul klorofil aktif yang berfungsi menyerap cahaya matahari.

---

**Kata Kunci** Performa DSSC, Lama Perendaman, Kaca ITO

**Abstract** *Dye Sensitized Solar Cell* is a third-generation solar cell made from organic materials that absorbs sunlight energy to be converted into electrical energy. *Dye Sensitized Solar Cell* components come from ITO glass, papaya leaf extract chlorophyll,  $\text{TiO}_2$  powder, electrolyte solution, and pencil carbon which are arranged in a layered combination of donor and acceptor structures. The aim of this research was to determine the performance of *Dye Sensitized Solar Cell* solar cells with papaya leaf extract for soaking ITO glass for 30 minutes and 120 minutes. The research method uses mixed analysis (a combination of analysis and experimentation). Soaking the ITO glass for 30 minutes produced chlorophyll a 22,69 mg/L, chlorophyll b 57,50 mg/L, total chlorophyll 80,19 mg/L, variable  $I_{sc}$   $1400 \times 10^{-3}$  A, variable  $V_{oc}$   $235 \times 10^{-3}$  V, variable *Fiil Factor* 0,25% and variable  $P_{max}$  0,0822 W. Soaking ITO glass for 120 minutes produces chlorophyll a 22,32 mg/L, chlorophyll b 54,59 mg/L, total chlorophyll 74,91 mg/L, the  $I_{sc}$  variable is  $360 \times 10^{-3}$  A, the  $V_{oc}$  variable is  $191 \times 10^{-3}$  V, the *Fiil Factor* variable is 0,25% and the  $P_{max}$  variable is 0,0172 W. This research proves that the optimal soaking time for ITO glass is 30 minutes, because the longer the ITO glass is soaked, the chlorophyll of papaya leaf extract will experience pigment degradation with a reduction in active chlorophyll molecules that absorb sunlight.

**Keywords** DSSC Performance, Immersion Time, ITO Glass

**Corresponding Author\***

E-mail: [asharizulkifli971@gmail.com](mailto:asharizulkifli971@gmail.com)

Received 12 October 2023; Accepted 20 November 2024; Available Online 31 December 2024

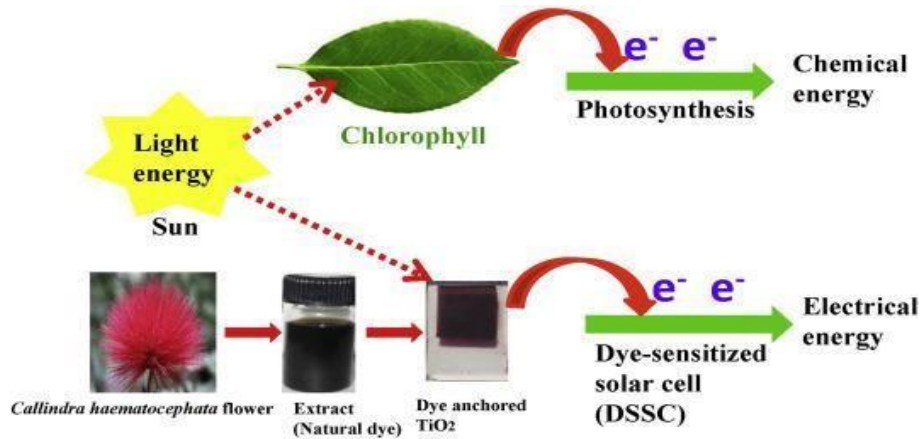
---

## 1. Pendahuluan

Sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* merupakan salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang sangat potensial jika dimanfaatkan dengan baik pada masa mendatang (Anriyan, 2022). *Dye Sensitized Solar Cell* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik menggunakan proses aliran elektron pada fotosintesis tumbuhan, karena energi matahari berupa foton digunakan untuk melepaskan elektron bebas dari molekul sehingga elektron bebas tersebut mengalir sebagai listrik. Pengamatan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) umumnya menggunakan ekstraksi dari bahan organik tumbuhan (Pote et al, 2022). *Dye Sensitized Solar Cell* bisa dibuat dari bahan semikonduktor organik (Hardani & Angraini, 2019). Komponen *Dye Sensitized Solar Cell* tergolong cukup sederhana karena mudah ditemukan (Syarofah et al, 2022).

DSSC sebagai sel surya generasi ketiga memang terbukti memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah kemudahan pembuatannya, harganya yang relatif lebih murah dari sel surya silikon, dan kemampuannya untuk menyerap cahaya dalam ruangan dengan intensitas yang rendah (Daniswara et al, 2020). Penelitian *Dye Sensitized Solar Cell* memiliki kelebihan berupa kemudahan merakit serta bahan yang digunakan tidak beracun sehingga layak diteliti dan dikembangkan lebih lanjut dalam berbagai komponen mulai dari optimasi di bidang fotoanoda, elektroda pembanding, elektrolit, dye, maupun dalam hal *packaging* untuk mengoptimalkan efisiensi sebagai alternatif solar sel yang murah dan ramah lingkungan (Gunawan, 2016).

Fabrikasi sel surya organik *Dye Sensitized Solar Cell* terdiri dari dua buah kaca konduktif ITO yang direkatkan kemudian telah dilapisi pasta  $\text{TiO}_2$  dan etanol (Dahlan, 2022). Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* dipengaruhi oleh sumber cahaya yang digunakan dan elektron yang diserap oleh kaca ITO serta dipengaruhi oleh lama perendaman sel dalam larutan dye (Andari & Abrini, 2018). Pengaruh penggunaan dye dapat meningkatkan nilai absorbansi dan efisiensi kerja *Dye Sensitized Solar Cell* (Manurung et al, 2021). Komponen *Dye Sensitized Solar Cell* menggunakan bahan kaca Indium Tin Dioxide (ITO), Titanium Dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) dan larutan elektrolit (Nugraha et al, 2021).  $\text{TiO}_2$  (Titanium Dioxide) adalah material yang umum digunakan dalam sel surya sensitif pewarna DSSC. *Dye Sensitized Solar Cell* merupakan sel surya fotoelektrokimia yang menggunakan elektrolit sebagai medium transport. Dye berfungsi sebagai penyerap foton yang kemudian diubah menjadi energi listrik (Rakhman et al, 2014). Keunggulan dari dye alami ialah harganya yang murah, tidak beracun, serta mudah terurai di alam (Fitria et al, 2016). Ekstrak daun pepaya (*Carica papaya L.*) mengandung dye klorofil alami dengan absorbansi pewarna berperan mencegah rekombinasi elektrolit, berperan mengurangi pengumpulan zat warna dan merupakan faktor utama proses fotosintesis dalam mengubah senyawa organik menjadi energi yang mampu menghasilkan elektron bermuatan listrik. Adapun skema fotosintesis daun dapat dilihat dari Gambar 1.



**Gambar 1.** Ilustrasi Fotosintesis Daun (Sumber: Muslimin et al, 2020).

Berdasarkan uraian di atas maka tujuan penelitian ini untuk mengetahui performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan ekstrak daun pepaya terhadap lama perendaman kaca ITO selama 30 menit dan 120 menit. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi dan ilmu yang bermanfaat terhadap perkembangan teknologi sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* dengan pemanfaatan sumber daya alam yang lebih berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini tergolong *analysis mixed* (gabungan analisis dan eksperimen), dengan preparasi komponen sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* sebagai berikut.

- Preparasi klorofil ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) direndam larutan aquades menggunakan teknik *blanching* agar menghambat kerja enzim klorofilase.
- Preparasi elektroda kerja pada substrat kaca ITO pertama yang di atasnya dilapisi pasta TiO<sub>2</sub> dengan teknik *doctor blade* untuk direndam ke dalam larutan klorofil ekstrak daun pepaya dengan pengamatan waktu perendaman selama 30 menit dan 120 menit.
- Preparasi elektroda pembanding pada kaca ITO kedua dilakukan dengan cara menggoreskan karbon pensil secara teratur pada sisi kaca ITO, lalu dibungkus menggunakan aluminium foil kemudian dipanaskan hingga suhu 50 °C.
- Preparasi bubuk TiO<sub>2</sub> dicampurkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan takaran secukupnya, lalu diaduk hingga membentuk pasta gel TiO<sub>2</sub> dan dideposisi ke area bingkai selotip lalu dibungkus menggunakan aluminium foil kemudian dipanaskan hingga suhu 50 °C.
- Perangkaian material sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* disusun sama rata antara kaca ITO pertama sebagai elektroda kerja dan kaca ITO kedua sebagai elektroda pembanding, kemudian diteteskan larutan elektrolit *iodelyte* sebanyak 2 tetes.
- Pengujian sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* menggunakan multimeter digital untuk menguji muatan listrik yang dihasilkan berupa kuat arus (A) dan tegangan (V).

## Waktu dan Tempat Penelitian

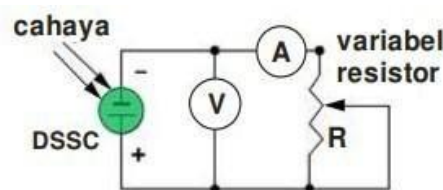
Riset analisis performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan ekstrak daun pepaya terhadap lama perendaman kaca ITO (Kajian Teori) dimulai Juni 2022 sampai Juni 2023 bertempat di Laboratorium Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Tadulako.

## Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berupa Spectrometer Shimadzu UV 1601, multimeter digital, kabel penghubung, kabel probe, neraca digital, termometer, lux meter, catu daya, potensiometer 10 k $\Omega$ , solder, gelas ukur, pipet tetes, batang pengaduk, pisau, silet, cawan porselin, penumbuk, penjepit kertas dan penjepit buaya.

Bahan yang digunakan berupa substrat kaca ITO berukuran 1 cm persegi, bubuk TiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl, betadine, aquades, etanol atau alkohol 70 %, daun pepaya (*Carica papaya L.*), pensil, kertas label, kain kasa, tisu basah dan kertas aluminium foil.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa DSSC dengan memanfaatkan cahaya matahari luminasi 500 lux, agar jelas amati ilustrasi Gambar 2.



**Gambar 2.** Pengukuran Muatan Listrik I dan V  
(Sumber: Muslimin et al, 2020)

Variable-variabel fisis pada *Dye Sensitized Solar Cell* berupa kuat arus listrik dan tegangan listrik menggunakan persamaan rumus (Muslimin et al, 2020) sebagai berikut.

$$FF = \frac{I_m \times V_m}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

$$P_{max} = I_{sc} \times V_{oc} \times FF$$

Keterangan:

- FF = *Fill Factor* atau Faktor Pengisian (%)
- I<sub>m</sub> = Kuat Arus Listrik Optimal (Ampere)
- V<sub>m</sub> = Tegangan Listrik Optimal (Volt)
- P<sub>max</sub> = Daya Listrik Maksimum (Watt)
- I<sub>sc</sub> = Kuat Arus Terbuka DSSC (Ampere)
- V<sub>oc</sub> = Tegangan Terbuka DSSC (Volt)

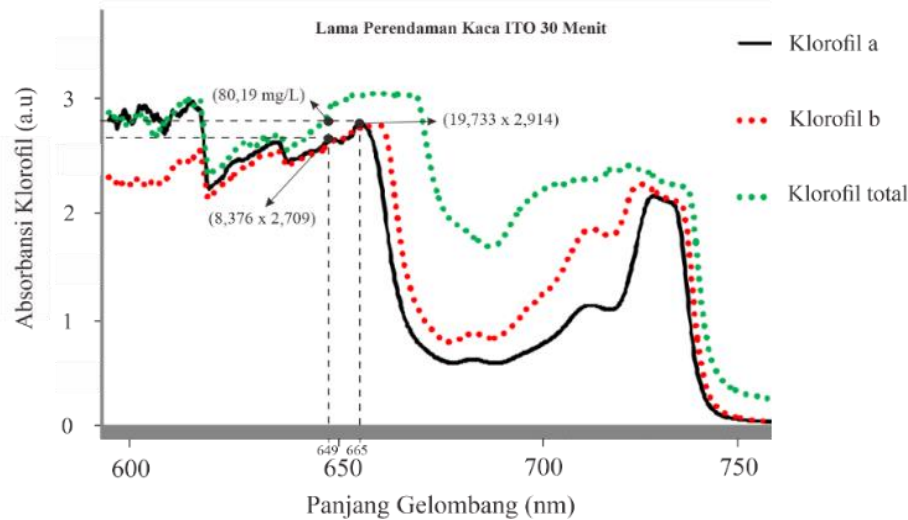
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Penelitian

Sumber energi yang digunakan pada pengamatan sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* berasal dari cahaya matahari luminasi 500 lux menggunakan kaca ITO berukuran 1 cm persegi dengan berbantuan catu daya yang berperan sebagai baterai.

#### *Klorofil Ekstrak Daun Pepaya Lama Perendaman Kaca ITO 30 Menit*

Pengujian absorbansi klorofil ekstrak daun pepaya lama perendaman kaca ITO selama 30 menit berbantuan *Spectrophotometer* Shimadzu UV 1601 dengan panjang gelombang hingga 750 nm. Agar lebih jelas, amatilah ilustrasi grafik kandungan klorofil terhadap lama perendaman kaca ITO selama 30 menit pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Kandungan Klorofil Ekstrak Daun Pepaya Lama Perendaman 30 Menit  
(Sumber: Muslimin et al, 2020)

Kandungan Klorofil Lama Perendaman Kaca ITO selama 30 Menit

Diketahui: Absorbansi Klorofil a = 8,376

Diketahui: Kepadatan Optik OD<sub>665</sub> = 2,709

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Klorofil a} &= \text{Absorbansi Klorofil a} \times \text{OD}_{665} \\ &= 8,376 \times 2,709 \\ &= 22,69 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Diketahui: Absorbansi Klorofil b = 19,733

Diketahui: Kepadatan Optik OD<sub>649</sub> = 2,914

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Klorofil b} &= \text{Absorbansi Klorofil b} \times \text{OD}_{649} \\ &= 19,733 \times 2,914 \\ &= 57,50 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

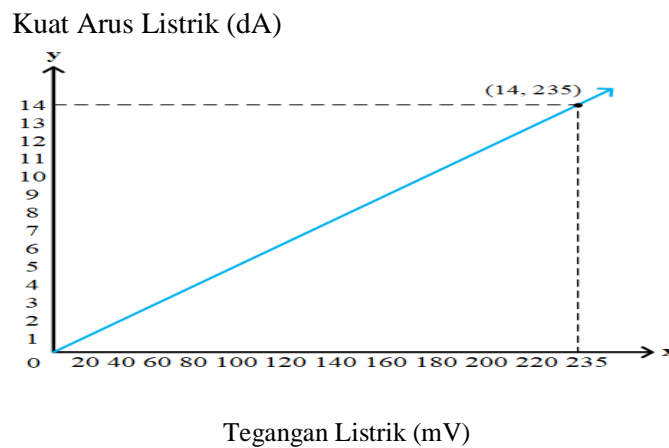
$$\begin{aligned} \text{Kandungan Klorofil total} &= \text{Kandungan Klorofil a} + \text{Kandungan Klorofil b} \\ &= 22,69 \text{ mg/L} + 57,50 \text{ mg/L} \\ &= 80,19 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

**Tabel 1.** Data Absorbansi Kandungan Klorofil Lama Perendaman Kaca ITO 30 Menit

Lama Perendaman (menit)	Klorofil a (mg/L)	Klorofil b (mg/L)	Klorofil total (mg/L)
30	22,69	57,50	80,19

**Pengukuran I dan V Lama Perendaman Kaca ITO 30 Menit**

Pengukuran kuat arus listrik (A) dan tegangan listrik (V) menggunakan multimeter digital dengan memanfaatkan cahaya matahari luminasi 500 lux terhadap lama perendaman kaca ITO selama 30 menit. Hasil penelitian berupa data kuat arus listrik (A) dan tegangan listrik (V), dilampirkan dalam grafik pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan Lama Perendaman 30 Menit

Pengukur kuat arus listrik (A) dan tegangan listrik (V) untuk menguji performa DSSC dengan ekstrak daun pepaya terhadap lama perendaman kaca ITO selama 30 menit. Data pengukuran kuat arus dan tegangan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Hasil Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan Lama Perendaman 30 Menit

No	I (Ampere)	V (Volt)	I*V (Watt)
1	$1400 \times 10^{-3}$	$10 \times 10^{-3}$	0,014
2	$1043 \times 10^{-3}$	$60 \times 10^{-3}$	0,06258
3	$685 \times 10^{-3}$	$120 \times 10^{-3}$	0,0822
4	$33 \times 10^{-3}$	$180 \times 10^{-3}$	0,00594
5	$10 \times 10^{-3}$	$235 \times 10^{-3}$	0,00235

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh persamaan variabel fisis *Dye Sensitized Solar Cell* yang disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Nilai  $I_m$ ,  $V_m$ ,  $I \cdot V$ ,  $I_{sc}$  dan  $V_{oc}$  Lama Perendaman 30 Menit

$I_m$ (A)	$V_m$ (V)	$I_m \cdot V_m$ (W)	$I_{sc}$ (A)	$V_{oc}$ (V)
$685 \times 10^{-3}$	$120 \times 10^{-3}$	0,0822	$1400 \times 10^{-3}$	$235 \times 10^{-3}$

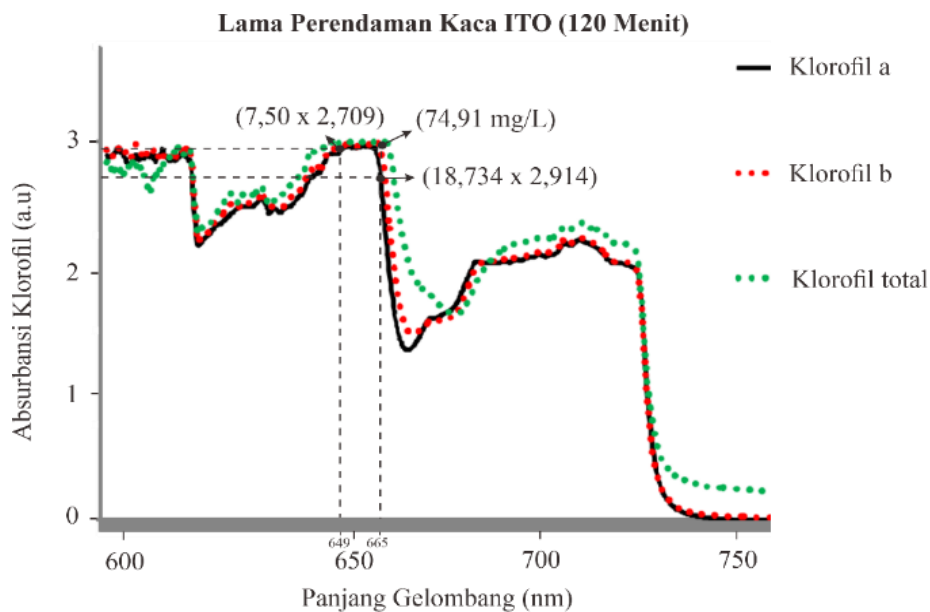
Persamaan rumus *Fil Factor* dan Daya Maksimum (Muslimin et al, 2020).

$$Fil\ Factor = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{sc} \cdot V_{oc}} = \frac{0,685 \times 0,120}{1,400 \times 0,235} = \frac{0,0822}{0,329} = 0,25 \%$$

$$P_{max} = I_{sc} \times V_{oc} \times FF = 0,0329 \times 0,25 = 0,0822\text{ Watt}$$

### **Klorofil Ekstrak Daun Pepaya Lama Perendaman Kaca ITO 120 Menit**

Pengujian absorbansi klorofil ekstrak daun pepaya lama perendaman kaca ITO selama 120 menit berbantuan *Spectrophotometer* Shimadzu UV 1601 dengan panjang gelombang hingga 750 nm. Agar lebih jelas, amati ilustrasi grafik kandungan klorofil terhadap lama perendaman kaca ITO selama 120 menit pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Kandungan Klorofil Ekstrak Daun Pepaya Lama Perendaman 120 Menit (Sumber: Muslimin et al, 2020)

Perhitungan Kandungan Klorofil Lama Perendaman Kaca ITO selama 120 Menit

Diketahui: Absorbansi Klorofil a = 7,50

Diketahui: Kepadatan Optik OD665 = 2,709

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Klorofil a} &= \text{Absorbansi Klorofil a} \times \text{OD665} \\ &= 7,50 \times 2,709 \\ &= 20,32 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Diketahui: Absorbansi Klorofil b = 18,734

Diketahui: Kepadatan Optik OD649 = 2,914

$$\begin{aligned} \text{Kandungan Klorofil b} &= \text{Absorbansi Klorofil b} \times \text{OD649} \\ &= 18,734 \times 2,914 \\ &= 54,59 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

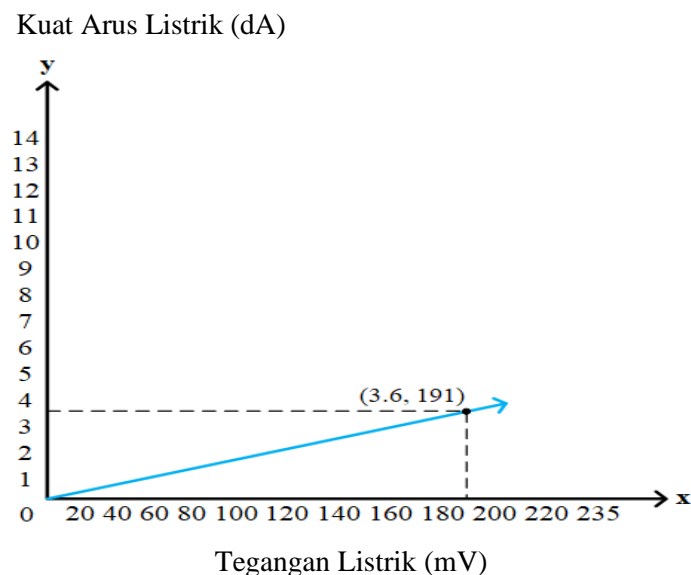
$$\begin{aligned} \text{Kandungan Klorofil total} &= \text{Kandungan Klorofil a} + \text{Kandungan Klorofil b} \\ &= 20,32 \text{ mg/L} + 54,59 \text{ mg/L} \\ &= 74,91 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

**Tabel 4.** Data Absorbansi Klorofil Ekstrak Daun Pepaya Lama Perendaman 120 Menit

Lama Perendaman Kaca ITO (menit)	Klorofil a (mg/L)	Klorofil b (mg/L)	Klorofil total (mg/L)
120	22,32	54,59	74,91

#### *Pengukuran I dan V Lama Perendaman Kaca ITO 120 Menit*

Pengukuran kuat arus listrik (A) dan tegangan listrik (V) menggunakan multimeter digital dengan memanfaatkan cahaya matahari luminasi 500 lux terhadap lama perendaman kaca ITO selama 120 menit. Data kuat arus listrik (A) dan tegangan listrik (V) dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Kuat Arus (A) dan Tegangan (V) Lama Perendaman 120 Menit



Pengukuran kuat arus (A) dan tegangan (V) untuk menguji performa DSSC dengan ekstrak daun pepaya terhadap lama perendaman kaca ITO selama 120 menit. Data pengukuran kuat arus (A) dan tegangan (V) dilampirkan dalam Tabel 5.

**Tabel 5.** Data Kuat Arus (A) dan Tegangan (V) Perendaman Kaca ITO 120 Menit

No	I (Ampere)	V (Volt)	I*V (Watt)
1	$3,60 \times 10^{-3}$	$10 \times 10^{-3}$	0,0036
2	$266 \times 10^{-3}$	$50 \times 10^{-3}$	0,0133
3	$172 \times 10^{-3}$	$100 \times 10^{-3}$	0,0172
4	$78 \times 10^{-3}$	$150 \times 10^{-3}$	0,0117
5	$10 \times 10^{-3}$	$191 \times 10^{-3}$	0,00191

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh persamaan variabel fisis *Dye Sensitized Solar Cell* yang disajikan dalam Tabel 6.

**Tabel 6.** Data Nilai  $I_m$ ,  $V_m$ ,  $I^*V$ ,  $I_{sc}$  dan  $V_{oc}$  Lama Perendaman 120 Menit

$I_m$ (A)	$V_m$ (V)	$I_m * V_m$ (W)	$I_{sc}$ (A)	$V_{oc}$ (V)
$172 \times 10^{-3}$	$100 \times 10^{-3}$	0,0172	$360 \times 10^{-3}$	$191 \times 10^{-3}$

Persamaan rumus *Fil Factor* dan Daya Maksimum (Muslimin et al, 2020).

$$Fiil\ Factor = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{sc} \cdot V_{oc}} = \frac{0,172 \times 0,100}{0,360 \times 0,191} = \frac{0,0172}{0,0688} = 0,25 \%$$

$$P_{max} = I_{sc} \times V_{oc} \times FF = 0,0688 \times 0,25 = 0,0172\ Watt.$$

## Pembahasan

Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan ekstrak daun pepaya terhadap lama perendaman kaca ITO selama 30 menit diperoleh nilai klorofil a 22,69 mg/L, diperoleh kandungan klorofil b 57,50 mg/L, diperoleh nilai klorofil total 80,19 mg/L, diperoleh nilai  $I_{sc}$   $1400 \times 10^{-3}$  Ampere, diperoleh nilai  $V_{oc}$   $235 \times 10^{-3}$  Volt, diperoleh nilai *Fil Factor* 0,25 % dan diperoleh nilai  $P_{max}$  0,0822 Watt.

Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan ekstrak daun pepaya terhadap lama perendaman kaca ITO selama 120 menit diperoleh nilai klorofil a 22,32 mg/L, diperoleh nilai klorofil b 54,59 mg/L, diperoleh nilai klorofil total 74,91 mg/L, diperoleh nilai  $I_{sc}$   $360 \times 10^{-3}$  Ampere, diperoleh nilai  $V_{oc}$   $191 \times 10^{-3}$  Volt, diperoleh nilai *Fil Factor* 0,25 % dan diperoleh nilai  $P_{max}$  0,0172 Watt.

Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dipengaruhi oleh ketebalan dari lapisan fotoelektroda semikonduktor pada kaca ITO, karena lapisan karbon yang berfungsi sebagai elektroda kerja dengan ketebalan yang relatif tidak sama antar sampel. Penelitian *Dye Sensitized Solar Cell* dengan ekstrak daun pepaya terhadap lama perendaman kaca ITO (kajian teori) menjelaskan bahwa pengamatan waktu optimal ialah selama 30 menit.

#### 4. Kesimpulan

Hasil analisa performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan ekstrak daun pepaya terhadap lama perendaman kaca ITO optimal ialah selama 30 menit dengan diperoleh nilai klorofil a 22,69 mg/L, diperoleh nilai klorofil b 57,50 mg/L, diperoleh nilai klorofil total 80,19 mg/L, diperoleh nilai  $I_{sc}$  optimal  $1400 \times 10^{-3}$  Ampere, diperoleh nilai  $V_{oc}$  optimal  $235 \times 10^{-3}$  Volt, diperoleh nilai *Fill Factor* optimal 0,25 % dan diperoleh nilai  $P_{max}$  optimal 0,0822 Watt, karena semakin lama kaca ITO direndam maka klorofil ekstrak daun pepaya akan mengalami degradasi pigmen yang ditandai dengan berkurangnya molekul klorofil aktif yang berfungsi menyerap cahaya matahari.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andari, R. & Abrini, D. (2018). Pengaruh Waktu Perendaman  $TiO_2$  dalam Larutan Ekstrak Antosianin Bunga Rosella pada Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*, 15(2), 105-111.
- Anriyan. (2022). Pengaruh Komposisi Campuran Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas L.*) dan Klorofil Daun Pepaya (*Carica papaya*) Terhadap Efisiensi DSSC. *Skripsi*.
- Dahlan, M. (2022). Pengaruh Zat Pewarna Alami untuk Peningkatan Efisiensi Kerja *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Ekstrak Buah Merah (*Pandanus Conoideus Lamk.*). *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri*, IX (1), 240-244.
- Daniswara, A., Raydiska, G. & Timotius, Y. (2020). Strategi Implementasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) di Indonesia. *Jurnal Offshore*, 4(2), 9-15.
- Fitria, A., Amri, A. & Fadli, A. (2016). Pembuatan Prototip *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Dye Ekstrak Buah Senduduk (*Melastoma Malabathricum L.*) dengan Variasi Fraksi Pelarut dan Lama Perendaman Coating  $TiO_2$ . *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1-9.
- Gunawan B. (2016). Karakterisasi Arus dan Tegangan (I-V) pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan  $TiO_2$  Terdoping Nitrogen Menggunakan Dye Sensitizer N749. *Thesis*.
- Hardani & Angraini, L. M. (2019). *Dye-Sensitized Solar Cell: Teori dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu.
- Manurung, D., N., Nurhidayah, & Deswardani, F. (2021). Pengaruh Penggunaan Dye Tunggal dan Dye Campuran Antosianin-Klorofil terhadap Efisiensi Kerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 9(1), 83-88.
- Muslimin, Hatibe, A. & Pasaribu, M. (2020). Pengembangan Photovoltaik *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Berbasis Fotosintesis dengan Paduan Nano Partikel Transparan. *Laporan Skema Penelitian Penugasan*.
- Nugraha, Y. T., Azmi F., Novalinda, S., & Rezkika S. I. (2021). Perancangan Prototipe *Dye Sensitizer Solar Cell* (DSSC) dalam Pemanfaatan Energi Radiasi Matahari sebagai Renewable Energy. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 4(2), 95-104

- Pote, F., I. Hilary, F. Lipikuni. & Olla A. (2022). Pengaruh Lama Variasi Waktu Perendaman Klorofil Ekstrak Pewarna Alami terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Magnetic Research Jurnal of Physics and It's Application*, 2(2). 156-161.
- Rakhman, D., F. Pramono, S., H. & Maulana, E. (2014). Pengaruh Variasi Konsentrasi Klorofil terhadap Daya Keluaran Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, 1-9.
- Syarofah, A. Y. (2022). Penerapan Zat Padat pada Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) berbasis Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya L.*), Daun Mangga (*Mangifera indica L.*), dan Daun Jeruk (*Citrus Aurantifolia*) dengan Perubahan Annealing. *Skripsi*.