

Penggunaan *Fiber Tissue* Sebagai Media Penyerap Elektrolit pada *Dye Sensitized Solar Cell*

The Utilization of Fiber Tissue as an Electrolyte Absorbent of Dye Sensitized Solar Cell

Muaffan Alfaiz Wisaksono^{*)}, Tamrin Tamrin, Filli Pratama

Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya, Indralaya 30662, Sumatera Selatan, Indonesia

^{*)}Penulis untuk korespondensi: muaffanw@gmail.com

Sitasi: Wisaksono, M. A., Tamrin, T., Pratama, F. (2024). The utilization of fiber tissue as an electrolyte absorbent of *Dye Sensitized Solar Cell*. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-12 Tahun 2024, Palembang 21 Oktober 2024*. (pp. 634–648). Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

Dye-Sensitized Solar Cells represent a set of photoelectrochemical solar cells capable of converting light energy into electrical energy by harnessing plant-derived dyes as light sensitizer. One of the factors influencing the performance of a DSSC is the electrolyte. The addition of a fiber tissue layer to DSSCs can reduce evaporation in the electrolyte solution. The fiber tissue layers used in this study were derived from facial tissue. The objective of this research is to study and understand the impact of varying thicknesses of fiber tissue layers as electrolyte absorption media on the performance of Dye-Sensitized Solar Cells. This research was conducted from September 2023 to December 2023 at the Energy and Electrification Laboratory, Department of Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, Universitas Sriwijaya. The study comprised of three stages: DSSC structure preparation, assembly and arrangement of DSSC layers, and DSSC measurements. The thickness variations of the fiber tissue layers used were two layers (0,027 cm), three layers (0,041 cm), four layers (0,054 cm), five layers (0,068 cm), six layers (0,081 cm), and a control without fiber tissue layer applied to water hyacinth leaf dye and senduduk fruit dye. Parameters observed in this study included current and voltage characteristics, power calculations, fill factor, and DSSC efficiency. The results indicated that DSSCs with an additional fiber tissue layer exhibited relatively better performance compared to DSSCs without the additional fiber tissue layer, both in the senduduk fruit dye and water hyacinth dye.. The DSSC performance was most prominent in the senduduk fruit dye sample with a four-layer (0.054 cm) thickness of fiber tissue layer. The electrical characteristics produced by this sample were I_{sc} : 0,016 mA, V_{oc} : 0,682 mV, I_{max} : 0,011 mA, V_{max} : 0,397 mV, P_{max} : 0,00417 mW, FF: 0,37924, and an efficiency of 0,016%.

Keywords: DSSC, electrolyte solution, fiber tissue, layer thickness, performance

ABSTRAK

Dye Sensitized Solar Cell merupakan seperangkat sel surya berbasis fotoelektrokimia yang dapat mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik dengan memanfaatkan zat warna yang berasal dari tumbuhan sebagai pemeka cahaya. Salah satu Faktor yang dapat mempengaruhi performa suatu *DSSC* adalah elektrolit. Penambahan lapisan *fiber tissue* pada *DSSC* dapat mengurangi penguapan pada larutan elektrolit. Variasi lapisan *fiber tissue* yang digunakan pada penelitian ini berasal dari *facial tissue*. Penelitian ini bertujuan

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

untuk mempelajari serta mengetahui penggunaan variasi ketebalan lapisan *fiber tissue* sebagai media penyerap elektrolit terhadap kinerja *Dye Sensitized Solar Cell*. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan September 2023 sampai dengan bulan Desember 2023 di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Penelitian ini terdiri atas tiga tahapan yaitu persiapan struktur *DSSC*, penyusunan dan perangkaian lapisan *DSSC*, dan pengukuran *DSSC*. Variasi ketebalan dari lapisan *fiber tissue* yang digunakan adalah dua lapis (0,027 cm), tiga lapis (0,041 cm), dan empat lapis (0,054 cm), lima lapis (0,068 cm), enam lapis (0,081 cm), dan kontrol tanpa lapisan *fiber tissue* yang diaplikasikan pada *dye* daun eceng gondok dan *dye* buah senduduk. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah karakteristik arus dan tegangan, perhitungan daya, *fill factor*, dan efisiensi *DSSC*. Hasil penelitian menunjukkan performa *DSSC* yang diberikan tambahan lapisan *fiber tissue* memiliki kinerja yang relatif lebih baik dibandingkan *DSSC* tanpa tambahan lapisan *fiber tissue* baik pada *dye* buah senduduk maupun *dye* eceng gondok. Performa *DSSC* yang relatif terbaik tampak pada sampel *DSSC dye* buah senduduk dengan penambahan lapisan *fiber tissue* berketebalan 4 lapis (0,054 cm). Karakter kelistrikan yang dihasilkan pada sampel tersebut adalah I_{sc} : 0,016 mA, V_{oc} : 0,682 mV, I_{max} : 0,011 mA, V_{max} : 0,397 mV, P_{max} : 0,00417 mW, FF : 0,37924, dan efisiensi sebesar 0,016%.

Kata kunci: *DSSC*, *fiber tissue*, ketebalan lapisan, larutan elektrolit, performa

PENDAHULUAN

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Energi yang tersedia saat ini masih bergantung pada minyak, gas, bahan bakar fosil atau lainnya yang mengakibatkan semakin menipisnya persediaan sumber energi yang tak terbarukan seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna energi di dunia (Hardeli *et al.*, 2013). Dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat, banyak upaya yang dilakukan untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui (Maulina *et al.*, 2014). Salah satu energi alternatif adalah energi matahari. Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya (*Solar Cell*). Terdapat tiga generasi sel surya yang berbeda, yakni generasi pertama yang berbasis material silikon dan memiliki efisiensi sekitar 15-20%, generasi kedua yang terdiri dari lapisan tipis seperti amorphous silicon, CIGS, dan CdTe dengan efisiensi sekitar 10-15%, dan generasi ketiga yaitu sel surya berbasis zat pewarna yang disebut *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* (Parisi *et al.*, 2014; Fitria *et al.*, 2016).

DSSC adalah sel surya yang dapat mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik secara fotoelektrokimia. Komponen dari *DSSC* terdiri dari semikonduktor TiO_2 , pewarna, larutan elektrolit yang mengandung pasangan redoks iodide triiodide (I^- / I_3^-), dan elektroda lawan. Sejauh ini, beberapa usaha telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja *DSSC*, seperti memperluas spektrum serapan *dye* dari ultraviolet hingga cahaya tampak, mempelajari struktur morfologi dan nilai konduktivitas fotoelektroda dari *DSSC*, mengoptimalkan elektroda lawan, serta penggunaan elektrolit berupa cair dan gel. (Alizadeh *et al.*, 2022).

Salah satu komponen *DSSC* adalah elektrolit, elektrolit memainkan peran penting dalam menghubungkan elektroda sensitif pewarna (*dye-sensitized*) dengan elektroda lawan. Elektrolit berfungsi untuk menggantikan elektron yang hilang pada pita *HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital)* *dye* akibat bereksitasi ke pita *LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital)* melalui proses reaksi reduksi-oksidasi (redoks) (Sukardi *et al.*, 2018). Pada umumnya elektrolit yang digunakan dalam *DSSC* berbentuk cair dan mengandung

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

sistem redoks. Meskipun elektrolit memegang peran yang krusial, ia juga memiliki beberapa kelemahan seperti mudah menguap (Calbo, 2019).

Penelitian-penelitian *DSSC* banyak dilakukan yang berfokus pada manipulasi dan pemberian perlakuan terhadap elektrolit secara kimiawi dalam bentuk elektrolit gel, atau elektrolit keadaan semi-padat (*Quasi-solid state*). Sistem elektrolit gel memungkinkan terjadinya transportasi ionik dalam fase cair dan padat, serta menggabungkan sifat transportasi difusi cair dengan sifat kohesif padat. Kelebihan dari elektrolit gel meliputi kemudahan persiapan, konduktivitas ionik yang baik, volatilitas pelarut yang rendah, serta stabilitas kimia dan mekanik yang baik (Lee *et al.*, 2012).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi kelemahan tersebut dan mendapatkan nilai efisiensi *DSSC* yang lebih tinggi dibandingkan *DSSC* dengan elektrolit cair biasa. Seperti pada penelitian Hikmah dan Prajitno (2015) yang mengisolasi elektrolit secara kimia dengan mengembangkan *DSSC* elektrolit gel menggunakan PEG 1000 dan dye Ekstrak Murbei mendapatkan nilai efisiensi sebesar 0,0724%, Lestari dan Setiarso (2021) menggunakan gel elektrolit dengan PEG 400 dan dye ekstrak Betalain Umbi Bit mendapatkan efisiensi sebesar 0,004%, dan Imes (2022) menggunakan gel elektrolit dengan bahan pengental gum xhantan berkonsentrasi 3% mendapatkan efisiensi sebesar 0,0185%. Meskipun elektrolit gel menunjukkan sejumlah kelebihan, elektrolit gel juga memiliki beberapa kekurangan dan kelemahan. Salah satu tantangan utama adalah terkait dengan masalah penyegelan dan kebocoran.

Meskipun banyak penelitian yang fokus pada pengembangan elektrolit gel atau *quasi-solid* elektrolit, penggunaan komponen solid sebagai tambahan dalam sistem elektrolit masih jarang dieksplorasi. Belum ada studi yang secara spesifik memanfaatkan komponen solid untuk meningkatkan kestabilan elektrolit dan efisiensi *DSSC* secara signifikan, khususnya untuk mengurangi tantangan penyegelan dan risiko penguapan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan mempelajari performa pada *DSSC* dengan aplikasi variasi ketebalan lapisan *fiber tissue* sebagai media isolasi elektrolit dengan ekstrak *dye* buah senduduk dan ekstrak *dye* daun eceng gondok.

BAHAN DAN METODE

Adapun alat-alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini antara lain: 1) Alat tulis, 2) Amperemeter, 3) Batang pengaduk, 4) Blender, 5) Botol kaca transparan dan gelap, 6) Cawan petri, 7) Corong gelas, 8) *Cotton bud*, 9) Erlenmeyer 100 mL dan 500 mL, 10) Gelas ukur 10 mL, 11) Jangka sorong, 12) Kabel *jumper*, 13) Kertas aluminium, 14) Kertas saring, 15) Klip binder no.105, 16) Lampu halogen Hapika 50 Watt, 17) Luxmeter (HS1010), 18) Mikrometer sekrup, 19) Mistar, 20) Multimeter digital (DT-830B), 21) Neraca digital Ohaus, 22) Oven Kirin, 23) Penjepit kabel *jumper*, 24) Pinset, 25) Pipet tetes, 26) Pisau, dan 27) Potensiometer 500 k Ω (variabel resistor).

Bahan-bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini antara lain: 1) Air, 2) Akuades, 3) Asam asetat 0,25 N, 4) Buah senduduk yang telah matang, 5) Bubuk titanium dioksida (TiO₂), 6) *Facial tissue*, 7) Iodin 0,1 N, 8) Kaca *Transparent Conducting Oxide* (TCO), dan 8) Katalis karbon (jelaga lilin).

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan beberapa rangkaian penelitian, yaitu: 1) Persiapan struktur *DSSC*, 2) Penyusunan dan perangkaian lapisan *DSSC*, dan 3) Pengukuran *DSSC*.

Adapun *Dye Sensitized Solar Cell* dibuat dengan menggunakan substrat kaca *capasitive touch screen*. Ukuran substrat yang dibuat memiliki dimensi yakni 2,1 cm x 2,1 cm x 0,1113 cm. Ketebalan selotip yang digunakan adalah 0,03705 cm (3 lapis selotip x

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

0,01235 cm). *DSSC* diuji dengan 12 sampel yang memiliki perbedaan terhadap variasi ketebalan lapisan jaringan. Pengukuran masing-masing sampel dilakukan dengan menggunakan intensitas cahaya tertinggi yakni dengan jarak 10 cm. Metode yang digunakan untuk membuat adalah dengan menambahkan *Facial Tissue* di antara permukaan lapisan TiO_2 dan elektroda pembanding. Data yang diperoleh dari pengujian setiap sampel *DSSC* dianalisis menggunakan metode deskriptif, di mana pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data karakteristik arus dan efisiensi dari setiap sampel *DSSC*, yang kemudian dibandingkan guna mengevaluasi kinerja *DSSC*. Beberapa *DSSC* yang dibuat dengan variasi *dye* dan ketebalan lapisan *Facial Tissue*, diantaranya:

1. Faktor A (Ketebalan lapisan fiber tissue)

A1 : Ketebalan lapisan jaringan dua lapis (0,027 cm)

A2 : Ketebalan lapisan jaringan tiga lapis (0,041 cm)

A3 : Ketebalan lapisan jaringan empat lapis (0,054 cm)

A4 : Ketebalan lapisan jaringan lima lapis (0,068 cm)

A5 : Ketebalan lapisan jaringan enam lapis (0,081 cm)

2. Faktor B (Jenis *dye*)

B1 : *Dye* daun eceng gondok

B2 : *Dye* buah senduduk

Cara kerja pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut :

Persiapan Struktur *Dye Sensitized Solar Cell*

Kegiatan untuk membuat struktur *DSSC* diawali dengan pemotongan kaca substrat, pembuatan *sensitizer* (ekstraksi buah senduduk), pembuatan pasta dari bubuk Titanium dioksida (TiO_2) yang dicampur dengan asam asetat dan pembuatan elektroda kerja (berupa pendeposisian TiO_2 dan pelapisan *dye*) serta elektroda pembanding yang dilapisi katalis karbon.

Pemotongan Kaca Substrat

Pemotongan kaca substrat ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

- 1) Kaca substrat *capasitive touch screen* dipisahkan dari lapisan anti gores dan lapisan plastik pelindung.
- 2) Kaca kemudian diberi tanda dengan spidol untuk menentukan luasan daerah pemotongan yang dibutuhkan yakni 2,1 cm x 2,1 cm.
- 3) Potong kaca substrat menggunakan pemotong kaca (*cutter glass*) dengan posisi tegak lurus dan dibantu mistar.
- 4) Bersihkan kaca dari kotoran serta bekas spidol secara perlahan menggunakan *tissue*.

Pembuatan *Sensitizer*

Adapun tahapan dalam pembuatan *sensitizer* yang terdiri dari bahan utama berupa buah senduduk, diantaranya adalah:

- 1) Pisahkan buah senduduk dari tangkai dan daun, dan potong daun eceng gondok
- 2) Buah senduduk dan daun eceng gondok yang telah dibersihkan kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga halus. Kemudian timbang sebanyak 10 gram dengan menggunakan neraca digital ohaus.

- 3) Buah senduduk dan daun eceng gondok yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur 100 mL dan ditambahkan 20 mL akuades sebagai pelarut. Perbandingan untuk bahan buah senduduk : pelarut adalah 1: 2.
- 4) Hasil rendaman (zat ekstraksi) selanjutnya disaring dengan kertas saring untuk memisahkan ampas dan ekstrak antosianin buah senduduk, kemudian hasil filtrasi *dye* dimasukkan ke dalam *beaker glass*.
- 5) Masukkan ke dalam botol kaca transparan yang telah dilapisi *aluminium foil* menggunakan corong gelas.
- 6) Selanjutnya simpan dalam *refrigerator* untuk menghindari degradasi zat warna

Pembuatan Pasta TiO₂

Adapun tahapan dalam pembuatan pasta TiO₂ ini antara lain:

- 1) Bubuk Titanium dioksida (TiO₂) ditimbang sebanyak 1 gram kemudian dituangkan ke dalam gelas dengan ukuran 50 mL.
- 2) Kemudian asam asetat ditambahkan sebanyak 1,8 mL lalu diaduk menggunakan spatula besi sampai homogen.

Pembuatan Elektroda Kerja dan Pembanding

Pembuatan elektroda kerja dan elektroda pembanding ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

- 1) Dua substrat kaca konduktif dibersihkan untuk satu sampel dengan menggunakan *tissue* yang telah ditetesi etanol 95%.
- 2) Pengukuran nilai resistivitas kaca dengan mengarahkan multimeter ke sisi konduktif kaca. Sisi konduktif kaca inilah yang akan dijadikan sebagai elektroda kerja dan elektroda pembanding.
- 3) Elektroda kerja direkatkan dengan selotip sebanyak tiga lapis untuk memberikan luasan kerja 2 × 2 cm dengan area offset 0,5 cm di sisi kiri kanan dan 1 cm di sisi atas kaca.
- 4) Oven dipanaskan terlebih dahulu selama 5 menit dengan suhu 105°C.
- 5) Pasta titanium dioksida (TiO₂) dideposisikan pada luasan area aktif elektroda kerja dan ratakan menggunakan batang pengaduk kaca dalam posisi sekali tekan, kemudian keringkan selama 5 menit.
- 6) Elektroda kerja dengan lapisan TiO₂ dioven selama 5 menit pada suhu 105°C.
- 7) Elektroda Kerja dengan lapisan TiO₂ didinginkan pada suhu ruangan selama 5 menit sampai 10 menit.
- 8) *Sensitizer* dari *dye* buah senduduk ditetaskan sebanyak 0,5 mL ke kaca working electrode dengan lapisan TiO₂ yang berbeda.
- 9) Oven kembali substrat kaca elektroda kerja yang telah ditetesi *dye* selama 10 menit pada suhu 105°C, kemudian didinginkan pada suhu ruangan.
- 10) Pengulangan langkah kerja dilakukan pada tahap ke 8 dan 9 untuk pembuatan elektroda kerja.
- 11) Pada sisi konduktif kaca elektroda pembanding diarahkan ke jelaga lilin hingga berwarna hitam pekat dan merata.

Penyusunan dan Perangkaian Dye Sensitized Solar Cell

- 1) Elektroda kerja (yang telah dilapisi dengan TiO₂ dan ditetesi ekstrak *dye* masing-masing sampel dan perlakuan berbeda) diletakkan *Facial Tissue* yang telah digunting seluas dengan permukaan TiO₂ diatas permukaan elektroda kerja dengan lubang persegi berukuran 0,75 x 0,75 cm pada bagian tengahnya.

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

- 2) Elektroda pembanding (yang telah dilapisi katalis karbon) ditumpuk dengan melekatkan keduanya pada posisi berhadapan, kemudian berikan area *offset* sebagai penghubung untuk sirkuit luar.
- 3) Tumpuk elektroda kerja dan pembanding saling berhadapan dan jepit menggunakan klip binder ukuran 105 agar dapat merekat dengan benar
- 4) Dua area *offset* elektroda dihubungkan dengan kabel *jumper* dan dijepit menggunakan penjepit kabel *jumper*.
- 5) Struktur *DSSC* yang telah berbentuk susunan roti lapis (*sandwich*) selanjutnya masukkan *tissue* yang menjuntai ke dalam bejana elektrolit.

Pengujian Rangkaian *Dye Sensitized Solar Cell*

- 1) Lampu halogen dipasang tegak lurus berdiri dengan pengaturan jarak 10 cm terhadap *DSSC*.
- 2) Lapisan struktur *DSSC* disambungkan dengan project board yang telah terhubung dengan rangkaian amperemeter, voltmeter dan potensiometer.
- 3) Nilai arus dan tegangan diatur dalam kondisi stabil pada saat memulai pengukuran dengan mengatur rangkaian *DSSC* yang telah terhubung untuk akurasi (ketepatan) data yang akan diambil.
- 4) Pengukuran hasil arus dan tegangan dapat diketahui melalui data yang tampil pada layar *display* multimeter, dalam hal ini potensiometer akan diputar setiap 15 detik secara kontinu untuk mengetahui nilai arus dan tegangan pada *DSSC* yang diukur.
- 5) Data tegangan pertama (V_{oc}) akan terlihat sebelum pemutaran potensiometer, atau pada posisi arus sama dengan nol, sedangkan nilai arus terakhir (I_{sc}) terlihat setelah putaran terakhir dari potensiometer atau tegangan sama dengan nol.
- 6) Waktu pengukuran arus dan tegangan menggunakan *stopwatch* yang mulai dioperasikan saat proses pengukuran mulai berlangsung.
- 7) Kemudian data hasil pengamatan dicatat dan ulangi pengukuran untuk masing-masing sampel.

Parameter Penelitian

Adapun parameter penelitian yang diamati dalam penelitian ini diantaranya: 1) Pengukuran arus dan tegangan, 2) Perhitungan daya, 3) Pengukuran *Fill Factor* (faktor pengisian), dan 4) Perhitungan efisiensi *DSSC*.

HASIL

Kinerja Kelistrikan

Kinerja kelistrikan didapat dari pengukuran tegangan dan arus yang dilakukan sesuai dengan jumlah sampel atau jumlah *DSSC* yang dibuat. Hasil ketebalan jumlah lapisan fiber tissue yang akan digunakan pada masing-masing 12 sampel dengan setiap jenis tanaman diberikan satu kontrol (tanpa tambahan fiber tissue) dan variasi ketebalan dua lapis (0,027 cm), tiga lapis (0,041 cm), empat lapis (0,054 cm), lima lapis (0,068 cm), dan enam lapis (0,081 cm).

Pada kegiatan pengukuran terhadap arus dan tegangan dilakukan dengan menggunakan alat multimeter digital dan amperemeter yang telah terhubung pada media project board. *DSSC* yang telah dipersiapkan untuk pengujian dihubungkan ke rangkaian project board dengan kabel jumper pada bagian sisi *offset*. Proses pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya dari lampu halogen yang dinyalakan pada jarak 10 cm dari *DSSC*.

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

Variabel beban yang diterapkan dalam pengukuran ini menggunakan potensiometer dengan nilai 500 k Ω . Untuk menilai magnitudo hambatan, pendekatan yang diambil adalah dengan memutar potensiometer dari posisi terendah ke posisi tertinggi. Adapun nilai kelistrikan yang diperoleh dan diketahui dari data pengukuran tegangan dan arus adalah a) nilai tegangan rangkaian terbuka b) arus hubungan pendek c) nilai tegangan maksimal d) nilai arus maksimal e) nilai fill factor f) nilai efisiensi g) nilai daya output. Data tersebut secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai karakteristik kelistrikan *DSSC* dengan penambahan lapisan *fiber tissue*

<i>DSSC</i>	Data Hasil Pengukuran dan Pengolahan Data							
	Voc (V)	Isc (mA)	Vmax (V)	I _{max} (mA)	Pinput (mW)	FF	Poutput (mW)	Efisiensi (%)
Kontrol	0,401	0,008	0,309	0,005	27,8	0,4363	0,0014	0,005
	2 0,422	0,009	0,250	0,006	27,9	0,4408	0,0016	0,006
	3 0,467	0,009	0,322	0,006	28,3	0,4421	0,0019	0,007
<i>Dye Eceng Gondok</i>	4 0,492	0,010	0,382	0,006	27,4	0,4580	0,0022	0,008
	5 0,405	0,008	0,298	0,005	27,2	0,4292	0,0015	0,005
	6 0,313	0,007	0,220	0,005	26,6	0,5034	0,0012	0,004
Kontrol	0,549	0,013	0,370	0,008	27,5	0,4065	0,0028	0,010
	2 0,562	0,014	0,292	0,010	27,2	0,3614	0,0028	0,010
	3 0,585	0,014	0,423	0,010	27,2	0,5041	0,0042	0,015
<i>Dye Buah Senduduk</i>	4 0,682	0,016	0,397	0,011	25,5	0,3796	0,0042	0,016
	5 0,555	0,013	0,323	0,008	27,7	0,3835	0,0028	0,010
	6 0,374	0,010	0,269	0,007	27,6	0,4865	0,0019	0,006

Berdasarkan data Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan lapisan *fiber tissue* pada pada *DSSC* dengan perlakuan variasi ketebalan lapisan *fiber tissue* dan jenis *dye* berpengaruh terhadap nilai karakteristik kelistrikan pada *DSSC* yang telah diuji. Besar kecilnya nilai I_{sc} , V_{oc} , I_{max} , dan V_{max} merupakan parameter yang dapat mempengaruhi efisiensi *DSSC*. Performa *DSSC* pada sampel *dye* eceng gondok mengalami kenaikan seiring penambahan ketebalan lapisan *fiber tissue* dari dua lapis, tiga lapis, dan empat lapis, namun mengalami penurunan pada lima lapis dan enam lapis. *DSSC* dengan sampel *dye* buah senduduk juga mengalami performa yang serupa dengan kenaikan puncak pada ketebalan lapisan *fiber tissue* empat lapis dan turun dengan serupa pada lima lapis dan enam lapis.

Data arus dan tegangan diperoleh dengan mengukur *DSSC* menggunakan rangkaian alat yang terdiri dari multimeter, voltmeter dan potensiometer yang dihubungkan pada media *project board* dengan kabel *jumper* untuk mengetahui nilai arus dan tegangan yang dihasilkan. Pengukuran dilakukan dengan memutar secara perlahan potensiometer dari hambatan nol hingga hambatan maksimum.

Berdasarkan data dari Tabel 1 kinerja *DSSC* dengan kedua jenis *dye* Mengalami alur perubahan yang serupa dalam efisiensi dan *fill factor* seiring perbedaan perlakuan ketebalan lapisan *fiber tissue* yang diberikan, dimana *DSSC* relatif mengalami peningkatan efisiensi seiring penambahan ketebalan lapisan *fiber tissue*, namun menurun performanya ketika menggunakan lima lapis dan enam lapis.

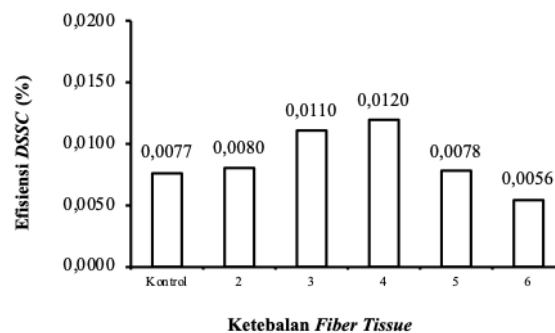
Efisiensi

Besar kecilnya arus listrik yang dihasilkan dapat mempengaruhi performa suatu *DSSC*. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi performa *DSSC* yaitu efisiensi. Nilai efisiensi diperoleh dari hasil perbandingan antara nilai daya *output* dibagi daya *input* dikali 100%. Pengamatan menunjukkan bahwa penambahan ketebalan lapisan *fiber tissue* pada *DSSC* secara positif berkorelasi dengan peningkatan efisiensi. Secara spesifik, sampel *DSSC dye* eceng gondok menunjukkan peningkatan efisiensi untuk lapisan *fiber tissue* berketebalan dua, tiga, dan empat lapis dengan nilai berturut-turut 0,006%, 0,007%, dan 0,008%. Sementara sampel *DSSC dye* buah senduduk menunjukkan peningkatan dengan nilai berturut-turut 0,010%, 0,015%, dan 0,016% dengan penambahan lapisan *fiber tissue* yang serupa. Pada penelitian ini, terdapat dua faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi, yaitu variasi ketebalan lapisan *fiber tissue* dan jenis *dye*. Data pengaruh perlakuan jumlah lapisan *fiber tissue* dan jenis *dye* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai pengaruh perlakuan terhadap efisiensi *DSSC*

Jenis Tanaman	Data Pengaruh Perlakuan Terhadap Efisiensi						ΣJ	Rata-rata
	Jumlah Lapisan							
	Kontrol	2	3	4	5	6		
EG	0,005	0,006	0,007	0,008	0,005	0,004	0,030	0,006
BS	0,010	0,010	0,015	0,016	0,010	0,007	0,058	0,012
ΣL	0,015	0,016	0,022	0,024	0,016	0,011	0,104	0,017
Rata-rata	0,008	0,008	0,011	0,012	0,008	0,006		

Berdasarkan data Tabel 2. penambahan lapisan *fiber tissue* pada *DSSC* mempengaruhi nilai efisiensi dari *DSSC* baik pada *DSSC* dengan *dye* buah senduduk maupun *dye* eceng gondok. Perubahan nilai efisiensi relatif meningkat pada penambahan lapisan *fiber tissue* dua, tiga, dan empat lapis, dan relatif menurun pada penambahan lapisan *fiber tissue* lima dan enam lapis. Kenaikan nilai efisiensi pada sampel yang diberikan dua, tiga, dan empat lapisan *fiber tissue* disebabkan oleh berkurangnya laju penguapan elektrolit pada *DSSC* yang membantu menjaga siklus redoks tetap terjadi pada *DSSC*. Pada penambahan lapisan *fiber tissue* lima dan enam lapis, nilai efisiensi relatif menurun karena disebabkan oleh efek jenuh atau hambatan terhadap difusi elektrolit. Adapun pengaruh ketebalan *fiber tissue* terhadap efisiensi *DSSC* dapat dilihat pada Gambar 1.

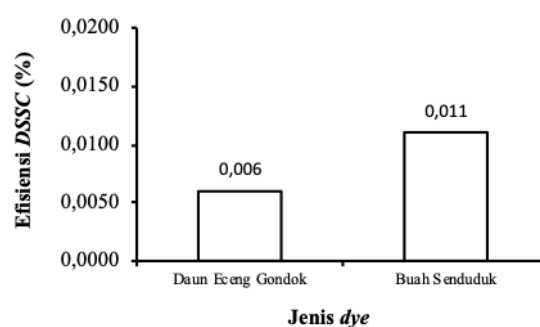


Gambar 1. Pengaruh ketebalan *fiber tissue* terhadap efisiensi

Berdasarkan data nilai rata-rata efisiensi yang didapatkan dari setiap sampel perlakuan *fiber tissue*, nilai efisiensi yang didapatkan dari *DSSC* yang ditambahkan lapisan *fiber tissue* relatif meningkat dimulai dari penambahan dua lapisan *fiber tissue* dan mencapai pada puncak pada penambahan empat lapisan *fiber tissue*, dimana penurunan efisiensi terjadi pada sampel *DSSC* dengan penambahan lapisan *fiber tissue* lima lapis dan enam lapis. Pada awal penambahan lapisan *fiber tissue* (dua hingga empat lapis), efisiensi relatif meningkat karena beberapa faktor. Faktor pertama adalah penambahan lapisan *fiber tissue* yang memperluas area kontak antara *dye* dengan elektrolit, serta mengurangi laju penguapan elektrolit. Hal ini meningkatkan konversi energi cahaya menjadi energi listrik karena terjadi peningkatan interaksi antara *dye* dan elektrolit.

Pada dasarnya, lapisan *fiber tissue* memiliki sifat yang dapat menyerap dan menyimpan cairan seperti elektrolit. Penyerapan elektrolit oleh lapisan *fiber tissue* ini meningkatkan ketersediaan elektrolit di sekitar elektroda kerja. Elektrolit yang lebih banyak di sekitar elektroda ini menyebabkan lebih banyak molekul *dye* yang dapat berinteraksi dengan elektrolit, sehingga meningkatkan penyerapan cahaya oleh *dye* pada elektroda kerja dengan tidak terhambatnya regenerasi elektron pada *dye* karena ketersediaan elektrolit yang lebih lama (Daniswara *et al.*, 2020).

Pada penambahan lapisan *fiber tissue* lima dan enam lapis, terjadi penurunan efisiensi pada *DSSC*. penurunan efisiensi ini terjadi disebabkan oleh efek jenuh atau hambatan terhadap difusi elektrolit, dimana kelebihan lapisan *fiber tissue* menghambat pergerakan elektrolit, sehingga elektrolit sulit untuk mencapai *dye* dan melakukan reaksi redoks untuk menginjeksi kembali elektron yang hilang pada *dye*. Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi karena terjadi ketidakseimbangan dan hambatan difusi elektrolit. Difusi elektrolit sendiri adalah suatu proses pergerakan zat elektrolit, dalam hal ini, ion-ion elektrolit, melalui suatu medium (Hardian *et al.*, 2010). Dalam konteks *DSSC*, elektrolit berperan penting sebagai media yang memfasilitasi pengembalian elektron pada *dye* (Maryani *et al.*, 2012). Selain pengaruh ketebalan lapisan *fiber tissue*, kinerja *DSSC* juga dipengaruhi oleh jenis *dye* yang digunakan. Adapun nilai pengaruh jenis *dye* terhadap efisiensi *DSSC* dapat dilihat pada Gambar 2.

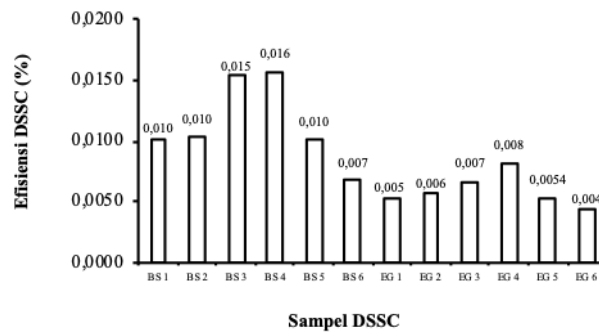


Gambar 2. Pengaruh jenis *dye* terhadap efisiensi

Berdasarkan data nilai rata-rata efisiensi yang diperoleh dari setiap sampel jenis *dye*, nilai efisiensi yang didapatkan dari *DSSC* yang menggunakan *dye* buah senduduk relatif lebih tinggi dibandingkan *DSSC* dengan *dye* daun eceng gondok. Perbedaan ini disebabkan oleh tingkat sensitivitas *dye* buah senduduk yang lebih tinggi dalam spektrum cahaya yang diberikan, yang memungkinkan *dye* buah senduduk menyerap cahaya dengan lebih efisien.

Pada penelitian ini diperoleh data efisiensi *DSSC* dari hasil pengukuran dan perhitungan tegangan dan arus yang menunjukkan bahwa setiap penambahan ketebalan lapisan *fiber*

tissue nilai efisiensi yang dihasilkan mengalami kenaikan dimulai dari ketebalan dua lapis, tiga lapis, dan empat lapis pada kedua *dye*. Interaksi antara kedua faktor perlakuan (*dye* dan jumlah lapisan *fiber tissue*) menghasilkan respons yang bervariasi. Keseluruhan pengaruh interaksi ketebalan *fiber tissue* dan jenis *dye* terhadap efisiensi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh interaksi ketebalan *fiber tissue* dan jenis *dye* terhadap efisiensi

Berdasarkan data efisiensi interaksi, efisiensi sampel DSSC dengan *dye* daun eceng gondok yang ditambahkan lapisan *fiber tissue* relatif meningkat dibandingkan sampel kontrol, dimana nilai efisiensi kontrol adalah 0,010%. Terdapat peningkatan sistematis pada efisiensi dengan penambahan dua, tiga, dan empat lapis *fiber tissue* dengan nilai berturut-turut 0,006%, 0,007%, dan 0,008%, sebelum menurun pada lima dan enam lapis *fiber tissue* dengan nilai berturut-turut 0,0054% dan 0,004%. Hal ini terjadi karena meningkatnya area kontak antara *dye* dengan elektrolit dan berkurangnya laju penguapan elektrolit.

Pada sampel DSSC dengan *dye* buah senduduk, sampel dengan penambahan lapisan *fiber tissue* memiliki efisiensi yang relatif lebih tinggi atau setara terhadap nilai efisiensi kontrol yaitu 0,010%, dimana terjadi kenaikan pada penambahan dua, tiga, dan empat lapis *fiber tissue* dengan nilai berturut-turut 0,010%, 0,015%, dan 0,016%, sebelum menurun pada lima dan enam lapis *fiber tissue* dengan nilai berturut-turut 0,010% dan 0,007%. Terdapat perubahan efisiensi yang serupa pada setiap penambahan lapisan *fiber tissue* pada kedua jenis *dye* yang diakibatkan oleh meningkatnya area kontak antara *dye* dengan elektrolit dan berkurangnya laju penguapan elektrolit.

Pada sampel DSSC dengan *dye* daun eceng gondok, dengan melihat kelima perlakuan penambahan jumlah *fiber tissue*, terlihat bahwa penambahan jumlah *fiber tissue* relatif memberikan peningkatan progresif pada efisiensi dengan ketebalan lapisan *fiber tissue* yang cukup tebal. Sampel dengan empat lapisan *fiber tissue* mencapai efisiensi yang relatif tertinggi di antara lapisan dua, tiga, empat, lima, dan enam, dengan nilai efisiensi 0,008%. Hal ini diakibatkan oleh kemampuan lapisan *fiber tissue* empat lapis dalam menurunkan laju elektrolit dengan baik tanpa menghambat difusivitas elektrolit sehingga mengganggu siklus redoks.

Pada sampel DSSC dengan *dye* buah senduduk, dengan melihat kelima perlakuan penambahan jumlah *fiber tissue*, terlihat bahwa penambahan jumlah *fiber tissue* relatif memberikan peningkatan pada efisiensi dengan ketebalan lapisan *fiber tissue* yang cukup tebal. Serupa dengan sampel DSSC dengan *dye* eceng gondok, sampel dengan empat lapisan *fiber tissue* mencapai efisiensi yang relatif tertinggi di antara lapisan dua, tiga, empat, lima, dan enam lapis, dengan nilai efisiensi 0,016% yang diakibatkan kemampuan lapisan *fiber tissue* empat lapis dalam menurunkan laju elektrolit dengan baik tanpa menghambat difusivitas elektrolit sehingga mengganggu siklus redoks.

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

Perbandingan pada kedua sampel kontrol menunjukkan bahwa efisiensi yang relatif lebih tinggi terdapat pada *DSSC* yang menggunakan *dye* buah senduduk dibandingkan dengan *dye* daun eceng gondok dengan nilai efisiensi berturut-turut 0,010% dan 0,005%. Perbedaan ini disebabkan oleh tingkat sensitivitas *dye* buah senduduk yang lebih tinggi dalam spektrum cahaya yang diberikan, yang memungkinkan *dye* buah senduduk menyerap cahaya dengan lebih efisien.

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 sampel-sampel perlakuan pada *DSSC* dengan kedua *dye* memiliki tren perubahan nilai efisiensi yang relatif serupa, dengan peningkatan nilai efisiensi puncak terdapat pada penambahan lapisan *fiber tissue* dengan empat lapis, dan penurunan efisiensi terjadi pada penambahan lima dan enam lapis. Berdasarkan data diatas, terlihat bahwa efisiensi *DSSC* dengan buah senduduk relatif lebih tinggi dari *DSSC* dengan *dye* daun eceng gondok.

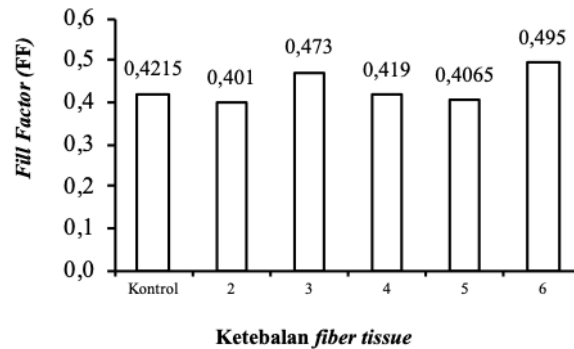
Fill Factor

Besar kecilnya nilai *fill factor* akan mempengaruhi efisiensi dari *DSSC*. Nilai *fill factor* dapat dipengaruhi oleh nilai arus maksimal, tegangan maksimal, arus hubungan pendek dan tegangan rangkaian terbuka. Nilai *fill factor* yang tinggi akan membuat kinerja dari *DSSC* menjadi semakin baik dan menyebabkan semakin optimalnya efisiensi konversi energi. Nilai *fill factor* juga dapat dilihat pada kestabilan kurva I-V, jika kurva tersebut menunjukkan kurva ideal maka nilai *fill factor* tinggi, dan sebaliknya.

Tabel 3. Nilai pengaruh perlakuan terhadap *fill factor* *DSSC*

Jenis Tanaman	Data Pengaruh Perlakuan Terhadap <i>Fill Factor</i>							ΣJ	J
	Kontrol	Jumlah Lapisan							
		2	3	4	5	6			
EG	0,436	0,441	0,442	0,458	0,429	0,503	2,273	0,455	
BS	0,407	0,361	0,504	0,380	0,384	0,487	2,116	0,423	
ΣL	0,843	0,802	0,946	0,838	0,813	0,990			
L	0,421	0,401	0,473	0,419	0,406	0,495			

Berdasarkan data Tabel 3 penambahan lapisan *fiber tissue* pada *DSSC* mempengaruhi nilai *fill factor* dari *DSSC* baik pada *DSSC* dengan *dye* buah senduduk maupun *dye* eceng gondok. Perubahan nilai *fill factor* relatif menurun pada penambahan lapisan *fiber tissue* dua lapis, empat lapis, dan lima lapis, yang dapat terjadi karena ketidakstabilan pada *DSSC*. Sedangkan penambahan lapisan *fiber tissue* dengan tiga lapis dan enam lapis relatif meningkat, hal ini dapat disebabkan oleh keseimbangan yang dicapai *DSSC* dengan bantuan jumlah lapisan *fiber tissue* tersebut. Nilai *fill factor* dari *dye* daun eceng gondok relatif lebih tinggi dari buah senduduk, hal ini dapat terjadi akibat kestabilan *dye* eceng gondok yang lebih baik saat berinteraksi dengan penambahan lapisan *fiber tissue*. Adapun masing-masing rata-rata efisiensi pengaruh variasi ketebalan *fiber tissue* dapat dilihat pada Gambar 4.

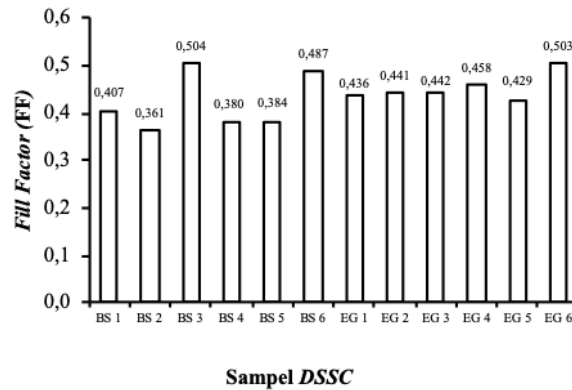


Gambar 4. Pengaruh jenis dye terhadap efisiensi

Berdasarkan data nilai rata-rata *fill factor* yang didapatkan dari setiap sampel perlakuan *fiber tissue*, nilai *fill factor* yang didapatkan dari *DSSC* yang ditambahkan lapisan *fiber tissue* mengalami perubahan yang kompleks di setiap penambahan ketebalan lapisan, dimana rata-rata nilai sampel yang diberikan tambahan dua lapisan *fiber tissue* mengalami penurunan dibandingkan sampel kontrol, namun pada sampel ketiga *fill factor* mengalami kenaikan sebelum menurun lagi pada ketebalan lapisan *fiber tissue* empat lapis dan lima lapis, dimana pada akhirnya mencapai nilai *fill factor* yang tertinggi pada ketebalan lapisan *fiber tissue* enam lapis dengan nilai 0,495.

Lapisan *fiber tissue* memberikan media yang lebih baik untuk menjaga elektrolit tetap berada di antara elektroda, dimana dengan adanya lapisan tambahan ini mengurangi terjadinya risiko kontak langsung antara elektroda yang dapat menyebabkan hubungan pendek (Natsir, 2019). Hal ini meningkatkan ketersediaan elektron untuk bergerak ke elektroda pembanding dan meningkatkan *fill factor*. Nilai *fill factor* yang kecil pada sampel dengan lapisan *fiber tissue* empat lapis dan lima lapis dapat terjadi akibat kompleksitas interaksi antara molekul dye, elektroda, dan elektrolit yang semakin meningkat, menciptakan hambatan dalam pergerakan elektron. Pada ketebalan ini *DSSC* memasuki kondisi di mana tambahan lapisan tidak lagi memberikan manfaat yang sebanding dengan hambatan yang dihasilkannya.

Peningkatan *fill factor* yang relatif tinggi terdapat pada *DSSC* dengan penambahan *fiber tissue* tiga lapis dan enam lapis. Peningkatan ini terjadi dikarenakan keseimbangan ideal yang tercapai pada kedua sampel ini yang membuat *DSSC* terukur lebih stabil. Lapisan *fiber tissue* juga dapat meningkatkan konduktivitas elektrolit yang memfasilitasi pergerakan ion-ion elektrolit. Hal ini membantu mencegah hubungan pendek yang dapat terjadi akibat kurangnya mobilitas elektrolit dan saat bersamaan menghalangi elektrolit dari mengalami penguapan yang cepat. Berdasarkan data penelitian, peningkatan pada nilai *fill factor* terjadi pada sampel dengan ketebalan *fiber tissue* yang cukup tebal, hal ini disebabkan oleh elektrolit yang menjadi semakin sulit untuk menguap dalam *DSSC*, meskipun di satu sisi ketebalan ini memberikan efek jenuh yang mempengaruhi difusi pada elektrolit, stabilnya kadar elektrolit di dalam *DSSC* membuat performa dan grafik *DSSC* lebih stabil dan memiliki kekotakan yang lebih baik dibandingkan *DSSC* yang memiliki lapisan *fiber tissue* yang sedikit, sehingga *DSSC* dengan lapisan *fiber tissue* enam lapis memiliki nilai *fill factor* yang tinggi. Selain pengaruh lapisan *fiber tissue*, jenis dye yang digunakan juga mempengaruhi kinerja *DSSC*. Adapun masing-masing rata-rata *fill factor* pengaruh jenis dye dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh interaksi ketebalan *fiber tissue* dan jenis *dye* terhadap *fill factor*

Berdasarkan data nilai *fill factor* yang diperoleh sampel kontrol dengan *dye* daun eceng gondok (EG 1) menunjukkan *fill factor* sebesar 0,43635. Dalam perbandingan dengan sampel *dye* eceng gondok dengan penambahan dua, tiga, empat, lima, dan enam lapisan *fiber tissue*, terlihat tren peningkatan nilai *fill factor* dengan nilai secara berturut-turut 0,44087, 0,44218, 0,45809, 0,4292, dan 0,5034. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan lapisan *fiber tissue* relatif meningkatkan *fill factor* yang disebabkan oleh lebih stabilnya DSSC karena menurunnya laju penguapan elektrolit, dengan sampel *dye* eceng gondok dengan penambahan enam lapisan *fiber tissue* menunjukkan nilai *fill factor* yang relatif tertinggi. Pada sampel kontrol dengan *dye* buah senduduk (BS 1), *fill factor* tercatat sebesar 0,40651. Dalam perbandingan dengan sampel *dye* buah senduduk dengan penambahan dua, tiga, empat, lima, dan enam lapisan *fiber tissue* menunjukkan nilai *fill factor* yang bervariasi (0,36144, 0,50412, 0,37964, 0,38358, dan 0,48655, secara berturut-turut). Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan lapisan *fiber tissue* memengaruhi *fill factor* dengan berbeda pada sampel pewarna buah senduduk, dengan sampel BS 3 (Buah senduduk dengan tiga lapisan *fiber tissue*) menunjukkan nilai *fill factor* yang relatif tertinggi.

Pada sampel *dye* daun eceng gondok secara khusus, *fill factor* meningkat dengan penambahan lapisan *fiber tissue*. Nilai *fill factor* relatif mengalami kenaikan dari dua lapis hingga enam lapis, hal ini menunjukkan korelasi positif antara ketebalan *fiber tissue* dan *fill factor* pada sampel pewarna daun eceng gondok.

Pada sampel pewarna buah senduduk, *fill factor* menunjukkan pola yang berbeda dengan nilai efisiensi tertinggi pada ketebalan *fiber tissue* yang berbeda. Nilai *fill factor* yang relatif tertinggi terdapat pada Perlakuan BS 3 (buah senduduk dengan 3 lapisan *fiber tissue*), hal ini menunjukkan dampak ketebalan *fiber tissue* memiliki pengaruh yang berbeda pada nilai *fill factor* buah senduduk. Dalam perbandingan sampel kontrol, kontrol dengan *dye* daun eceng gondok (EG 1) memiliki *fill factor* sebesar 0,43635, sedangkan kontrol dengan pewarna buah senduduk (BS 1) memiliki *fill factor* yang relatif lebih rendah, yaitu 0,40651. Hal ini menunjukkan perbedaan dalam karakteristik masing-masing *dye* dan tingkat kestabilannya pada DSSC. Pada perbandingan antar sampel dengan ketebalan *fiber tissue* yang sama (dua, tiga, empat, lima, dan enam lapis), terlihat bahwa nilai *fill factor* berbeda antara sampel *dye* daun eceng gondok dan *dye* buah senduduk. Setiap konfigurasi lapisan bereaksi secara berbeda terhadap *dye* yang digunakan.

KESIMPULAN

Jumlah lapisan *fiber tissue* pada DSSC relatif berpengaruh terhadap efisiensi dan *fill factor*. Efisiensi dan *fill factor* tertinggi secara berturut-turut terdapat pada jumlah lapisan

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

fiber tissue empat lapis dan enam lapis. Adapun nilainya secara berturut-turut adalah 0,012% dan 0,495. Jenis *dye* yang digunakan relatif berpengaruh terhadap kinerja *DSSC*, dimana efisiensi dan *fill factor* *DSSC* yang menggunakan *dye* buah senduduk memiliki efisiensi dan *fill factor* yang relatif lebih tinggi dibandingkan *DSSC* yang menggunakan *dye* daun eceng gondok baik dengan penambahan *fiber tissue* maupun tanpa penambahan *fiber tissue*. Kinerja *DSSC* relatif dipengaruhi oleh interaksi kedua faktor, yaitu jenis *dye* dan jumlah lapisan *fiber tissue*. Kombinasi untuk efisiensi 0,016% pada perlakuan dengan jumlah lapisan *fiber tissue* empat lapis dan buah senduduk memberikan performa *DSSC* yang relatif paling baik, sedangkan *fill factor* yang tertinggi terdapat di sampel tiga lapis dengan *dye* buah senduduk, yaitu 0,504. Performa *DSSC* terbaik menggunakan *dye* buah senduduk dengan penambahan lapisan *fiber tissue* berketebalan empat lapis. Adapun karakter kelistrikan pada sampel tersebut adalah I_{sc} : 0,016 mA, V_{oc} : 0,682 mV, I_{max} : 0,011 mA, V_{max} : 0,397 mV, P_{max} : 0,00417 mW, FF : 0,37924, dan efisiensi sebesar 0,016%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan ini disampaikan kepada penyandang dana dan pihak-pihak (lembaga maupun perorangan) yang berjasa dalam pelaksanaan penelitian atau penulisan naskah artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh, A., Roudgar-Amoli, M., Bonyad-Shekalgourabi, S. M., Shariatinia, Z., Mahmoudi, M., & Saadat, F. (2022). *Dye sensitized solar cells go beyond using perovskite and spinel inorganic materials: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157: 112047.
- Calbo, J. (2019). *Dye-Sensitized Solar Cells: Past, Present and Future. Photoenergy and Thin Film Materials*, 49-119.
- Daniswara, A., Raydiska, G., & Timotius, Y. (2020). Strategi implementasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* di Indonesia. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 4(2).
- Fitria, H., Handayani, R, D., & Lesmono, A, D. (2016). Pengaruh lama perendaman TiO_2 dalam *dye sensitizer* ekstrak daun tembakau (*Nicotiana Tabacum L*) terhadap efisiensi *Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(4), 343-350.
- Gibson, M., Kasman, & Iqbal. (2017). Analisa kualitas klorofil daun jarak kepyar (*Ricinus comunis L.*) sebagai bahan pewarna pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Penelitian Sains*, 16(2), 31-40.
- Hardeli, Suwardani, Riky, Fernando, Maulidis, & Ridwan, S. (2013). *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* Berbasis Nanopori TiO_2 menggunakan antosianin dari berbagai sumber alami. In: *Prosiding Semirata FMIPA*, Universitas Lampung, Indonesia.
- Hardian, A., Mudzakir, A., & Sumarna, O. (2010). Sintesis dan karakterisasi kristal cair ionik berbasis garam fatty imidazolinium sebagai elektrolit redoks pada sel surya tersensitisasi zat warna. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*, 1(1), 7-16.
- Hikmah, I., & Prajitno, G. (2015). Pengaruh penggunaan *Gel-Electrolyte* pada Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* berbasis TiO_2 Nanopartikel dengan ekstrak murbei (*Morus*) sebagai *Dye Sensitizer* pada Substrat Kaca ITO. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(1), B5-B10.
- Lee, H. F., Kai, J. J., Liu, P. C., Chang, W. C., Ouyang, F. Y., & Chan, H. T. (2012). *A comparative study of charge transport in quasi-solid state dye-sensitized solar cells*

- using polymer or nanocomposite gel electrolytes. Journal of Electroanalytical Chemistry*, 687, 45-50.
- Lestari, E. A. I., & Setiarso, P. (2021). Studi elektrokimia ekstrak betalain umbi bit sebagai pewarna alami DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*). *Unesa Journal of Chemistry*, 10(3), 318-325.
- Maulina, A., Hardeli, & Bahrizal. (2014). Preparasi *Dye Sensitized Solar Cel* Menggunakan Ekstrak Antosianin Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L*) *Jurnal Sainstek*, 6(2), 158-167.
- Maryani, D., Gunawan, G., & Khabibi, K. (2012). Penentuan efisiensi DSSC (*Dye-Sensitized Solar Cell*) yang dibuat dari Semikonduktor ZnO yang diemban Fe³⁺ melalui metode presipitasi. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 15(1), 29-35.
- Megawati, N., Artanti, H., & Mulyani. (2020). Pengaruh perbedaan pelarut asam pada ekstraksi antosianin bunga dadap merah dengan metode *Microwave Assisted Extraction*. *Journal of Chemical Process Engineering*, 5(1), 33-39.
- Muchammad, & Setiawan, H. (2011). Peningkatan efisiensi modul surya 50 Wp dengan Penambahan Reflektor. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. UWH, Semarang: (pp.45-50).
- Mujumdar, A. S. (2006). *Handbook of industrial drying, revised and expanded* (Vol.1). Department of Chemical Engineering. McGill University.
- Natsir, A. (2019). Studi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Hasil ekstraksi buah (*Antidesma bunius*). *Skripsi*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Parisi M. L., Maranghi S., & Basosi R. (2014). *The evolution of the dye sensitized solar cells from Gratzel prototype to up-scaled solar applications: a life cycle assessment approach*, *Renew Sustain Energy Rev.* 39, pp.124-138.
- Pasunu, C., Ruslan, & Hardi. (2017). Penentuan efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* menggunakan ekstrak buah kaktus (*Opuntia elatior* Mill.). *Jurnal Riset Kimia*, 3(3), 285-291.
- Posumah, D. (2017). Uji kandungan klorofil daun tanaman cabai merah (*Capsicum annum L.*) melalui pemanfaatan beberapa pupuk organik cair. *Jurnal MIPA Unsrat Online*, 6(2), 101-104.
- Pratiwi, D. D. (2016). Variasi komposisi zat pewarna terhadap kinerja *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)*. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Purwaniati, Arif, A. R., & Yuliantini, A. (2020). Analisis kadar antosianin total pada sediaan bunga telang (*Clitoria ternatea*) dengan metode pH Diferensial menggunakan Spektrofotometri Visible. *Jurnal Farmagazine*, 7(1), 18-23.
- Purwoto, B. H., Jatmiko., Alimul, M. F., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif. *Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10-14.
- Rakhman, D. F. (2014). Pengaruh variasi konsentrasi klorofil terhadap daya keluaran *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Ramadhani, R. & Octarya, Z. (2017). Pemanfaatan ekstrak buah senduduk (*Melastoma malabathricum L.*) sebagai alternatif indikator alami titrasi asam basa dan implementasinya dalam praktikum sekolah. *Jurnal Elektronik*, 1(1), 58-64.
- Sukardi, S., Kiswaya, S. M., & Pranowo, D. (2018). Antosianin ekstrak ubi jalar ungu kering untuk donor elektron sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT). *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 133-142.