Evaluasi Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* melalui Penggunaan Hidrogel Elektrolit PEG dan *Dye* Ekstrak Daun Eceng Gondok

Efficiency Evaluation of Dye Sensitized Solar Cell through the Use of PEG Electrolyte Hydrogel and Water Hyacinth Leaf Extract Dye

Muhammad Rizki Azra[*)], Tamrin Tamrin, Filli Pratama, Imes Suci Ramadhani
Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Kec. Indralaya 30862, Sumatera Selatan, Palembang, Indonesia
[*)]Penulis untuk korespondensi: rizkyazra27@gmail.com

Sitasi: Azra, M. R., Tamrin, T., Pratama, F., & Ramadhani, I. S. (2024). Efficiency evaluation of dye sensitized solar cell through the use of PEG electrolyte hydrogel and water hyacinth leaf extract dye. *In*: Herlinda S *et al.* (*Eds.*), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-12 Tahun 2024, Palembang 21 Oktober 2024. (pp. 426–433). Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

The research that has been conducted is a study of the effect of the Use of PEG electrolyte hydrogels on the performance of Dye Sensitized Solar Cells with water hyacinth leaf dye extract. This research aimed to study and determine the performance of dye sensitized solar cells using a variety of electrolyte hydrogels based on PEG 4000 and PEG 6000 with concentrations of 5%, 10% and 15% respectively. This study measured the absorbance of water hyacinth leaf dyes using a UV-VIS spectrophotometer and to determine the performance DSSC itself measured using a multimeter which was carried out with a light source of the halogen lamp. The parameters observed in this study dye absorption, current and voltage, power calculation, fill factor, and DSSC efficiency. The results showed that the use of PEG-based electrolyte hydrogels in DSSC can increase the efficiency and stability of DSSC use. The best DSSC performance using water hyacinth dye extract with the use of PEG-based electrolyte hydrogel occurred in DSSC G with 15% PEG 6000. The electrical characters produced on the sample are Isc: 0.0133 mA, Voc: 0.698 mV, Imax: 0.0073 mA, Vmax: 0.534 mV, Pmax: 0.003898 mW, FF: 0.62856, and efficiency of 0.021%.

Keywords: *Dye Sensitized Solar Cell*, electrolyte, PEG, DSSC efficiency

ABSTRAK

Penelitian yang telah dilakukan merupakan penelitian tentang pengaruh penggunaan hidrogel elektrolit PEG terhadap performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Ekstrak *Dye* daun eceng gondok. Penelitian ini bertujuan untuk mendeterminasi serta mengetahui kinerja *dye sensitized solar cell* menggunakan variasi hidrogel elektrolit berbasis PEG 4000 dan PEG 6000 dengan konsentrasi masing-masing 5%, 10% dan 15%. Penelitian ini mengukur absorbansi dye daun eceng gondok menggunakan UV-VIS spektrofotometer dan untuk mengetahui performa DSSC sendiri diukur menggunakan multimeter yang dilakukan dengan sumber cahaya dari lampu halogen. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah absorbansi dye, karakteristik arus dan tegangan, perhitungan daya, fill factor, dan efisiensi DSSC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan hidrogel elektrolit berbasis PEG pada *DSSC* dapat meningkatkan efisiensi dan stabilitas penggunaan *DSSC.* Performa *DSSC* terbaik menggunakan ekstrak *dye* eceng gondok dengan penggunaan

hidrogel elektrolit berbasis PEG terjadi pada *DSSC* G dengan PEG 6000 15%. Karakter kelistrikan yang dihasilkan pada sampel tersebut adalah Isc: 0,0133 mA, Voc: 0,698 mV, Imax: 0,0073 mA, Vmax: 0,534 mV, Pmax: 0,003898 mW, FF: 0,62856, dan efisiensi sebesar 0,021%.

Kata kunci: *Dye Sensitized Solar Cell*, elektrolit, PEG, eEfisiensi *DSSC*

PENDAHULUAN

Energi dalam kehidupan manusia merupakan kebutuhan yang sangat penting, karena hampir setiap kegiatan sehari hari manusia saat ini bergantung pada energi. Sumber energi dunia masih sangat bergantung pada bahan fosil seperti minyak, batubara, gas alam yang lambat laun akan menipis dan habis. Berdasarkan pada konsumsi bahan bakar harian yaitu 82,5 juta barrel, cadangan bahan bakar fosil diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 40 tahun lagi (Dwioknain, 2018; Nugroho, 2018). Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif agar dapat mengurangi penggunaan energi fosil.

Sel surya telah mengalami perkembangan selama tiga generasi. Sel surya generasi pertama adalah sel surya silikon monokristal dan polikristal. Sel surya jenis ini dapat menghasilkan efisiensi yang besar namun proses fabrikasinya membutuhkan biaya yang mahal karena menggunakan bahan silikon. Sel surya generasi ke dua yaitu menggunakan teknologi *thin film* atau lapisan tipis, yang memiliki keuntungan fabrikasinya lebih murah dari pada generasi pertama. Namun sel surya jenis ini menghasilkan bahan yang dapat berbahaya bagi lingkungan. Sel surya generasi ke tiga yaitu sel surya fotoelektrokimia dengan berbasis *dye* sebagai *photosensitizer*. Tipe ini disebut sebagai *dye Sensitized Solar Cell* (*DSSC*) yang memiliki keunggulan yaitu fabrikasinya yang jauh lebih murah dari pada generasi sebelumnya (Santika, 2021).

Lapisan semikonduktor, pewarna (*dye*), larutan elektrolit dan katalis merupakan beberapa komponen yang terdiri pada struktur *DSSC*. Pewarna (*dye*) berfungsi untuk menyerap foton dari cahaya matahari yang tereksitasi menjadi elektron. Larutan elektrolit berfungsi sebagai medium transport muatan atau pengganti elektron yang tereksitasi di *dye* melalui proses redoks. Katalis berfungsi sebagai elektroda lawan (Puspitasari, 2017).

Daun eceng gondok salah satu tanaman yang hidup diperairan, biasanya ditemukan mengapung di atas laut, danau, sungai dan rawa dan merupakan tumbuhan gulma yang dapat merusak lingkungan (Yuliantin *et al*., 2018). Oleh karena itu, perlu dilakukan penanggulangan untuk pertumbuhan daun eceng gondok. Warna hijau pada daun eceng gondok menandakan bahwa adanya kandungan klorofil, yang berfungsi sebagai fotosintesis dan juga dapat dimanfaatkan sebagai zat warna yang dapat digunakan untuk *DSSC* (Hasyim, 2016). Untuk mendapatkan ekstrak *dye* dari daun eceng gondok tersebut dapat menggunakan metode *UAE*. *Ultrasonic assisted extraction* (*UAE*) atau yang biasa dikenal dengan gelombang suara adalah salah satu metode yang paling sering digunakan untuk metode ekstraksi *dye*. Metode ekstraksi ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode ekstraksi yang lainnya yaitu proses ekstraksi yang lebih efisien dan tidak memakan banyak waktu. Metode ini lebih baik digunakan untuk sampel atau bahan yang tidak tahan terhadap panas (Sholihah *et al*., 2017).

Elektrolit adalah suatu komponen terpenting pada *DSSC*, karena elektrolit berfungsi sebagai penyedia elektron atau pengganti elektron yang mengalami eksitasi pada *dye*. Elektrolit dalam sel surya jenis *DSSC* berfungsi sebagai lapisan dimana reaksi redoks terjadi. Namun, penggunaan elektrolit cair memiliki kelemahan yaitu mudah mengalami kebocoran serta penguapan sehingga daya tahan dari *DSSC* tersebut rendah dan berdampak terhadap efisiensi yang dihasilkan (Mustaqim *et al*., 2017). Oleh karena itu, penelitian ini

untuk mengatasi kekurangan elektrolit cair tersebut, digunakan gel elektrolit dengan penambahan bahan pengental berupa PEG 4000 dan PEG 6000.

Polietilen glikol (PEG) adalah jenis polimer yang fleksibel, dapat membentuk polimer komplek pada molekul organik. PEG berupa polimer sintetik dari oksietilen yang memiliki sifat stabil dan dapat mengikat bahan lain seperti pigmen. PEG memiliki karakteristik dapat larut dalam air, methanol, benzene dan dichlorometan (Pawestri, 2020). Penamaan PEG berdasarkan dari bobot molekul rata rata yang terkandung. PEG dengan nama PEG 200-600 berwujud cair, PEG 1000 semi padat dan PEG 4000-20000 berwujud padatan kristal (Soemarie, 2016). Berdasarkan penelitian Kumila *et al*. (2017) pengujian menggunakan gel elektrolit PEG yang dilakukan penyinaran selama 180 menit, performanya menurun secara bertahap pada menit ke 120 karena kebocoran dan penguapan. PEG dapat meningkatkan stabilitas jangka panjang karena penggunaan gel elektrolit pada *DSSC* mampu meminimalkan kebocoran dan penguapan elektrolit.

Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini bertujuan untuk mendeterminasi serta mengetahui kinerja *dye sensitized solar cell* menggunakan variasi hidrogel elektrolit berbasis PEG 4000 dan PEG 6000.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan pada kegiatan penelitian ini antara lain: 1) Alat pencatat, 2) Alat suntik ukuran 3 mL, 3) Amperemeter, 4) Batang pengaduk kaca, 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) Gelas piala 50 mL, 100 mL dan 250 mL, 12) Gunting Esco, 13) Hair dryer Fleco, 14) Jangka sorong Krisbow (KW06-351), 15) Kabel jumper, 16) Klip binder no. 105, 17) Kertas alumunium, 18) Kertas saring, 19) Korek api, 20) Label, 21) Lampu halogen Hapika 50 Watt, 22) Luxmeter (HS1010), 23) Mikrometer sekrup, 24) Mistar Montana, 25) Multimeter digital (DT-830B), 26) Neraca digital Ohaus, 27) Oven Kirin, 28) Pemotong kaca (PKC593), 29) Penjepit kabel jumper, 30) Penumbuk porselen (mortar dan alu), 31) Pinset, 32) Pipet tetes, 33) Pisau, 34) Potensiometer 500 kΩ (variabel resistor), 35) *Project board*, 36) Refrigerator, 37) Sonikator Cole-Parmer, 38) Spatula besi, 39) Statif, 40) Stopwatch analog, 41) Spektrofotometer UV-Vis, 42) Voltmeter dan 43) Wattmeter, 44) *Magnetic Stirer.*

Bahan-bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini antara lain 1) Air, 2) Asam asetat 0,25 N, 3) Akuades, 4) Bubuk Titanium dioksida (TiO_2), 5) Daun eceng gondok, 6) Iodin 0,1 N, 7) *Kaca Transparent Conductive Oxide* (TCO), 8) Katalis karbon (jelaga lilin), 9) PEG 4000 (*Pharmagrade*) dan 10) PEG 6000 (*Pharmagrade*).

Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell*

Pada proses persiapan struktur, penyusunan, dan perangkaian *DSSC* memiliki beberapa tahapan diantaranya adalah : (1) Alat dan bahan untuk fabrikasi *dye sensitized solar cell* disiapkan. (2) Daun eceng gondok dipotong kecil kecil dan di timbang 5 gram kemudian di campurkan 25 mL aquades. Pembuatan sensitizer menggunakan alat sonikator Cole-Parmer. Hasil rendemen (zat ekstraksi) selanjutnya disaring dengan kertas saring untuk memisahkan ampas dan ekstrak klorofil daun eceng gondok. Hasil ekstraksi kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca transparan yang dilapisi alumunium foil menggunakan corong gelas. Hasil ekstraksi selanjutnya disimpan dalam refrigerator untuk menghindari degradasi zat warna. (3) Kaca TCO dipotong menggunakan cutter glass berukuran 25 mm x 25 mm x 1,113 mm, lalu direkatkan 4 lapisan selotip pada kaca yang akan digunakan

sebagai elektroda kerja, perekatan berukuran 0,15 cm disisi kanan dan sisi kiri serta 0,3 cm disisi bawah sebagai celah offset. 3) Bubuk TiO_2 dicampurkan dengan asam astetat sebanyak 1,8 mL dan diaduk hingga membentuk pasta, kemudian pasta TiO_2 dilapiskan pada kaca TCO secara merata. Kemudian dipanaskan di oven furnace pada suhu 400°C selama 1 jam. (4). Larutan elektrolit dibuat dengan campuran 5 mL iodine dan variasi konsentrasi dari PEG 4000 dan PEG 6000. Larutan elektrolit dibuat dengan campuran 5 mL iodine dan variasi bahan pengental dari PEG 4000 dan PEG 6000 dengan konsentrasi masing-masing 5%, 10% dan 15% (b/v). Larutan kemudian di *stirer* dengan kecepatan 6 dan pada suhu 60oC selama 20 menit sampai homogen dan membentuk gel. (5) Pembuatan elektroda pembanding menggunakan jelaga lilin dengan ukuran yang sama dengan elektroda kerja. (6) Tumpuk elektroda kerja dan pembanding secara berhadapan, menghasilkan dua area offset untuk dihubungan dengan load. Kemudian jepit dua lapisan tersebut dengan klip binder ukuran 105.

Pada *DSSC* yang telah dirangkai dilakukan pengujian yaitu pengujian langsung tegangan dan arus dengan menggunakan multimeter digital. Sebelumya *DSSC* ditetesi dengan elektrolit yaitu iodin sebanyak 0,5 ml. Sumber cahaya yang digunakan yaitu lampu halogen dengan jarak 10 cm dengan *DSSC*.

Kandungan Klorofil Daun Eceng Gondok

Kandungan klorofil pada daun eceng gondok dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan metode Wintermans dan De Mots seperti pada penelitian Posumah (2017) seperti pada Persamaan (1) dan (2).

Klorofil a = (13,7 x A665) – (5,76 x A649)……(1)
Klorofil b = (25,8 x A649) – (7,60 x A665)……(2)

Jumlah kandungan klorofil total dapat dihitung dengan metode yang sama seperti pada penelitian Gibson et al. (2017) sesuai pada Persamaan (3).

Klorofil Total= (20,0 x A649) + (6,10 x A665)…….(3)

Perhitungan Efisiensi

Perhitungan nilai efisiensi DSSC dapat diperoleh berdasarkan perbandingan antara daya serap pada luasan area aktif (*Pinput*). Efisiensi DSSC ini menggambarkan banyaknya energi foton yang dapat diserap dan dikonversikan ke bentuk elektron sehingga dapat menjadi energi listrik.

Luasan daerah absorbansi (serapan) akan mempengaruhi dan berbanding lurus dengan efisiensi DSSC. Berdasarkan pernyataan Ardianto et al. (2015) perhitungan nilai efisiensi DSSC dapat dilakukan dengan Persamaan (4).

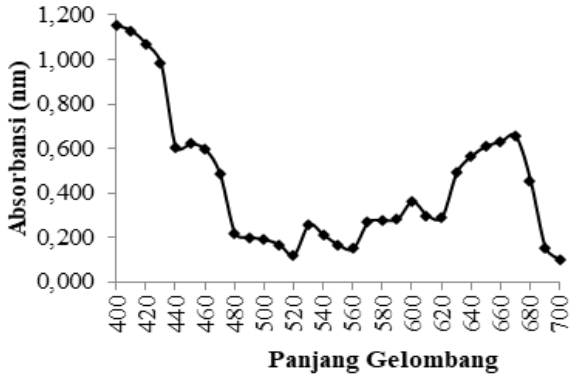
$$\eta = \left(\frac{P_{output}}{P_{input}}\right) \times 100\% \quad \text{.....(4)}$$

HASIL

Kadar Klorofil *Dye* Ekstrak Daun Eceng Gondok

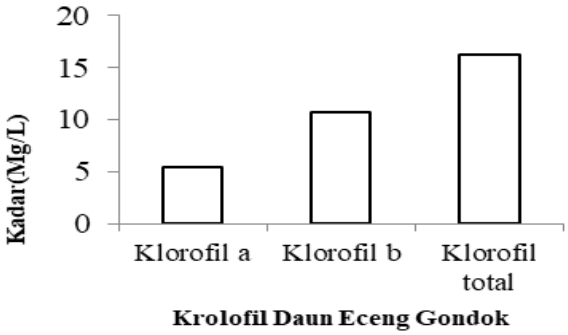
Pengukuran absorbansi *dye* daun eceng gondok menggunakan spektrofotometer Uv-Vis. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1.

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)
Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)



Gambar 1. Absorbansi klorofil

Kadar klorofil dalam daun eceng gondok diukur berdasarkan data karakteristik absorbansi *dye*. Untuk dapat mengetahui klorofil a, klorofil b dan klorofil total maka harus didapatkan terlebih dahulu hasil dari absorbansi. Adapun yang berperan dalam proses penyerapan cahaya violet, biru, merah dan memantulkan cahaya hijau yaitu terdapat pada klorofil a dan b yang dimana keduanya merupakan pigmen utama fotosintetik (Nurcahyani *et al*., 2020). Serapan cahaya yang dapat dihasilkan dari kedua jenis klorofil ini memiliki dua daerah rentang panjang gelombang sekitar 400 nn-490 nm dan 620 nm-680 nm (Gibson *et al*. 2017). Pada penelitian ini pengambilan data absorbansi di daerah panjang gelombang cahaya tampak 649 nm dan 665 nm. Hasil pengukuran kadar klorofil daun eceng gondok dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kadar klorofil daun eceng gondok

Hasil Pengukuran DSSC

Sampel *DSSC* dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada daun eceng gondok dengan campuran hidrogel elektrolit yang akan dibuat masing-masing 7 sampel dengan 1 sampel sebagai kontrol dan 6 sampel variasi PEG 4000 dan PEG 6000 dengan konsentrasi elektrolit masing masing 5%, 10%, dan 15%. Berdasarkan data arus dan tegangan yang dihasilkan, didapat pula nilai karakteristik kelistrikan lainnya diantaranya: 1) nilai *current short circuit* (I_{sc}), 2) nilai *voltage open circuit* (V_{oc}), 3) nilai *current maximum* (I_{max}), 4) nilai *voltage maximum* (V_{max}), 5) nilai faktor pengisian (*Fill Factor)*, 6) nilai *power maximum* (P_{max}), dan 7) nilai efisiensi *DSSC*. Data tersebut dalam masing-masing sampel *DSSC* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai karakteristik kelistrikan DSSC dye daun eceng gondok dengan penambahan bahan pengental pada larutan elektrolit

DSSC		Data Hasil Pengukuran dan Pengolahan Data							
		V_{oc} (V)	I_{sc} (mA)	V_{max} (V)	I_{max} (mA)	P_{input} (mW)	FF	P_{output} (mW)	Efisiensi (%)
Kontrol		0,327	0,0103	0,268	0,0039	27,1	0,31032	0,0010	0,004
PEG 4000	5%	0,456	0,0091	0,287	0,0061	28,1	0,38012	0,0018	0,006
	10%	0,503	0,0129	0,373	0,0075	29,2	0,43113	0,0028	0,010
	15%	0,525	0,0131	0,375	0,0100	27,4	0,54526	0,0038	0,014
PEG 6000	5%	0,540	0,0100	0,338	0,0066	27,8	0,41311	0,0022	0,008
	10%	0,610	0,0125	0,405	0,0078	27,8	0,41430	0,0032	0,011
	15%	0,698	0,0133	0,534	0,0073	27,4	0,62856	0,0058	0,021

PEMBAHASAN

Kadar Klorofil Daun Eceng Gondok

Pengukuran absorbansi klorofil bertujuan untuk mengetahui daerah serapan panjang gelombang maksimum dari ekstrak dye daun eceng gondok. Secara umum daerah serapan panjang gelombang yang dianalisa pada rentang panjang gelombang 500 nm-700 nm (Megawati et al, 2020). Dari hasil pengukuran absorbansi menunjukkan absorbansi dye daun eceng gondok mempunyai puncak pertama absorbansi terjadi pada panjang gelombang 450 nm dengan nilai absorbansi 0,620 dan puncak absorbansi tertinggi terjadi pada panjang gelombang 670 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0,655.

Efisiensi *DSSC*

Performa suatu *DSSC* akan berpengaruh terhadap besar kecilnya arus listrik yang dihasilkan. Efisiensi menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi performa DSSC. Efisiensi merupakan hasil perbandingan antara nilai daya output dibagi daya input dikali 100%. Efisiensi *DSSC* yang diperoleh dari pengukuran tegangan dan arus pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin bertambah konsentrasi bahan pengental pada elektrolit maka semakin meningkat efisiensinya.

Hasil penelitian menunjukkan pada nilai efisiensi bahwa sampel *DSSC* yang ditambahkan bahan pengental pada elektrolit menunjukkan bahwa semakin bertambahnya konsentrasi pada elektrolit maka semakin meningkat efisiensinya. Hasil pengukuran pada *DSSC* A atau tanpa bahan pengental menghasilkan efisiensi paling kecil yaitu 0,004%. Penggunaan gel elektrolit mempengaruhi besarnya efisiensi yang dihasilkan oleh DSSC. Pada penelitian ini menggunakan gel elektrolit dengan bahan pengental yaitu PEG 4000 dan PEG 6000 dengan konsentrasi masing-masing 5%, 10% dan 15%. Perbedaannya terletak pada berat molekulnya, pada PEG 4000 cenderung memiliki wujud lebih cair dibandingkan dengan PEG 6000 yang lebih kental.

Sampel *DSSC* dengan penambahan bahan pengental PEG 4000 pada larutan elektrolit memiliki peningkatan efisiensi yang cukup stabil pada masing-masing konsentrasi yaitu secara berurutan adalah 0,006%, 0,010%, dan 0,014%. Sampel DSSC dengan penambahan bahan pengental PEG 6000 pada larutan elektrolit memiliki peningkatan efisiensi di setiap konsentrasinya yaitu pada 5% sebesar 0,08%, 10% sebesar 0,011%. Pada konsentrasi 15% terjadi peningkatan yang signifikan nilai efisiensi yaitu sebesar 0,021%. Perbedaan efisiensi yang dihasilkan antara sampel *DSSC* dengan PEG 4000 dan PEG 6000 disebabkan karena elektrolit dengan penambahan PEG 4000 masih cenderung cair tidak terlalu kental. Sehingga kemungkinan terjadinya lost iodine pada sampel *DSSC* PEG 4000. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan Firdaus (2016), dalam penelitiannya

menggunakan elektrolit gel berbasis PEG 4000, PEG 6000 dan PEG 8000 didapat hasil efisiensi tertinggi pada PEG 6000 sebesar 0,826% menggunakan sumber cahaya matahari dan 0,133% menggunakan cahaya lampu halogen

Secara keseluruhan karakteristik kelistrikan *DSSC* dengan penggunaan gel elektrolit berbasis PEG menunjukkan performa yang lebih baik dari elektrolit tanpa bahan pengental dalam penelitian ini. Pengaruh pemberian elektrolit berbasis gel membuat penurunan yang terjadi tidak drastis atau hanya sedikit demi sedikit, lebih cenderung stabil dari awal pengukuran. Hal ini mengindikasikan bahwa gel elektrolit ini mampu meningkatkan life time *DSSC*. Dengan menggunakan gel elektrolit ini maka *DSSC* dapat lebih bertahan lama. Karena berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu menggunakan elektrolit cair, *DSSC* dengan penggunaan elektrolit cair hanya mampu bertahan maksimal sekitar 5 jam dari pemakaian awal untuk satu kali penetesan elektrolit cair. Hal ini disebabkan karena elektrolit cair mengalami penguapan yang lebih cepat. Maka dari itu *DSSC* dengan penggunaan elektrolit cair, ketika dilakukan pengukuran harus ditetesi elektrolit kembali.

KESIMPULAN

Penambahan PEG pada elektrolit (iodine) menghasilkan kinerja Dye Sensitized Solar Cell lebih baik dibandingkan elektrolit kontrol (0% PEG). Adapun nilai FF dan efisiensi kontrol adalah 0,310 dan 0,004%. Peningkatan konsentrasi 5%, 10%, 15% berturut-turut pada penambahan PEG menunjukkan kinerja Dye Sensitized Solar Cell juga meningkat. Hal ini mencakup FF dan efisiensi. Performa Dye Sensitized Solar Cell menggunakan ekstrak dye daun eceng gondok didapat nilai terbaik pada saat elektrolit dengan penambahan bahan pengental PEG 6000 dengan konsentrasi bahan pengental 15%. Karakteristik kelistrikan yang dihasilkan pada sampel tersebut adalah Isc: 0,0133 mA, Voc: 0,698 mV, Imax: 0,0073 mA, Vmax: 0,534 mV, Pmax: 0,003898 mW, FF: 0,6286, dan efisiensi sebesar 0,0213%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Bapak/Ibu Dosen pembimbing atas segala arahan dan masukan dalam meninjau perkembangan penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

Ardianto, R., Nugroho, W.A., & Sutan S.M. (2015). Uji kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (*DSSC*) menggunakan lapisan Capacitive *Touch Screen* sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil (*Nannochloropsis Sp*.) sebagai *Dye Sensitizer* dengan variasi ketebalan pasta TiO_2. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, *3*(3), 325-337.

Dwioknain, E. (2018). *Pembuatan Prototype Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Antosianin dari Dye Bunga Kenikir* (*Cosmos Caudatus L.*) *dan Bunga Kertas* (*Zinnia Peruviana*). Skripsi. Universitas Hasanuddin.

Firdaus, R. (2016). Pengaruh variasi elektrolit terhadap kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (*DSSC*) menggunakan ekstrak daun mengkudu (*Morinda Citrifolia*) sebagai *Dye Sensitizer*. *JTM*, *4*(3), 427-237.

Kumila, B. N., & Prajitno, G. (2017). The effect of gel-electrolyte on dye sensitized solar cell (DSSC) prototype based on Nanosized-TiO_2 Using Mangosteen Pericarp as Absorber. *J. Nat. Scien. & Math*, *3*(1), 186-190.

Megawati, M., Mulyani, N. K. C., & Alvionita, E. A. (2020). Pengaruh perbedaan pelarut asam pada ekstraksi antosianin bunga dadap merah (*Erythrina Crista-Galli*) dengan metode Microwave Assisted Extraction. *Journal of Chemical Process Engineering*, *5*(1), 33-39.

Mustaqim, Haris, A., & Gunawan. (2017). Fabrikasi *Dye-Sensitized Solar Cell* menggunakan fotosensitizer ekstrak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L) dan Elektrolit Padat Berbasis PEG (Polyethylene Glycol). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, 20*(2), 62-67.

Nugroho, B. A. (2018). Analisis Struktur Geometris Sel Surya Berbasis Dye Sensitized Tipe Monolitik. Skripsi. Universitas Hasanudin.

Nurcahyani, E., Rahmadani, D. D., Wahyuningsih, S., & Mahfut, M. (2020). Analisis kadar klorofil pada buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) terinduksi Indole Acetic Acid (IAA) secara In Vitro. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 15-23.

Pawestri, S. Y. (2020). Penggunaan Flokulan Polyethylen Glycol (PEG) 6000 dalam Penanganan Serum Lipemik pada Pemeriksaan Protein Total. Skripsi. Poltekkes Yogyakarta

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.

Puspitasari, N., Adawiyah, S. R., Fajar, M. N., Yudoyono, G., Rubiyanto, A., & Endarko, E. (2017). Pengaruh jenis katalis pada elektroda pembanding terhadap efisiensi dye sensitized solar cells dengan klorofil sebagai dye sensitizer. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, *13*(1), 30-33.

Santika, I. (2021). *Performa Kelistrikan Dye Sensitized Solar Cell dengan Variasi Konsentrasi Dye Bubuk Bunga Kuning Rawa (Ludwigia peruviana*). Skripsi. Universitas Sriwijaya, Palembang.

Sholihah, M., Ahmad, U., & Budiastra, I. W., (2017). Aplikasi gelombang ultrasonik untuk meningkatkan rendemen ekstraksi dan efektivitas antioksidan kulit manggis. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, *5*(2), 161-168

Soemarie, Y. B., Astuti, T., & Rochmah, N. (2016). Formulasi sediaan salep ekstrak etanol daun alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai antiacne. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, *2*(2), 224-232

Yuliantin, E., Sari, Y. P., & Hendra, M. (2018). Efektivitas pupuk organik cair dari eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart), Solm) untuk pertumbuhan dan kecerahan warna merah daun aglaonema. *Jurnal Biotropika*, *6*(1), 29- 34.