ROTARY
ISSN: 2721-6225 (print)
ISSN: 2745-6331 (online)
Volume 6 No 1 2024
https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/rot
page 61-70

PENGARUH VARIASI KOSENTRASI PADA EKSTRAK DAUN BAYAM MERAH SEBAGAI DYE TERHADAP KINERJA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

THE EFFECT OF VARIED CONCENTRATION IN RED SPINACH LEAF EXTRACT AS DYE ON THE PERFORMANCE OF DYE SENSITIZED SOLAR CELLS (DSSC)

Rustan Hatib[1)], Khairil Anwar[1)], Ardi Yefta Soso[1)]
[1]Universitas Tadulako, Palu, Indonesia
email: rustanhatib98@gmail.com*

Received:
02 Desember 2023

Accepted:
12 Januari 2024

Published:
12 Januari 2024

Abstract
DSSC is a series of devices that use the gap energy between semiconductors and their bonds with clusters in thin layers to convert light energy into electrical energy. The structure of the DSSC device consists of five components, namely FTO glass, TiO_2, dye, electrolyte and carbon. From the results of the study it can be concluded that the addition of dye concentration of red spinach leaf extract has an effect on increasing the value of current, voltage and efficiency of DSSC. The lowest value is at 10 gr dye concentration with a current value of 0.0000115 A, a voltage of 0.2965 V and an efficiency of 0.009635%. Then there was an increase with a current value of 0.0000173 A, a voltage of 0.3301 V, and an efficiency of 0.01692% at a dye concentration of 20 gr. At a dye concentration of 30 gr it increased with a current value of 0.0000215 A, a voltage of 0.457 V and an efficiency of 0.030618%. And the highest value at a dye concentration of 40gr with a current value of 0.0000241 A, a voltage of 0.566 V and an efficiency of 0.042891%. While at a dye concentration of 50gr there was a decrease with a current value of 0.000023 A, a voltage of 0.508 V and an efficiency of 0.035797%.
Keywords: *Red Spinach Leaf Extract, Dye, DSSC Efficiency*

Abstrak
DSSC adalah serangkaian perangkat yang menggunakan energi celah antara semikonduktor dan ikatannya dengan cluster di lapisan tipis untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Struktur DSSC terdiri dari lima komponen yaitu kaca FTO, TiO2, pewarna, elektrolit dan karbon. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi pewarna ekstrak daun bayam merah memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai arus, tegangan dan efisiensi DSSC. Nilai terendah terdapat pada konsentrasi zat warna 10gr dengan nilai arus 0,0000115 A, tegangan 0,2965 V dan efisiensi 0,009635%. Kemudian terjadi peningkatan dengan nilai arus sebesar 0,0000173 A, tegangan sebesar 0,3301 V, dan efisiensi sebesar 0,01692% pada konsentrasi zat warna 20gr. Pada konsentrasi zat warna 30gr mengalami peningkatan dengan nilai arus 0,0000215 A, tegangan 0,457 V dan efisiensi 0,030618%. Dan nilai tertinggi pada konsentrasi pewarna 40gr dengan nilai arus 0,0000241 A, tegangan 0,566 V dan efisiensi 0,042891%. Sedangkan pada konsentrasi zat warna 50gr terjadi penurunan dengan nilai arus sebesar 0,000023 A, tegangan sebesar 0,508 V dan efisiensi sebesar 0,035797%.
Kata kunci: Ekstrak Daun Bayam Merah, Pewarna, Efisiensi DSSC

DOI: 10.20527/jtam_rotary.v6i1.11112

How to cite: Hatib, R., Anwar, K., & Soso, A. Y., "Pengaruh Variasi Kosentrasi Pada Ekstrak Daun Bayam Merah Sebagai Dye Terhadap Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)". *JTAM ROTARY*, 6(1), 61-70, 2024.

PENDAHULUAN

Saat ini sumber energi dunia sebagian besar berasal dari energi fosil yaitu minyak bumi, batu bara dan gas. Dengan berjalannya waktu dan perkembangan teknologi, penggunaan listrik semakin meningkat, Membuat ketersediaan energi fosil semakin menipis sehingga akan mempengaruhi kelangsungan hidup manusia. Sehingga dibutuhkan sumber energi lain yang bisa dikelolah, murah, tidak mencemari lingkungan dan banyak tersedia dialam. Satu diantara sumber energi lain yang demikian adalah energi surya.

Energi matahari merupakan sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi global dalam kehidupan saat ini. Dalam kaitan ini, teknologi fotovoltaik merupakan pilihan terbaik untuk menghadapi krisis energi global karena sifatnya yang abadi. Sel surya, atau disebut juga sel photovoltaic (PV), adalah teknologi yang dapat mengubah energi matahari dalam bentuk foton menjadi energi listrik. Proses konversi energi listrik pada PV memanfaatkan foton sinar matahari pada panjang gelombang cahaya tampak untuk mengeksitasi elektron pada bahan semikonduktor sehingga terjadi aliran elektron. Untuk negara yang beriklim tropis, ndonesia menjadi salah satu sumber energi alternatif yang sangat berpotensi untuk dikembangkan (Hatib *et al*, 2021).

Alternatifnya dengan pemanfaatan cahaya matahari sebagai sumber energi listrik dengan teknologi sel surya *photovoltaic* (PV) sebagai perangkat yang bekerja dengan prinsip mengkonversi secara langsung energi cahaya matahari menjadi energi listrik (Fitria *et al*, 2016)

Material penyusun DSSC *(Dye sensitized solar cell)* antara lain elektroda kerja yang terdiri dari substrat kaca TiO_2 *(Fluorine Tin Oxide), dye* alami dan elektroda pembanding (elektroda karbon) yang terdiri dari substrak dan karbon serta elektrolit diantara kedua elektroda. Struktur lapisan sel surya (DSSC) sebagai berikut:

Substrat Kaca FTO (*Fluorine Tin Oxide*)

Substrat pada DSSC adalah lapisan film tipis (*thin film*) transparan yang bersifat konduktif. Substrat yang digunakan pada DSSC yaitu jenis FTO (*Fluorine Tin Oxide*) yang merupakan kaca transparan konduktif. Material substrat itu sendiri berfungsi sebagai badan dari sel surya dan lapisan konduktifnya berfungsi sebagai tempat muatan mengalir.

Bahan Semikonduktor

Semikonduktor ini adalah tempat melekatnya selapis *dye* yang akan tereksitasi saat dikenai cahaya. Selain menjadi tempat menempel *dye*, pita konduksi dari semikonduktor ini juga menjadi tempat "pelarian" dari elektron yang tereksitasi dari *dye* (Gong *et al*, 2017)

Dye

Pewarna (*dye*) pada DSSC merupakan salah satu komponen penting. Fungsi pewarna sendiri adalah melakukan absorbsi cahaya pada permukaan titania, sehingga pewarna mendapatkan tambahan energi dari cahaya yang di serapnya (Lahsmin *et al*, 2018). Energi yang diserap oleh atom-atom pewarna membuat atom valensi pada *dye* dalam keadaan tereksitasi. *Dye* yang digunakan dalam DSSC mempunyai gugus kromofor terkonjugasi sehingga memungkinkan terjadinya transfer elektron (Richhariya *et al*, 2017).

Elektrolit

Elektrolit merupakan salah satu bagian dari DSSC. pada aplikasi DSSC sendiri elektrolit berfungsi menggantikan kehilangan elektron pada pita HOMO dari *dye* akibat

eksitasi elektron dari pita HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) ke pita LUMO (*Lowest Unoccupuied Molekuler Orbital*) karena penyerapan cahaya tampak oleh *dye*.

Elektroda Karbon

Counter elektrode digunakan sebagai katalis dalam DSSC. Penggunaan katalis yang digunakan yaitu karbon, karbon mempunyai luas permukaan yang relatif lebih luas dibandingkan dengan platina. Mengembangkan desain DSSC dengan menggunakan *counter elektroda* karbon sebagai lapisan katalis.

Hingga saat ini, telah dilakukan penelitian dan pengembangan sel surya sensitif pewarna (DSSC) menggunakan pewarna untuk mengekstrak antosianin dan klorofil dari tumbuhan seperti ekstrak 1 gr daun kelor menggunakan tiga jenis pelarut, yaitu metanol, etanol, dan aseton. Selain itu, pada setiap pelarut, dicampurkan 5% HCL dan kadar maksimum antosianin yang diperoleh pada pelarut *acetone* yaitu 13,392 mg/100g (A. R. Ramadhanty, 2021) Penelitian selanjutnya dari ekstrak daun kelor dengan 3 konsentrasi perbandingan yaitu 1:2, 1:3 dan 1:4. Dan daun bayam merah yaitu 1:3 dengan menggunakan pelarut ethanol 70%. Didapatkan arus tertinggi pada daun bayam merah sebesar 2,397 mW (Farahdiba *et al*, 2022). Penelitian berikutnya dilakukan menggunakan ekstrak daun bayam merah sebanyak 5 gr, dengan menggunakan berbagai jenis pelarut, yaitu aquades, asam asetat, etanol, metanol, dan acetone. Setiap larutan memiliki volume sebanyak 40 ml. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan yang menggunakan pelarut acetone memiliki rasio intensitas cahaya tertinggi sebesar 3.845716 pada panjang gelombang 663 nm (Rajabiah, 2022) seperti ekstrak dari daun jarak merah menggunakan pelarut ethanol 96% dengan 7 konsentrasi sampel 25 mg/ml, 20 mg/ml, 16 mg/ml, 14 mg/ml, 12 mg/ml, 11 mg/ml dan 10 mg/ml dengan nilai arbsorbansi sebesar 2,242 a.u pada konsentrasi 25 mg/ml (Suci, 2022). Penelitian selanjutnya pada ekstrak daun pacar kuku dengan 3 konsentrasi sampel yang berbeda yaitu 2 gr/20 ml, 4 gr/20 ml, dan 6 gr/20ml, masing–masing menggunakan pelarut ethanol, dengan efisiensi tertinggi pada 6 gr yaitu 0.003366667% (Y. Kirana *et al*, 2019).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan memvariasikan jumlah daun bayam merah yang dihaluskan menggunakan blender, yaitu 10gr, 20gr, 30gr, 40gr dan 50 gr. Ekstraksi *dye* menggunakan metode maserasi dengan mencampurkan lima sampel daun bayam merah dan pelarut *acetone* masing-masing 50 ml, kemudian menyimpan ditempat gelap selama 24 jam. Pendeposisian menggunakan metode *doctor blade* melapisi bahan semikonduktor TiO_2 diatas kaca konduktif FTO kemudian diratakan memakai *scotch tape* untuk mengatur ketebalan dan luas lapisan. Elektroda kerja disintering menggunakan oven pada suhu 450^o C dan elektroda lawan dipanaskan diatas lilin untuk mendapatkan jelaga api lilin sebagai karbon. Rangkaian DSSC disusun secara seri kemudian di jepit menggunakan binder clip. Penggukuran arus dan tegangan DSSC menggunakan multi meter digital dan pengujian performansi DSSC menggunakan lampu halogen 100 watt didalam box simulator.

Prosedur Penelitian

Persiapan

Pada tahap ini dimulai dengan melakukan studi literatur. Dilakukan dengan cara mencari dari beberapa referensi maupun dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, skripsi, buku, internet dan sumber informasi lainnya.

Pembuatan *Dye*

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil tanaman bayam merah dan memisahkan daun dan tangkainya sesuai dengan kebutuhan kemudian dilanjutkan dengan Proses Ekstraksi Antosianin Dengan Metode Maserasi Pada proses ini daun bayam merah yang sudah dihaluskan kemudian ditimbang sebanyak 10 gr, 20 gr, 30 gr, 40 gr, dan 50 gr.

Gambar 1. Bayam merah

Pembuatan Elektroda Kerja

Pendeposisian Kaca FTO, Kaca FTO yang telah disiapkan sebanyak 5 buah. Tuangkan alkohol 90% ke dalam gelas kaca kimia secukupnya. Gunakan pinset untuk memasukkan kaca FTO ke dalam gelas kaca kimia yang berisi alkohol untuk membersihkan kaca dari kotoran atau material lain yang menempel pada kaca lalu Pasta TiO_2 dibuat dengan menyesuaikan kebutuhan berdasarkan jumlah kaca dan juga tebal/tipis pasta yang akan digunakan. Lalu pasta TiO_2 dilakukan pendeposisian, metode yang akan digunakan dalam pendeposisian pasta TiO_2 dilakukan dengan metode *doctor blade*. Setelah pasta TiO_2 mengering, selanjutnya lepaskan scoth tape dengan hati-hati menggunakan pinset. Kemudian masukan ke dalam *oven furnace* untuk dilakukan proses sintering dengan suhu ± 450 ^{0}C selama ± 30 menit. etelah proses sintering dilakukan, maka selanjutnya adalah proses perendaman lapisan pasta TiO_2 ke dalam larutan *dye* dari ekstrak daun bayam merah selama ± 24 jam dalam ruangan gelap.

Pembuatan Elektroda Lawan

Buat kembali seperti pada pembuatan elektroda kerja yaitu ke-empat sisi kaca FTO dilapisi dengan scotch tape dan kosongkan bagian tengahnya dengan ukuran 2cm × 2cm untuk bagian yang akan dilapisi dengan karbon. Kemudian lapisi bagian konduktif permukaan FTO dengan cara dipanaskan diatas lilin hingga terlapisi jelaga lilin secara merata. Ketika seluruh sisi konduktif sudah berwarna hitam maka sudah mendapatkan lapisan karbon.

Pemberian Elektrolit

Pembuatan larutan elektrolit yaitu dengan menggunakan *Potassium Iodide* (KI) yang dicampur (PEG) kemudian diaduk secukupnya. Setelah itu, ditambahkan Iodine (I_2) dan diaduk kembali menggunakan *magnetic stirrer* selama ±30 menit.

Perakitan DSSC

Membuat rangkaian seperti lapisan sandwich dengan menyusun secara offset elektroda kerja dengan elektroda lawan. Kemudian perakitan dilakukan untuk lima sampel elektroda kerja dan elektroda lawan yang telah dilakukan perendaman dengan variasi konsentrasi yang berbeda.

Pengujian

Pengujian Arus dan Tegangan

Hal pertama yang dilakukan untuk mengukur arus adalah dengan memutar *range switch selector* multi meter untuk mengukur arus dalam skala mikro (mA). Selanjutnya untuk mengukur tegangan adalah dengan memutar *range switch selector* multi meter untuk mengukur tegangan dalam micro (mV).

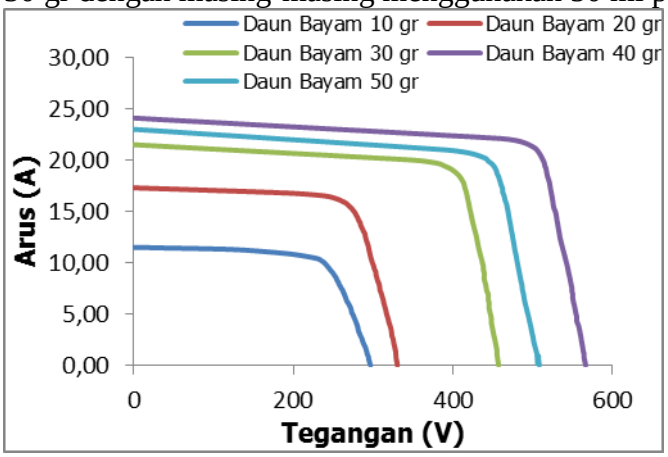
Pengujian Efisiensi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi DSSC berdasarkan variasi konsentrasi ekstrak daun bayam merah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Performansi DSSC Dengan Variasi Kosentrasi *Dye*

Pengujian dilakukan dengan mengacu pada arus dan tegangan dengan variasi kosentrasi ekstrak daun bayam merah. Pengujian performansi bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi berdasarkan nilai arus dan tegangan yang terjadi. Pengujian performansi DSSC dilakukan dengan menggunakan variasi kosentrasi daun bayam merah, yaitu 10 gr, 20 gr, 30 gr, 40 gr dan 50 gr dengan masing-masing menggunakan 50 ml pelarut *acetone*.



Gambar 2. Kurva Arus vs Tegangan dengan Variasi Kosentrasi *Dye*

Gambar 2 menunjukan kinerja DSSC dengan *dye* ekstrak daun bayam merah pada konsentrasi 10 gr mempunyai nilai tegangan sebesar 0,2965 V dan arus sebesar 0,0000115 A. Pada kosentrasi 20 gr meningkat dengan nilai tegangan sebesar 0,3301 V dan arus sebesar 0.0000173 A. Pada kosentrasi 30 gr juga meningkat dengan nilai tegangan sebesar 0,457 V dan arus sebesar 0,0000215 A. Pada kosentrasi 40 gr semakin meningkat dengan nilai tegangan sebesar 0,566 V dan arus sebesar 0,0000241 A. Kemudian pada kosentrasi 50 gr mengalami penurunan dengan nilai tegangan sebesar 0,508 V dan arus sebesar 0,000023 A.

Perhitungan Efisiensi Terhadap Kinerja DSSC

Hasil perhitungan yang telah dilakukan (tabel 1) pada lima sampel variasi kosentrasi, yaitu 10 gr, 20 gr, 30 gr, 40 gr dan 50 gr dengan masing-masing menggunakan 50 ml pelarut *acetone*. Dapat dilihat pada tabel tersebut memberikan data bahwa daun bayam merah pada kosentrasi 40 gr menghasilkan tegangan tertinggi dengan nilai 0,566 V dan arusnya 0,0000241 A. Sedangkan tegangan dan arus terendah diperoleh pada kosentrasi 10 gr dengan nilai tegangan 0,2965 V dan arusnya 0,0000115 A.

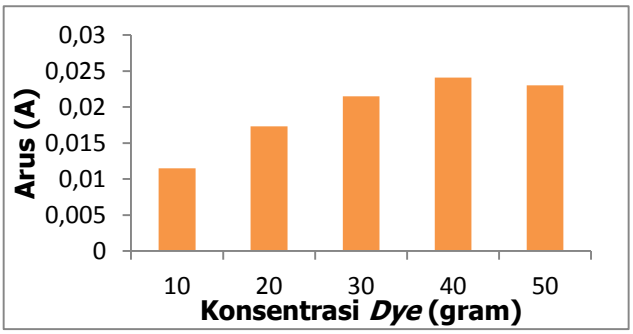
Tabel 1. Hasil perhitungan efisiensi DSSC

NO	Daun Bayam	Voc (V)	Isc (A)	Vmp (V)	Imp (A/m2)	FF	η (%)
1	10 gr	0,2965	0,0000115	0,23	0,0000104	0,701	0,009635
2	20 gr	0,3301	0,0000173	0,265	0,0000158	0,735	0,01692
3	30 gr	0,457	0,0000215	0,398	0,0000191	0,773	0,030618
4	40 gr	0,566	0,0000241	0,5	0,0000213	0,78	0,042891
5	50 gr	0,508	0,000023	0,44	0,0000202	0,76	0,035797

Tabel 1 diatas menunjukan kinerja terendah DSSC dengan *dye* ekstrak daun bayam merah pada konsentrasi 10 gr mempunyai nilai Voc (tegangan rangkaian terbuka) sebesar 0,2965 V dan Isc (arus hubung singkat) sebesar 0,0000115 A. Sedangakan untuk Vm (tegangan pada titik kerja maksimum) sebesar 0,000023 V dan Im (arus pada titik kerja maksimum) sebesar 0,0000104 A. Dengan data ini, menunjukkan bahwa DSSC mempunyai peningkatan efisiensi karena adanya penambahan *dye* ekstrak daun bayam merah.

Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap Arus DSSC

Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap Arus DSSC dapat dilihat pada Gambar 3 Menunjukkan bahwa arus terendah terdapat pada kosentrasi 10 gr dengan nilai 0,0000115 A. Pada kosentrasi 20 gr terjadi peningkatan dengan nilai arus 0,0000173 A. Diikuti kosentrasi 30 gr dengan nilai arus, yaitu 0,0000215 A. Dan arus tertinggi terjadi pada kosentrasi 40 gr dengan nilai sebesar 0,0000241 A. Hal ini disebabkan pada penambahan *dye* yang dihasilkan DSSC cukup baik, sehingga berbanding lurus dengan nilai arus yang dihasilkan Hal ini menunjukan semakin tinggi kosentrasi *dye* maka arus yang dihasilkan semakin besar.

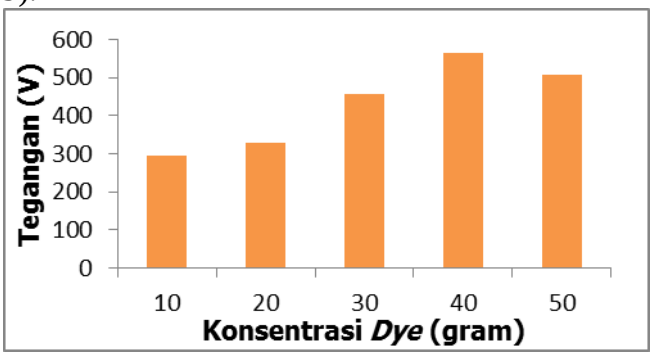


Gambar 3. Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap Arus DSSC

Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap Tegangan DSSC

Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap Tegangan DSSCP dapat dilihat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa tegangan terendah terdapat pada kosentrasi *dye* 10 gr dengan nilai 0,2965 V. Kemudian meningkat pada kosentrasi 20 gr dengan nilai 0,3301 V. Diikuti kosentrasi 30 gr dengan nilai 0,457 V. Dan tegangan tertinggi terjadi pada kosentrasi *dye* 40 gr sebesar 0,566 V. Tegangan yang dihasilkan dari pengujian performansi DSSC berbanding lurus dengan kosentrasi *dye*. hal tersebut disebabkan semakin banyak molekul *dye* yang melekat pada TiO_2 maka semakin banyak elektron pada *dye* yang dapat tereksitasi. Semakin besar konsentrasi *dye* yang dicampurkan dengan pelarut maka

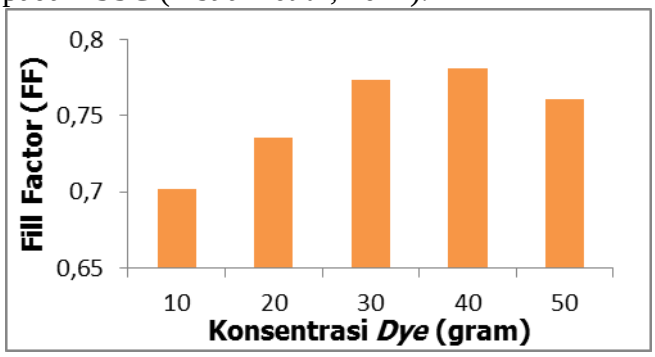
semakin pekat larutan *dye* yang didapatkan, sehingga pigmen warna yang didapatkan lebih banyak (Mursalim, 2019).



Gambar 4. Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap Tegangan DSSC

Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap *Fill Factor* DSSC

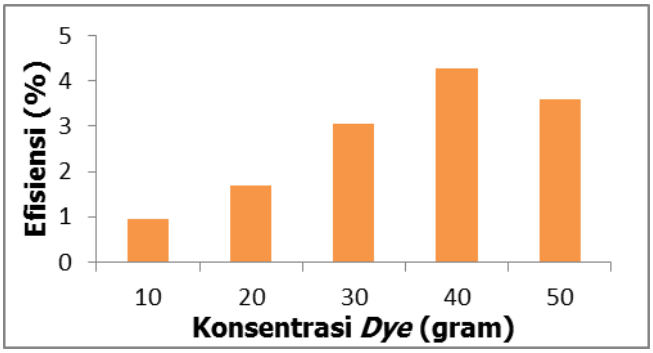
Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap *Fill Factor* DSSC Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa volume terendah terjadi pada kosentrasi 10 gr dengan nilai 0,701. Kemudian meningkat pada kosentrasi 20 gr, yaitu 0,735. Diikuti kosentrasi 30 gr dengan nilai 0,773. Dan volume maksimal (FF) tertinggi terjadi pada kosentrasi 40 gr dengan nilai 0,78. Ini menunjukkan semakin besar kosentrasi *dye* yang dihasilkan maka akan besar pula nila *fill factor* yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan nilai kosentrasi *dye* berbanding lurus dengan *nilai fill factor*. Penambahan *dye* menyebabkan absorbansi meningkat sehingga dapat meningkatkan nilai FF pada DSSC (Fistiani *et al*, 2017).



Gambar 5. Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap *Fill Factor* DSSC

Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap Efisiensi DSSC

Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap Efisiensi DSSC dapat dilihat pada Gambar 6 menunjukan bahwa nilai efesiensi terendah terdapat pada kosentrasi 10 gr yaitu 0,009635%. Kemudian pada kosentrasi 20 gr efisiensi meningkat dengan nilai 0,01692%. Diikuti peningkatan efisiensi pada kosentrasi 30 gr, yaitu 0,030618%. Dan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada kosentrasi 40 gr dengan nilai 0,042891%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kosentrasi *dye* maka semakin tinggi nilai efiesiensi yang dihasilkan.



Gambar 6. Pengaruh Kosentrasi *Dye* Terhadap Efisiensi DSSC

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tentang pengaruh variasi konsentrasi pada ekstrak daun bayam merah sebagai dye terhadap kinerja dye sensitized solar cell (DSSC), yaitu sebagai berikut:

1. Efisiensi terendah terjadi pada konsentrasi dye 10 gr dengan nilai efisiensi 0,96428283%. Kemudian terjadi peningkatan efisiensi pada konsentrasi dye 20 gr, yaitu 1,69299363%. Pada konsentrasi dye 30 gr efisiensi semakin meningkat, yaitu 3,06450052%. Dan efisiensi tertinggi terjadi pada konsentrasi dye 40 gr dengan nilai efisiensi sebesar 4,29331613%. Sedangkan pada konsentrasi dye 50 gr terjadi penurunan efisiensi yaitu 3,58300411%.
2. Tegangan terendah terdapat pada konsentrasi dye 10 gr dengan nilai tegangan 296,5 mV. Kemudian tegangan meningkat pada konsentrasi dye 20 gr yaitu 330,1 mV. Diikuti konsentrasi dye 30 gr yaitu 457 mV. Dan tegangan tertinggi terdapat pada konsentrasi dye 40 gr dengan nilai sebesar 566 mV. Sedangkan pada konsentrasi dye 50 gr terjadi penurunan nilai tegangan yaitu 508 mV.
3. Arus terendah pada konsentrasi dye 10 gr dengan nilai arus 0,0115 mA. kemudian konsentrasi dye 20 gr 0,0173 mA. Diikuti konsentrasi dye 30 gr 0,0215 mA. Dan arus tertinggi terjadi pada konsentrasi dye 40 gr dengan nilai sebesar 0,0241 mA. Sedangkan pada konsentrasi dye 50 gr terjadi penurunan arus yaitu 0,0230 mA.

REFERENSI

Farahdiba, I. A. (2018). Pemanfaatan Ekstrak Daun Kelor (Moringa oleifera. l.) Sebagai DYE Sensitizeruntukdye Sensitized Solar Cell (DSSC) (Doctoral dissertation, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta).

Fistiani, M. D., Nurosyid, F., & Suryana, R. (2017). Pengaruh Komposisi Campuran Antosianin-Klorofil sebagai Fotosensitizer terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell. Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 13(1), 19-22.

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 (Doctoral dissertation, Riau University).

Gong, J., Sumathy, K., Qiao, Q., & Zhou, Z. (2017). Review on dye-sensitized solar cells (DSSCs): Advanced techniques and research trends. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68, 234-246.

Hatib, R., Soeparman, S., Widhiyanuriyawan, D., & Hamidi, N. (2021). Performance of Perovskite Solar Cell Coated with Graphene Oxide As Hole Transport Layer. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(12), 109.

Lahsmin, Y. K., Iswadi, I., Aisyah, A., & Rahmaniah, R. (2018). Pengaruh Konsentrasi Pigmen Warna dari Daun Pacar Kuku (Lawsonia Inermis L.) Terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi, 12(2).

Mursalim, P. D. (2019). "Pengaruh Konsentrasi Larutan Dye Daun Tarum (Indigofera Tinctoria) Terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)". 1–40. http://repositori.uin-alauddin.ac.id/id/eprint/14505

Rajabiah, N., & Wahyudi, T. C. (2022). Kajian sifat listrik bayam merah dan daun kelor sebagai fotosensitizer pada DSSC solar cell. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 11(1).

Ramadhanty, A. R., & Iqbal, I. (2021). Analisa Kualitas Klorofil dan Absorbansi Daun Jarak Merah (Jatropha Gossypifolia L.) dan Daun Biduri (Calotropis Gigantea) Sebagai Bahan Pewarna Pada Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). Gravitasi, 20(2), 47-50.

Richhariya, G., Kumar, A., Tekasakul, P., & Gupta, B. (2017). Natural dyes for dye sensitized solar cell: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69, 705-718.

Suci, F. C., & Stefanie, A. (2022). Preparasi Ekstrak Bayam Merah (Amaranthus Gangeticus) Untuk Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). Jurnal Teknologi, 14(2), 147-154.