

Pengaruh Lama Variasi Waktu Perendaman Klorofil Ekstrak Pewarna Alami Terhadap Efisiensi *Dye Sensitizer Solar Cell* (DSSC)

Fernince Ina Pote¹, Hilary F. Lipikuni², Angelikus Olla³

Program Studi Fisika, Universitas San Pedro, Kota Kupang, Indonesia

Email korespondensi: fernince@gmail.com

Abstrak

Energi yang berasal dari fosil semakin berkurang dan tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu banyak para ahli mencari alternatif lain untuk menciptakan energi baru yang bersifat *renewable*, dan *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan salah satunya. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui karakterisasi sifat kelistrikan material *dye* alami yang di ekstrak dari daun Bayam (*dye Amaranthus*) yang telah dipreparasi dalam larutan *ethanol* sebagai *sensitizer* pada DSSC. Metode *spin coating* digunakan agar deposisi pada TiO_2 mendapatkan lapisan tipis yang homogen pada area aktif kaca FTO. Variasi waktu perendaman kaca FTO pada *dye* diuji karakterisasi menggunakan *I-V Meter Elkahi*, *UV-Vis 1601* dan *I-V Keithley* tipe 2602A. Hasil absorbansi *dye* berada pada panjang gelombang $400\text{ nm} - 800\text{ nm}$ dan juga terdapat pergeseran panjang gelombang dari *dye*. Efisiensi terbesar dari variasi waktu perendaman 12 jam pada klorofil *dye Amaranthus* yaitu 0,125%. Efisiensi yang tinggi pada elektroda TiO_2 dari variasi waktu menunjukkan kinerja kerja yang baik pada *Dye Sensitized Solar Cell*.

Masuk:

05 September 2022

Diterima:

14 September 2022

Diterbitkan:

21 September 2022

Kata kunci:

Dye Klorofil, *Dye Amaranthus*, *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), Metode *Spin Coating*, Pasta TiO_2

1. Pendahuluan

Manusia membutuhkan sumber energi yang berkelanjutan, dengan meningkatnya permintaan untuk energi menjadi alasan utama untuk peneliti terus menemukan energi terbarukan. Kenaikan tahunan konsumsi energi global akan mengakibatkan munculnya tuntutan terhadap sumber daya alam seperti batubara, minyak bumi dan gas alam. Sumber daya alam akan membutuhkan ribuan tahun untuk dapat terbentuk kembali dan tidak dapat diganti dengan cepat saat sedang dibutuhkan [1].

Sel surya (DSSC) merupakan salah satu tantangan besar dan ekonomi di abad ke-21. Tujuan utamanya adalah menciptakan dan menemukan konfigurasi terbaik sel surya berdasarkan bahan yang murah dan sangat efisien dalam konversi energi matahari dan selanjutnya menguji efisiensi sel surya titanium dioksida yang peka terhadap pewarna [2]. DSSC juga telah menghasilkan sel efisiensi tinggi berdasarkan Nanopartikel *Titanium Dioxide* (TiO_2) dan larutan *dye* pada kaca substrat transparan, pewarna alami dan larutan elektrolit. DSSC tersusun dari dua bagian yaitu pembangkitan muatan dilakukan pada pewarna semikonduktor dan pengangkutan muatan dilakukan oleh semikonduktor dan elektrolit yang merupakan optimasi sifat spektral dapat dilakukan dengan memodifikasi pewarna saja, sementara pembawa sifat transportasi dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan komposisi semikonduktor dan elektrolit. DSSC menarik minat yang cukup besar karena potensinya yang menjanjikan dengan fabrikasi biaya yang rendah, bersih, ramah lingkungan, terjangkau serta dapat meningkatkan kinerja DSSC yang lebih tinggi [3] dan diperkirakan akan menguasai pasar sel fotovoltaik pada masa depan [4].

Tujuan penting dalam pengembangan teknologi DSSC juga yaitu pembuatan sel surya karena keuntungannya sebagai peralatan catu daya. Desain dan aplikasi baru seperti sumber daya terbarukan dan daya untuk laptop, ponsel, jam tangan, kalkulator saku, dan lain-lain diharapkan dalam waktu dekat. Perangkat yang terkait dengan proses fotosintesis adalah DSSC, pertama kali dilaporkan oleh O'Regan dan Grätzel pada tahun 1991, dengan efisiensi konversi daya yang relatif tinggi 7,1-7,9 %. Parameter lainnya adalah rangkaian terbuka tegangan 0,65 - 0,7 V dan faktor pengisian 0,68 hingga 0,76 [5][6]. Kinerja DSSC dapat ditingkatkan dengan menggunakan *dye* alami klorofil. Larutan *ethanol* sebagai pelarut dapat mempengaruhi nilai efisiensi dari DSSC juga akan meningkat menjadi 36,11% dibandingkan dengan pelarut air biasa[7].

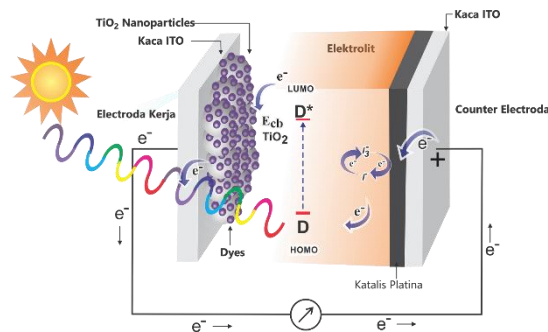
DSSC tidak terlepas dari pewarna, dalam hal ini pewarna memiliki peranan penting sebagai penyerap cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Klorofil merupakan zat hijau daun yang memiliki fungsi untuk mengadakan asimilasi karbon dalam proses fotosintesis. Zat klorofil memiliki warna hijau dan terdapat di dalam sel-sel, terutama di

daun-daun tumbuhan sehingga warna daun menjadi hijau. Klorofil yang di gunakan adalah daun Bayam [8][9][10].

2. Metode Penelitian

Daun Bayam digunakan untuk ekstraksi pewarna. Daun bayam segar diambil dan dicuci dengan benar dalam air terionisasi dan dikeringkan pada suhu ruang selama 30 menit. Daunnya kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan ditambahkan larutan *ethanol* sebagai ekstraksi pelarut. Larutan *ethanol* disimpan dalam wadah gelap agar mencegah paparan sinar matahari langsung. Larutan *dye* diaduk selama 30 menit pada *rpm* 300 kemudian dipreparasi dan disimpan dalam ruang gelap dengan suhu ruangan. Deposisi TiO_2 pada kaca substrat FTO dengan area aktif $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ menggunakan metode *spin coating* [11] lalu di *furnace* dengan suhu 400°C . Kemudian direndam dalam larutan *dye* selama 12 jam, 24 jam dan 48 jam untuk mengetahui kinerja peka *dye* pada DSSC. Karakteristik akan diukur menggunakan *Spektrofotometer Uv-Vis* uji larutan *dye* untuk mengetahui puncak gelombang dan *energy gap*. Karakteristik nilai konduktivitas menggunakan *Elkahfi 100/I-V Meter* dan setelah rangkaian DSSC terangkai dilanjutkan dengan uji karakteristik arus-tegangan menggunakan *Keithley 2602A* [12].

Prinsip kerja DSSC berbeda dari sel surya konvensional yang menggunakan *silicon*. Dalam sel surya *silicon*, proses penyerapan cahaya dan perpindahan muatannya disebabkan oleh materi yang sama. Proses ini terjadi dalam berbagai macam bahan, yang bertujuan menghindari ketidakmampuan rekombinasi elektron dan *hole*. Penyerapan cahaya dan perpindahan muatan tidak terjadi pada bahan yang sangat murni, tetapi pada bahan yang tidak terlalu murni juga sudah cukup untuk DSSC bekerja secara maksimal. Pada dasarnya prinsip kerja DSSC mengkonversi energi cahaya ke listrik dalam skala *molecular* dalam bentuk reaksi dari transfer *electron*.



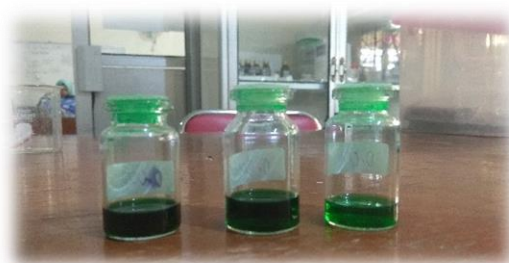
Gambar 1. Skema Prinsip Kerja DSSC

3. Hasil dan Pembahasan

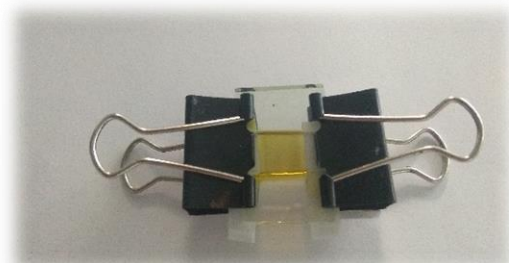
DSSC yang digunakan adalah sistem struktur *sandwich* yang tersusun dari material organik *dye* (zat warna) dan beberapa komponen lain yaitu semikonduktor oksida, elektrolit dan substrat. Elektroda kerja berupa kaca konduktif FTO yang telah dilapisi TiO_2 yang sudah direndam dengan *dye Amaranthus* yang diekstrak dengan pelarut *ethanol* dapat menyerap dan meneruskan *spectrum* cahaya tampak. Pengujian menggunakan alat *Spectrophotometer Uv-Visible* 1601 pada rentang panjang gelombang $400\text{ nm} - 800\text{ nm}$. Hasil Puncak gelombang absorpsi dan karakterisasi *spectrum* absorpsi dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 3.



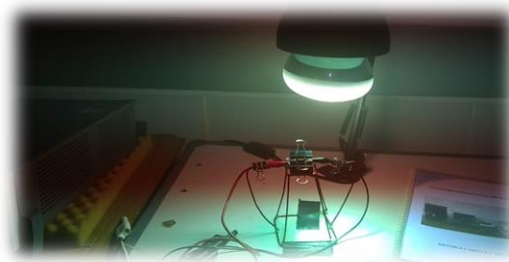
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Gambar (a) – (d) adalah Proses Ekstraksi *Dye Amaranthus* – Uji I-V DSSC

Hasil Puncak gelombang absorbansi, karakterisasi konduktivitas dan nilai efisiensi dapat dilihat pada tabel 1 sampai tabel 3 dibawah ini

Tabel 1. Puncak Gelombang

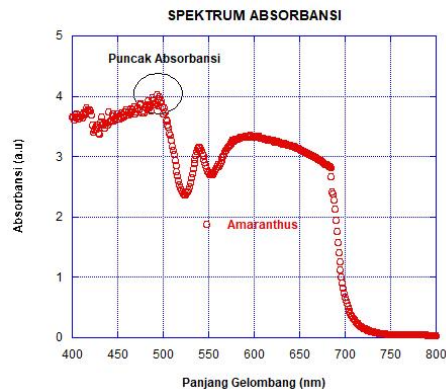
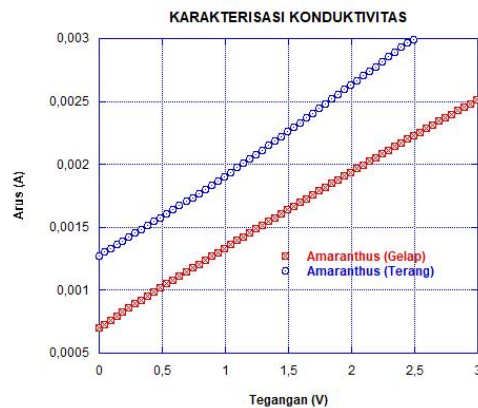
| <i>Dye</i> | λ (nm) |
|-------------------|----------------|
| <i>Amaranthus</i> | 493 |

Tabel 2. Nilai Konduktivitas *Dye Amaranthus*

| <i>Dye</i> | Konduktivitas Keadaan Gelap ($\Omega^{-1}m^{-1}$) | Konduktivitas Keadaan Terang ($\Omega^{-1}m^{-1}$) | Δ Konduktivitas ($\Omega^{-1}m^{-1}$) |
|-------------------|---|--|--|
| <i>Amaranthus</i> | 0.053 | 0.084 | 0.031 |

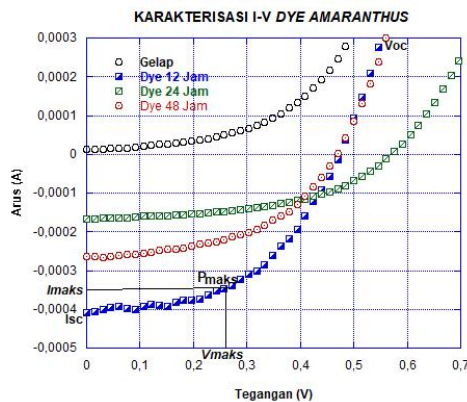
Tabel 3. Nilai Karakterisasi *Amaranthus* Uji DSSC

| No | <i>Dye</i> | V_{oc} (mV) | $I_{sc} \times 10^4$ (mA) | Fill Factor | Efisiensi (%) |
|----|------------|---------------|---------------------------|-------------|---------------|
| 1 | 12 Jam | 0.50 | 0.57 | 0.41 | 0.12 |
| 2 | 24 Jam | 0.57 | 0.16 | 0.51 | 0.04 |
| 3 | 48 Jam | 0.48 | 0.25 | 0.51 | 0.06 |

Gambar 3. Karakterisasi Spektrum Absorbansi *dye Amaranthus*Gambar 4. Karakterisasi Konduktivitas Keadaan Gelap dan Terang *dye Amaranthus*

Nilai konduktivitas dapat dilihat pada tabel 2 dan Karakterisasi Konduktivitas pada keadaan gelap dan terang dapat dilihat pada gambar 4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa baik pada keadaan gelap atau pada keadaan terang mampu menghantarkan arus listrik dan elektron secara lebih baik.

Karakterisasi arus-tegangan merupakan suatu metode untuk mengetahui kinerja dari *Dye Sensitized Solar Cells* seberapa besar kemampuan DSSC dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik pada kondisi gelap dan terang dibawah penyinaran lampu halogen. Diperoleh hasil dari variasi waktu perendaman dapat dilihat tabel 3 dan gambar 5. Waktu perendaman kaca FTO yang menghasilkan nilai efisiensi tertinggi yang *dye Amaranthus* pada perendaman 12 jam. Semakin lama waktu perendaman kepekaan nya semakin berkurang tetapi tidak terlalu kecil.

Gambar 5. Karakteristik Arus - Tegangan DSSC *dye Amaranthus*

Berdasarkan tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran efisiensi dari pembuatan DSSC yang tersintesis oleh *dye Amaranthus* dengan intensitas pencahayaan sebesar 1000 w/m^2 dapat dilihat bahwa DSSC yang menghasilkan performa efisiensi sebesar 0,12 %. Efisiensi yang dihasilkan pada penelitian ini masih relatif rendah, hal ini dikarenakan material organik memiliki mobilitas rendah, mudah terkontaminasi dan besarnya hambatan yang harus dilalui oleh elektron yang di injeksi dari hasil *dye Amaranthus* dalam lapisan semikonduktor. Dengan demikian akan berdampak kecil jumlah elektron yang mengalir ke dalam rangkaian luar. Selain itu guna meningkatkan kinerja diperlukan perbaikan struktur masing-masing komponen DSSC agar diperoleh persambungan *interface* yang lebih baik dan mengurangi cacat yang terbentuk antara lapisan (*interface*).

Elektrolit yang digunakan adalah elektrolit cair, cepat menguap dan cepat teroksidasi dapat menghasilkan katalis transfer yang kurang maksimal. Sehingga dalam pemakaian elektrolit harus benar-benar diperhatikan kebersihan pipet dan cara meneteskan elektrolit pada FTO. *Platina* (Pt) berfungsi sebagai katalis, yang mempercepat aliran *electron* menuju elektrolit. Sehingga didalam elektrolit terjadi reaksi reduksi oksidasi yang berulang-ulang.

4. Kesimpulan

Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) menggunakan bahan ekstraksi bahan organik telah difabrikasi. Dengan adanya arus dan tegangan yang dihasilkan. Luasan kurva menunjukkan DSSC dari ekstrak bahan organik dengan metode perendaman menghasilkan kurva *I-V* baik. Elektroda lawan merupakan salah satu komponen penting yang tidak biasa dilepaskan pada struktur DSSC. Pemberian Pt (*Hexachloroplatinic* (IV) *acid* 10%) pada elektroda lawan memberikan performa yang lebih baik pada DSSC. Pt (*Hexachloroplatinic* (IV) *acid* 10%) berfungsi sebagai katalis dalam mempercepat reaksi redoks dengan elektrolit. Efisiensi yang dihasilkan oleh masing-masing bahan organik.

Hasil *spectrum* absorpsi yang diperoleh terdapat penyerapan cahaya pada rentang panjang gelombang $400 \text{ nm} - 800 \text{ nm}$ yaitu *dye Amaranthus* 493 nm . Penyerapan cahaya *dye Amaranthus* sangat efektif. Nilai uji *Keithley* variasi waktu perendaman, nilai efisiensi terbesar yaitu pada perendaman 12 jam *dye Amaranthus* sebesar 0,12 %. Semakin lama waktu perendaman klorofil *dye* mengakibatkan kinerja yang kurang baik terhadap kepekaan *dye* pada DSSC. Hal yang perlu disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah memperbaiki struktur DSSC agar dihasilkan kinerja dan efisiensi yang lebih baik. Menggunakan elektroda lawan dari material lain yang memiliki konduktivitas dan sifat katalis yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] A. N. B. Zulkifili, T. Kento, M. Daiki, and A. Fujiki, "The Basic Research on the Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC)," *J. Clean Energy Technol.*, vol. 3, no. 5, pp. 382–387, 2015, doi: 10.7763/jocet.2015.v3.228.
- [2] A. A. Mohammed, A. S. S. Ahmad, and W. A. Azeez, "Fabrication of Dye Sensitized Solar Cell Based on Titanium Dioxide (TiO_2)," *Adv. Mater. Phys. Chem.*, vol. 05, no. 09, pp. 361–367, 2015, doi: 10.4236/ampc.2015.59036.
- [3] F. Paquin, J. Rivnay, A. Salleo, N. Stingelin, and C. Silva, "Multi-phase semicrystalline microstructures drive exciton dissociation in neat plastic semiconductors," *J. Mater. Chem. C*, vol. 3, pp. 10715–10722, 2015, doi: 10.1039/b000000x.
- [4] B. Munkhbayar *et al.*, "Photovoltaic performance of dye-sensitized solar cells with various MWCNT counter electrode structures produced by different coating methods," *Electrochim. Acta*, vol. 80, pp. 100–107, 2012, doi: 10.1016/j.electacta.2012.06.127.
- [5] F. I. Pote, A. Supriyanto, F. Nurosyid, and D. Kurniawan, "Performance of natural chlorophyll *Amaranthus* and Carica *Papaya* dye on TiO_2 coating in the making of dye sensitized solar cell (DSSC) through the spin coating method," *J. Phys. Theor. Appl.*, vol. 3, no. 2, p. 69, 2019, doi: 10.20961/jphys theor-appl.v3i2.38292.
- [6] L. F. Ichsari *et al.*, "Studi Komparasi Hasil Pengolahan Pasang Surut Dengan 3 Metode (Admiralty, Least Square Dan Fast Fourier Transform) Di Pelabuhan Malahayati, Banda Aceh," *Indones. J. Oceanogr.*, vol. 2, no. 2, pp. 121–128, 2020, doi: 10.14710/ijoce.v2i2.7985.
- [7] R. Syafinar, N. Gomesh, M. Irwanto, M. Fareq, and Y. M. Irwan, *Potential of Purple Cabbage, Coffee, Blueberry and Turmeric as Nature Based Dyes for Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*, vol. 79. Elsevier B.V., 2015. doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.569.
- [8] F. I. Pote, A. Supriyanto, F. Nurosyid, N. E. Diyanahesa, and A. H. Ramelan, "Performance of DSSC transparent

- based on hybrid Dn-F015 with spinach chlorophyll dye,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2202, no. December, 2019, doi: 10.1063/1.5141625.
- [9] S. Çakar, N. Güy, M. Özacar, and F. Findik, “Investigation of Vegetable Tannins and Their Iron Complex Dyes for Dye Sensitized Solar Cell Applications,” *Electrochim. Acta*, vol. 209, pp. 407–422, 2016, doi: 10.1016/j.electacta.2016.05.024.
- [10] A. Hfii Ahliha, F. Nurosyid, and A. Supriyanto, “Kajian pH Klorofil Terhadap Ikatan Kimia Dye pada TiO₂ sebagai Aplikasi Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC),” *J. Fis. dan Apl.*, vol. 14, no. 1, p. 16, 2018, doi: 10.12962/j24604682.v14i1.3163.
- [11] S. Agustini, “Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (Dssc) Berdasarkan Fraksi Volume Tio₂ Anatase-Rutile Dengan Garcinia Mangostana Dan Rhoec Spathacea Sebagai Dye Fotosensitizer,” *J. Tek. ITS*, vol. 2, no. Vol 2, No 2 (2013), pp. B131–B136, 2013, [Online]. Available: <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/3478>
- [12] I. Iwantono, F. Anggelina, P. Nurrahmawati, F. Y. Naumar, and A. A. Umar, “Optimalisasi Efisiensi Dye Sensitized Solar Cells Dengan Penambahan Doping Logam Aluminium pada Material Aktif Nanorod ZnO Menggunakan Metode Hidrotermal,” *J. Mater. dan Energi Indones.*, vol. 06, no. 01, p. 37, 2016.