

Kajian sifat listrik bayam merah dan daun kelor sebagai fotosensitizer pada DSSC solar cell

Nurlaila Rajabiah^{1*}, Tri Cahyo Wahyudi²

^{1,2}Departement of Mechanical Engineering, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara No. 166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia
^{*}Corresponding author: nurlailarajabiah@gmail.com

Abstract

DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) uses dye as a sensitizer material which is used as an electron donor to TiO₂ nanoparticles and uses an electrolyte as an electron transport medium. One of the dye extracts of purple spinach and moringa leaves used as a photosensitizer is chlorophyll extract or anthocyanin. The nature of chlorophyll which is able to absorb light is a function of the dye in DSSC. Making Moringa leaf and red spinach leaf dye after being blended, dried and ground into powder. Then the Moringa leaf powder was mixed with 70% ethanol with the ratio of Moringa leaves and ethanol, namely 1:2, 1:3, and 1:4. Meanwhile, red spinach leaf powder was mixed with ethanol solution in a ratio of 1:3. DSSC fabrication shows that the voltage, current, and power produced increases with the increasing amount of ethanol used, namely 1.879 mW, 1.573 mW, and 1.98 mW. Meanwhile, red spinach leaves mixed with ethanol in a ratio of 1:3 showed that the results were higher than Moringa leaves. So from the results of DSSC Solar Cell fabrication using Moringa leaves and red spinach leaves, it shows that there is light absorption from these materials and an increase in the conductive properties of Moringa and red spinach DSSCs.

Keywords: DSSC, Moringa leaves, red spinach, Ethanol.

Abstrak

DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) menggunakan dye sebagai material sensitizer yang dijadikan donor elektron pada partikel nano TiO₂ dan menggunakan elektrolit sebagai medium transport elektron. Ekstrak dye daun bayam ungu dan daun kelor yang digunakan sebagai fotosensitizer salah satunya berupa ekstrak klorofil atau anthosianin. Sifat dari klorofil yang mampu menyerap cahaya merupakan fungsi dari dye pada DSSC. Pembuatan dye daun kelor dan daun bayam merah setelah diblender, dikeringkan dan ditumbuk menjadi serbuk. Kemudian serbuk daun kelor dicampurkan dengan ethanol 70% dengan perbandingan daun kelor dan ethanol yaitu 1:2, 1:3, dan 1:4. Sedangkan serbuk daun bayam merah dicampurkan dengan larutan ethanol dengan perbandingan 1:3. Fabrikasi DSSC menunjukkan bahwa tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan semakin meningkat dengan makin banyaknya ethanol yang digunakan yaitu 1,879 mW, 1,573 mW, dan 1,98 mW. Sedangkan Daun bayam merah yang dicampurkan dengan ethanol dengan perbandingan 1:3 menunjukkan bahwa hasilnya lebih tinggi daripada daun kelor. Sehingga dari hasil fabrikasi DSSC Solar Cell menggunakan daun kelor dan daun bayam merah menunjukkan adanya serapan cahaya dari bahan tersebut dan peningkatan sifat konduktif DSSC daun kelor dan bayam merah.

Kata kunci: DSSC, daun kelor, bayam merah, Ethanol.

Pendahuluan

DSSC menggunakan dye sebagai material sensitizer yang dijadikan donor elektron pada partikel nano TiO₂ dan menggunakan elektrolit sebagai medium

transport elektron. Material semikonduktor TiO₂ (Titanium Oksida) memiliki struktur mesopori. Semikonduktor titania memiliki energi gap sebesar 3,2 eV dan menyerap sinar pada daerah ultraviolet. Material ini

dipilih selain karena memiliki banyak keuntungan diantaranya murah, pemakaian luas, tidak beracun, serta banyak pula digunakan sebagai bahan dasar pembuatan produk-produk kesehatan serta sebagai pigmen cat [1].

TiO₂ yang diaplikasikan pada DSSC harus dipreparasi pada permukaan yang luas sehingga dye terabsorpsi lebih banyak. Hal ini diharapkan mampu meningkatkan photocurrent. Utama lainnya adalah penggunaan dye mampu menyerap spektrum cahaya yang lebar dan sesuai dengan pita energi TiO₂ [2]. Dye dapat berupa dye alami maupun dye sintesis.

Ekstrak dye atau pigmen tumbuhan yang digunakan sebagai fotosensitizer salah satunya berupa ekstrak klorofil [3] atau anthosianin [4]. Pada proses fotosintesis, klorofil berperan sebagai penyerap cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia yang dibutuhkan pada tumbuhan. Sifat dari klorofil yang mampu menyerap cahaya merupakan fungsi dari dye pada DSSC. Pada artikel ini dye yang akan digunakan yaitu dari Bayam Merah (*Amaranthus Tricolor L.*) dan Daun Kelor (*Moringa Oleifera L.*) sebagai Fotosensitizer pada fabrikasi DSSC *Solar Cell*. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengisolasi klorofil sehingga mampu menjadi dye pada system DSSC, mengetahui karakteristik I-V DSSC menggunakan dye klorofil dari isolasi klorofil bayam ungu dan daun kelor.

Tinjauan Pustaka

Energi

Ada banyak sumber-sumber energi utama dan digolongkan menjadi dua kelompok besar yang dibahas pada alinea-alinea berikut: Energi konvensional adalah energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diregenerasi. Sumber-sumber energi ini akan berakhir cepat atau lambat dan berbahaya bagi lingkungan. Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air dan dapat dihasilkan lagi dan lagi. Sumber akan selalu tersedia dan tidak

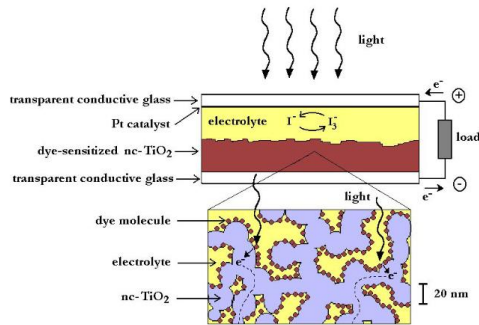
merugikan lingkungan. Sumber-sumber energi Konvensional dan Terbarukan bisa dikonversikan menjadi sumber-sumber energi sekunder, seperti listrik. Listrik berbeda dari sumber-sumber energi lainnya dan dinamakan sumber energi sekunder atau pembawa energi karena dimanfaatkan untuk menyimpan, memindahkan atau mendistribusikan energi dengan nyaman. Sumber energi primer diperlukan untuk menghasilkan listrik.

Energi terbarukan adalah sumber-sumber energi yang bisa habis secara alamiah. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal: matahari, angin, sungai, tumbuhan dsb. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini. Ada beragam jenis energi terbarukan, namun tidak semuanya bisa digunakan di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Tenaga Surya, Tenaga Angin, Biomassa dan Tenaga Air adalah teknologi yang paling sesuai untuk menyediakan energi di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Berbagai energi terbarukan Matahari terletak berjuta-juta kilometer dari Bumi (149 juta kilometer) akan tetapi menghasilkan jumlah energi yang luar biasa banyaknya. Energi yang dipancarkan oleh matahari yang mencapai Bumi setiap menit akan cukup untuk memenuhi kebutuhan energi seluruh penduduk manusia di planet kita selama satu tahun, jika bisa ditangkap dengan benar seperti pemanfaatannya pada panel surya yang menyerap cahaya matahari untuk menghasilkan energi.

DSSC

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), sejak pertama kali ditemukan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC bahan disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silicon. Penemuan Gratzel tersebut berhubungan dengan penerapan prinsip efisiensi kompleks ruthenium untuk mengaktifkan semikonduktor oksida, yang

sangat sensitif di daerah cahaya tampak (visible region). DSSC terdiri dari sebuah elektrode kerja, sebuah counter electrode dan sebuah elektrolit. Zat warna dari kompleks ruthenium melekat pada pori nanokristal dari film semikonduktor, misalnya TiO₂ yang merupakan elektroda kerja. Sebuah kaca konduktif platina sebagai counter electrode dan larutan I³⁻ /I⁻ sebagai elektrolit [5].



Gambar 1. Struktur dan komponen DSSC [5]

Absorpsi cahaya dari DSSC dilakukan oleh molekul dye dan separasi muatan oleh injeksi elektron dari dye pada TiO₂ di permukaan elektrolit semikonduktor. Dengan struktur pori yang nano maka permukaan dari TiO₂ menjadi luas sehingga memperbanyak dye yang terabsorpsi dan akan meningkatkan efisiensi. Meskipun hanya selapis dye, dapat mengabsorpsi kurang dari 1% dari cahaya yang datang [1]. Saat penyusunannya, molekul dye menjadi sebuah lapisan dye yang tebal. Lapisan tersebut mampu meningkatkan kemampuan optis DSSC. kontak langsung antara molekul dye dengan permukaan elektrode semikonduktor dapat memisahkan muatan dan berkontribusi pada pembangkit arus.

Lapisan TiO₂

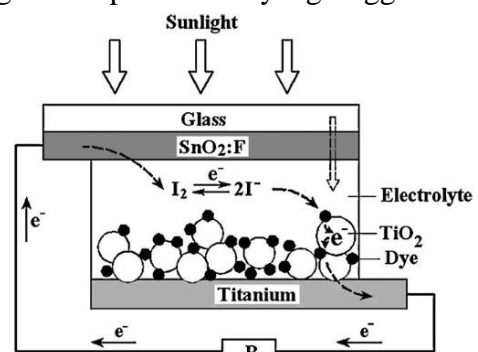
Aplikasi TiO₂ sebagai semikonduktor telah banyak dilaporkan. Berbagai metode dilakukan dalam aplikasi pemanfaatan TiO₂ pada DSSC diantaranya tentang preparasi TiO₂ dengan metode Micro-Plasma oxidation (MPO) [6]. TiO₂ dengan struktur nanopori yaitu ukuran pori dalam skala nano akan menaikkan kinerja sistem karena struktur nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi sehingga akan menaikkan jumlah dye yang terserap yang

implikasinya akan menaikkan jumlah cahaya yang diserap material tersebut.

Fungsi absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul dye yang terabsorpsi pada permukaan TiO₂. Dye yang umumnya digunakan dan mencapai efisiensi paling tinggi yaitu jenis ruthenium complex. Walaupun DSSC menggunakan ruthenium complex telah mencapai efisiensi yang cukup tinggi, namun dye jenis ini cukup sulit untuk disintesa dan ruthenium complex komersial berharga mahal. Sebuah kelompok studi di Jepang, telah mencoba lebih dari dua puluh jenis dye alami dari ekstrak tumbuhan sebagai fotosensitizer pada sistem sel surya ini, diantaranya adalah kol merah, kunyit, teh hijau, dan sebagainya.

Ekstrak dye atau pigmen tumbuhan yang digunakan sebagai fotosensitizer berupa ekstrak klorofil [2], karoten [6] atau antosianin [4].

Fabrikasi DSSC di laboratorium yaitu menggabungkan dua kaca dengan lapisan yang berbeda dengan struktur sandwich, sebagai substrat dan superstrat, yang salah satunya yaitu lapisan TiO₂ dimana cahaya masuk dan yang lainnya yaitu counter-electrode yang dilapisi katalis contohnya platina. Untuk meminimalisasi biaya produksi pada skala massal, satu sel bisa dideposisikan secara langsung antara kaca dengan luas permukaan yang tinggi.



Gambar 2. Struktur DSSC [6]

Untuk mengadaptasi proses produksi sel surya lapisan tipis sehingga lebih mudah mencapai tahap komersialisasi. Pada struktur monolithic, semua lapisan dari sel dapat dideposisikan masing-masing diatas yang lainnya pada satu kaca yang dilapisi TCO, sedangkan satu kaca lain yang

berlawanan hanya berfungsi sebagai pelindung dan enkapsulasi.

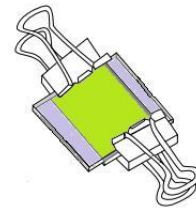
Metode Penelitian

Proses penelitian diawali dengan pembuatan dye dari daun bayam ungu dan daun kelor. Daun bayam dan daun kelor yang telah diekstrak kemudian dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui nilai absorbansi dan gugus fungsional kedua bahan alam tersebut. Dan juga diuji sifat listriknya menggunakan multimeter digital. Setelah dye dibuat, kemudian mulai pembuatan lapisan DSSC yaitu berupa logam oksida nanokristal TiO_2 , molekul zat warna (*dye*), dan elektrolit yang mengandung pasangan redoks KI. Ketiga komponen ini memiliki peranan penting dalam menghasilkan efisiensi konversi energi sistem DSSC. Kemudian dilakukan pengujian karakteristik I-V DSSC dengan dye bayam ungu dan daun kelor. Hasil pengujian yang telah dilakukan dianalisis, dibandingkan hasil yang diperoleh dari kedua bahan *dye* dan membuat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimental dengan variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu karakteristik fotosensitizer yaitu daun bayam ungu dan daun kelor. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu pembuatan lapisan DSSC. Variabel terkontrol dalam penelitian ini yaitu pelarut dye yang digunakan berupa ethanol, dan logam oksida nanokristal yang digunakan yaitu TiO_2 . TiO_2 dicampurkan dengan air secukupnya untuk membuat pasta, tidak terlalu cair dan tidak terlalu pekat. Pasta TiO_2 kemudian dideposisikan pada kaca konduktif dengan metode *doctor blade*. Kemudian dikeringkan selama 1 jam pada suhu ruang dibawah sinar matahari.

Pembuatan dye daun kelor dan daun bayam merah setelah diblender, dikeringkan dan ditumbuk menjadi serbuk. Kemudian serbuk daun kelor dicampurkan dengan ethanol 70% dengan perbandingan daun kelor dan ethanol yaitu 1:2, 1:3, dan 1:4. Sedangkan serbuk daun bayam merah

dicampurkan dengan larutan ethanol dengan perbandingan 1:3. Setelah dicampurkan, kemudian disaring dengan kertas saring, dan ekstrak dye di tambahkan diatas kaca konduktif yang telah ditambahkan pasta TiO_2 . Kaca konduktif yang masih bersih dilapisi dengan grafit lalu dibuat struktur sandwich, dan dijepit dengan klip disisi kanan dan kiri. Setelah itu, dicelah kedua kaca disisipkan larutan elektrolit KI sebagai elektrolit redoks, untuk meningkatkan konduktifitas listriknya.



Gambar 3. Kontak pada konstruksi sel surya

Pengujian karakteritik I-V DSSC Pengujian DSSC dengan hubungan I-V saat kondisi dibawah cahaya lampu. Hal ini akan menunjukkan ada tidaknya sifat fotokonduktivitas DSSC.

Hasil dan Pembahasan

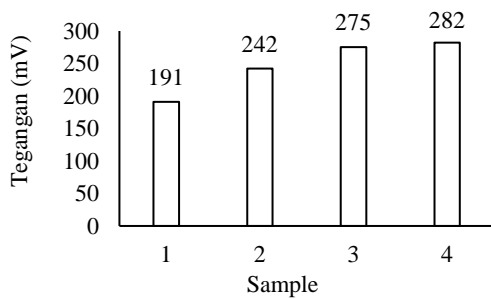
Data hasil penelitian yang diperoleh yaitu pengukuran I-V dan daya yang diperoleh pada masing-masing sampel. Rata-rata hambatan yang diperoleh dari pengukuran menggunakan multimeter pada kaca konduktif diperoleh 15,2 ohm. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Data Hasil DSSC daun kelor dan bayam merah

Sample	Klorofil Dye	Tegangan (mV)	Arus (mA)	Daya (mW)
Daun Kelor: Ethanol				
1	1:2	191	0,0046	0,879
2	1:3	242	0,0065	1,573
3	1:4	275	0,0072	1,98
Daun Bayam Merah : Ethanol				
4	1:3	282	0,0085	2,397

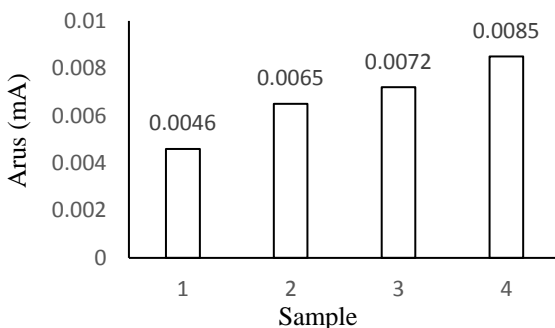
Data hasil penelitian yang diperoleh dari pengukuran nilai I-V tampak bahwa semalkin besar perbandingan dye dan ethanol, nilai tegangan dan arusnya semakin tinggi. Maka nilai konduktifitasnya pun

meningkat. Dapat dilihat dengan jelas dari grafik tegangan berikut ini:



Gambar 4. Tabel nilai tegangan (mV) dengan variasi campuran dye dan ethanol

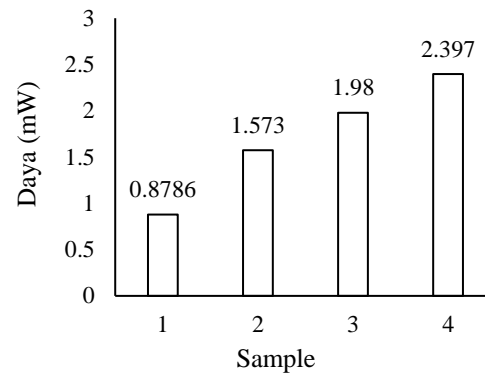
Dari data diatas dapat dilihat bahwa serbuk daun kelor yang dilarutkan dengan ethanol dengan perbandingan 1:2, 1:3, dan 1:4, menunjukkan hasil yg semakin meningkat dengan makin banyaknya ethanol yang digunakan. Sedangkan Daun bayam merah yang dicampurkan dengan ethanol dengan perbandingan 1:3 menunjukkan bahwa hasil tengannya 282 mV, yaitu lebih tinggi daripada daun kelor yaitu 242 mV. Selanjutnya Arus yang diperoleh dapat dilihat pada grafik berikut pada Gambar 5.



Gambar 5. Tabel nilai arus (mA) dengan variasi campuran dye dan ethanol

Data diatas dapat dilihat bahwa serbuk daun kelor yang dilarutkan dengan ethanol dengan perbandingan 1:2, 1:3, dan 1:4, menunjukkan bahwa arus yang dihasilkan semakin meningkat dengan makin banyaknya ethanol yang digunakan. Sedangkan Daun bayam merah yang dicampurkan dengan ethanol dengan perbandingan 1:3 menunjukkan bahwa hasilnya 0,0085 mA, yaitu lebih tinggi daripada daun kelor yaitu 0,0065 mV. Pada penelitian ini juga kita dapat melihat

bagaimana daya yang diperoleh dari hasil penelitian dengan menggunakan perhitungan daya $(P) = V \times I$. Sehingga daya yang dihasilkan dari fabrikasi DSSC solar cell dapat dilihat pada grafik berikut pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Tabel nilai daya (mW) dengan variasi campuran dye dan ethanol.

Serbuk daun kelor yang dilarutkan dengan ethanol dengan perbandingan 1:2, 1:3, dan 1:4, menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan semakin meningkat dengan makin banyaknya ethanol yang digunakan yaitu 1,879 mW, 1,573 mW, dan 1,98 mW. Sedangkan Daun bayam merah yang dicampurkan dengan ethanol dengan perbandingan 1:3 menunjukkan bahwa hasilnya 2,397 mW, yaitu lebih tinggi daripada daun kelor yaitu 1,573 mW.

Kesimpulan

Dari hasil data dan pembahasan yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa serbuk daun kelor yang dilarutkan dengan ethanol dengan perbandingan 1:2, 1:3, dan 1:4, menunjukkan bahwa tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan semakin meningkat dengan makin banyaknya ethanol yang digunakan yaitu 1,879 mW, 1,573 mW, dan 1,98 mW. Sedangkan Daun bayam merah yang dicampurkan dengan ethanol dengan perbandingan 1:3 menunjukkan bahwa hasilnya lebih tinggi daripada daun kelor. Sehingga dari hasil fabrikasi DSSC Solar Cell menggunakan daun kelor dan daun bayam merah menunjukkan adanya serapan cahaya dari bahan tersebut dan peningkatan sifat

konduktif DSSC daun kelor dan bayam merah.

Referensi

- [1] Gratzel, M. 2003. *Dye-Sensitized Solar Cell. Journal of Photochemistry and Photobiology C:Photochemistry Reviews* 4 hal 145-153.
- [2] Amoa Y., Yamada Y., Aoki K. 2003. *Preparation And Properties Of Dye-Sensitized Solar Cell Using Chlorophyll Derivative Immobilized Tio2 Film Electrode. Journal of Photochemistry and Photobiology A : Chemistry* 164 hal 47-51
- [3] Sasaki Shin-Ichi, dkk. 2008. *Syntesis, Modification, And Optical Properties Of C3-Ethynylated Chlorophyll Derivatives. Tetrahedron Letters* 49. Hal 4133-4115.
- [4] Wongcharee K., 2006. *Dye-Sensitized Solar Cell using natural dyes extracted from rosella and blue pea flowers.* Elsevier. doi:10.1016/j.solmat.2006.11.005
- [5] Halme J., 2002, *Dye sensitized Nanostructured and Organic Photovoltaic Cells : Technical Review And Preliminary Test*, Master Thesis of Helsinki University of Technology
- [6] Wang Song, dkk. 2007. *TiO2 films prepared by micro-plasma oxidation method for dye-sensitized solar cell. Electrochimia Acta* 53. Hal 1883-1889.
- [7] Budiyanto, E. (2020). *Pengujian Material*. Laduny Alifatama.
- [8] Billy Permadi, A., & Budiyanto, E. Proses elektroplating nikel dengan variasi jarak anoda katoda dan tegangan listrik pada baja ST-41.
- [9] Budiyanto, E., Yuono, L. D., Bahfie, F., & Sulistiyo, D. (2021). Ekstraksi limonit dengan metode dua tahap reduksi selektif dan magnetic separation dengan variasi waktu tahan dan suhu rendah. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(1).
- [10] Wijanarko, N., Asroni, A., & Budiyanto, E. (2021). Pengaruh waktu pelapisan terhadap ketebalan dan kuat lekat pada baja karbon rendah dengan proses elektroplating. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2(2), 67-75.
- [11] Asroni, A., Budiyanto, E., Wahyudi, T. C., & Suarca, I. W. (2021). Pengaruh temperatur elektrolit terhadap ketebalan dan kuat lekat baja karbon rendah pada proses elektroplating. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2).
- [12] Budiyanto, E., & Yuono, L. D. (2018). Peranan aerasi sel elektrolisis dalam pembentukan pori pada proses anodizing logam aluminium. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2).
- [13] Permadi, B., Asroni, A., & Budiyanto, E. (2020). Proses elektroplating nikel dengan variasi jarak anoda katoda dan tegangan listrik pada baja ST-41. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(2).