

Karakteristik Kelistrikan *Dye-Sensitized Solar Cells* Dengan Menggunakan 3 Jenis Semikonduktor TiO₂

Fauzan Muhammad Rabbani*, Yuyu Rachmat Tayubi, Andhy Setiawan*

Program Studi Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung 40154,
Indonesia

*Corresponding author. E-mail: fauzanmrabbani@gmail.com, andhys@upi.edu
hp: +62-85722576554

ABSTRAK

Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC) merupakan sel surya yang memiliki beberapa keunggulan, diantaranya biaya produksinya yang relatif murah dan bahan-bahannya mudah diperoleh. DSSC adalah susunan dari Semikonduktor TiO₂ yang melekat pada elektroda kaca FTO, dye kunyit (*Curcuma longa*) digunakan sebagai sensitizer, karbon sebagai katalis yang melekat pada elektroda kaca FTO lainnya dan larutan elektrolit yang berada di antara dua elektroda kaca FTO. Pada penelitian ini digunakan 3 jenis semikonduktor TiO₂ yang berbeda tingkat kemurniannya, yaitu semikonduktor TiO₂ kemurnian 99%, semikonduktor TiO₂ kemurnian 95%, dan semikonduktor TiO₂ kemurnian 95% hasil penggerusan 24 jam atau Milling. Pengujian karakteristik kelistrikan dibutuhkan untuk menentukan perhitungan nilai I_{sc}, V_{oc}, I_{max}, V_{max}, Fill Factor dan efisiensi DSSC. Pengujian kelistrikan tersebut menggunakan multimeter digital dan lampu proyektor OHP 100 W/m². Didapatkan hasil efisiensi DSSC dengan TiO₂ kemurnian 99% sebesar 0.0115%, TiO₂ kemurnian 95% sebesar 0.0076%, dan TiO₂ kemurnian 95% Milling sebesar 0.0134%.

Kata Kunci: DSSC; *Curcuma longa*; Titanium Oksida kemurnian 99%; Titanium Oksida kemurnian 95%; Titanium Oksida kemurnian 95% hasil milling.

ABSTRACT

Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC) is a solar cell that has several advantages, including the production costs which are relatively cheap and the ingredients are easily obtained. DSSC is formed of TiO₂ Semiconductors attached to FTO glass electrodes, dye turmeric (*Curcuma longa*) is used as a sensitizer, carbon as a catalyst attached to another FTO glass electrodes and electrolyte solutions between two FTO glass electrodes. In this study 3 types of TiO₂ semiconductors were used which differed purity levels, 99% purity TiO₂ semiconductor, 95% purity TiO₂ semiconductor, and 95% purity TiO₂ semiconductor 24-hour grinding or Milling. Testing of electrical characteristics is needed to determine the calculation of the values of I_{sc}, V_{oc}, I_{max}, V_{max}, Fill Factor and DSSC efficiency. The electrical testing uses a digital multimeter and OHP projector lamp 100 W / m². The results of DSSC efficiency with 99% purity TiO₂ is 0.0115%, 95% purity TiO₂ is 0.0076%, and 95% purity Milling TiO₂ is 0.0134%.

Keywords: DSSC; *Curcuma longa*; Titanium Oxide 99% purity; Titanium Oxide 95% purity; Milling Titanium Oxide 95% purity.

1. Pendahuluan

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan. Salah satu aplikasi energi surya adalah pemanfaatannya dalam konversi energi cahaya menjadi energi listrik. Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan, mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima di hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun [1].

Hingga saat ini, penelitian mengenai sel surya masih banyak dilakukan dan saat ini ditemukan sel surya dengan bahan organik atau yang dikenal sebagai *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC). DSSC merupakan sel surya yang memiliki beberapa keunggulan, selain biaya produksinya yang relatif murah bahan-bahannya pun mudah diperoleh dan terjangkau.

Penelitian mengenai DSSC pertama kali dilakukan oleh Michael Gratzel dan O'Regan. Performa DSSC dipengaruhi oleh *dye sensitizer*, semikonduktor, elektrolit, substrat *transparent conductive oxide*, dan elektroda *counter*, dengan memberikan perlakuan yang tepat maka efisiensi terbaik dapat didapatkan dari DSSC. Salah satu komponen DSSC yang paling penting adalah *dye* sebagai *photosensitizer* [2].

Dye berfungsi sebagai penyerap cahaya, ketika foton diserap menuju permukaan *dye*, elektron berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi semikonduktor [3]. Para peneliti juga menggunakan *dye* organik yang berasal dari alam karena dapat dengan mudah ditemukan dan tidak memerlukan biaya lebih untuk membuatnya [4].

Pada penelitian ini penulis memilih *dye* yang berasal dari kunyit. Kunyit mudah ditemukan dan terjangkau. Kemudian untuk mendapatkan manfaat lain dari kunyit selain sebagai rempah-rempah menjadi alasan pemilihan kunyit. Zat kurkumin sebagai photo sensitizer masih tidak terlalu banyak diteliti, panjang gelombang dari zat pewarna kurkumin ini adalah 420-580 nm. [5]

2. Bahan dan Metode

2.1 Metode Penelitian

Metode Penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode berbasis eksperimen. Penelitian ini berfokus pada memvariasikan jenis semikonduktor TiO_2 yang digunakan pada *dye Curcuma longa*

2.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun kunyit (*Curcuma longa*), substrat kaca berlapis TCO (*Transparent Conducting Oxide*) yaitu kaca FTO (Fluorine-doped Tin Oxide), TiO_2 (Titanium Oksida) kemurnian 99%, TiO_2 kemurnian 95%, TiO_2 kemurnian 95% hasil milling, etanol, metanol, alkohol, asam asetat, aquades, karbon, larutan elektrolit *Iodine / triiodide* (I^-/I_3^-).

Alat-alat yang digunakan pada penelitian adalah: gelas kimia, pipet, corong, multimeter, batang pengaduk, penjepit kertas, mortir dan alu, gelas vial, pinset, kertas saring, sealant, gloves.

2.3 Pembuatan Dye

Dye dibuat dengan cara mengekstraksi kunyit. Lalu dilakukan proses maserasi dengan cara mencampurkan larutan dye kunyit ke dalam larutan yang berasal dari campuran 50 ml methanol, 8 ml asam asetat, dan 42 ml aquades selama beberapa hari.

2.4 Pembuatan Elektroda Kerja

Elektroda Kerja tersusun dari kaca elektroda FTO yang dilapisi pasta semikonduktor TiO_2 . Tiga pasta TiO_2 dibuat dengan mencampurkan masing-masing 3 gram semikonduktor TiO_2 dengan 2.5 ml suspensi PVA (Poli Vinil Alkohol). Pelapisan pasta TiO_2 pada kaca elektroda FTO ukuran 1.5 cm x 2 cm menggunakan metode screen printing.

Pasta TiO_2 yang dilapiskan berukuran 1 cm x 1.5 cm pada kaca elektroda FTO. Elektroda FTO yang telah dilapisi pasta TiO_2 dipanaskan pada suhu 100°C menggunakan hot plate selama 30 menit kemudian didiamkan beberapa saat. Kaca FTO yang telah dilapisi pasta TiO_2 direndam dengan larutan dye kunyit selama 24 jam.

2.5 Penyusunan DSSC

DSSC disusun dari Elektroda Kerja, Elektrolit dan elektroda lawan. Larutan elektrolit *iodide/triiodide* (I^-/I_3^-) dibuat dengan

cara melarutkan 0,8 gram litium iodida ke dalam 10 ml 3-methoxypropionitrile diaduk menggunakan *magnetic stirrer* kemudian ditambahkan 0,127 gram iodin.

Larutan elektrolit *iodide/triiodide* (I^-/I_3^-) diberikan pada celah di antara dua kaca FTO. Elektroda lawan dibuat dari kaca FTO yang dilapisi oleh karbon di atasnya.

2.5 Pengujian Kelistrikan DSSC

DSSC yang telah terbentuk kemudian diuji kelistrikannya dengan menggunakan multimeter digital dengan disinari cahaya yang berasal dari lampu OHP 100 W/m². Hasil dari pengukuran berupa nilai tegangan dan rapat arus diplot dalam sebuah grafik.

Dengan kurva J -V dapat diketahui beberapa parameter kelistrikan yaitu *open-circuit voltage* (V_{oc}), *short-circuit current* (I_{sc}), tegangan daya maksimum (V_{max}), rapat arus daya maksimum (J_{max}), daya maksimum (P_{max}), fill factor (FF) dan efisiensi. Dapat diketahui nilai dari parameter tersebut berdasarkan persamaan

$$P_{max} = V_{max} \cdot J_{max} \quad (1)$$

$$FF = \frac{V_{max} \cdot J_{max}}{V_{oc} \cdot J_{sc}} \quad (2)$$

Efisiensi (η) merupakan perbandingan daya yang dikeluarkan sel surya dengan daya yang diterima. Nilai efisiensi merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan DSSC untuk mengkonversi cahaya menjadi energi listrik. Berikut merupakan persamaan untuk mendapatkan efisiensi :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

atau

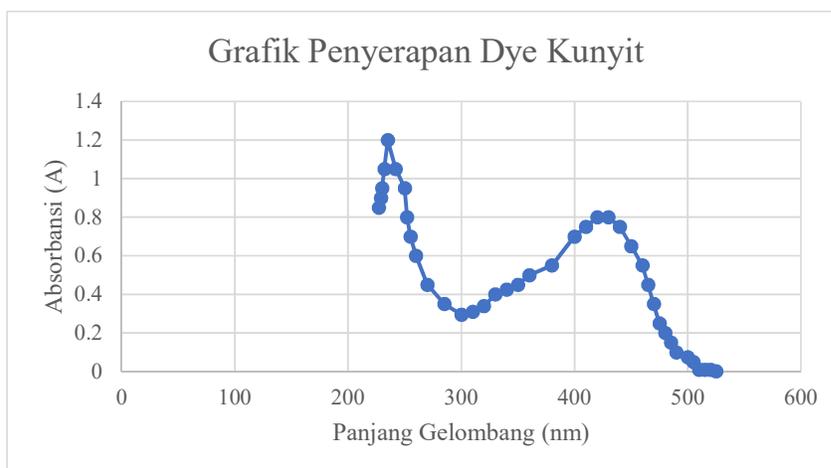
$$\eta = \frac{J_{sc} \cdot V_{oc} \cdot FF}{I_s} \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

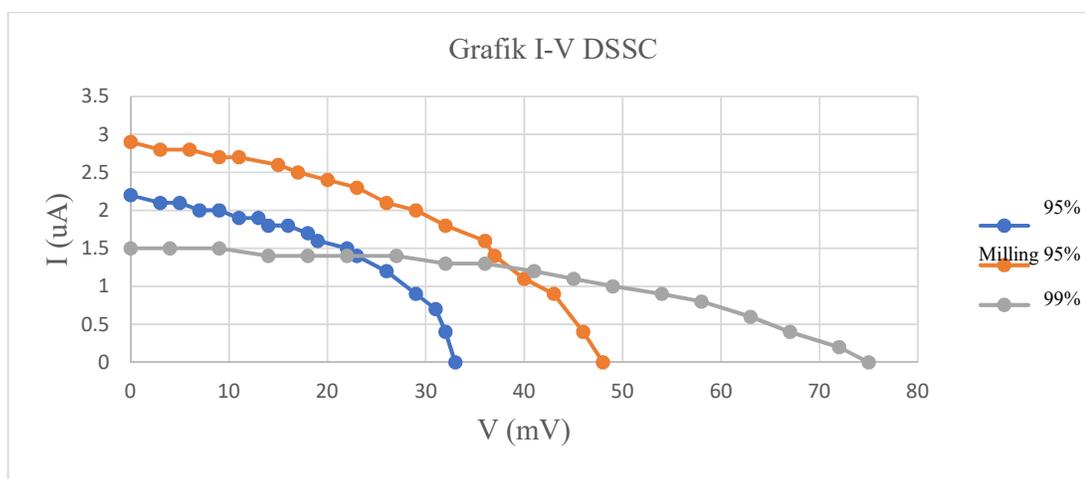
Pengukuran tegangan dan arus dilakukan untuk mengetahui performa DSSC. Pada gambar 1 menunjukkan grafuk antara rapat arus dan tegangan untuk semikonduktor TiO₂ 95%, semikonduktor TiO₂ 95% hasil milling, dan semikonduktor TiO₂ 99%. Pada gambar 2 didapatkan hasil penyerapan dye kunyit ketika

dalam keadaan disinari sinar matahari atau sinar lampu OHP. Berdasarkan grafik, dye kunyit memiliki dua puncak serapan pada panjang gelombang 235 nm dan 425 nm, dengan kemampuan penyerapan masing-masing 1.2 Absorbansi dan 0.85 Absorbansi. Namun pada panjang gelombang lebih dari 500 nm tidak menunjukkan adanya penyerapan cahaya oleh dye kunyit.

Berdasarkan persamaan (1) didapatkan data daya maksimum, lalu berdasarkan persamaan (2) didapatkan hasil fill factor. Data yang telah diketahui dimasukkan dalam persamaan (3) atau (4) sehingga efisiensi dari masing – masing DSSC dapat diketahui dengan hasil sebagai berikut: TiO₂ kemurnian 99% sebesar 0.000115, TiO₂ kemurnian 95% sebesar 0.000076, dan TiO₂ kemurnian 95% Milling sebesar 0.000134.



Gambar 1. Daya Serap Dye Kunyit



Gambar 2. Grafik I-V DSSC TiO₂ kemurnian 99%, TiO₂ kemurnian 95%, TiO₂ kemurnian 95% Milling

4. Simpulan

Dalam penelitian ini telah dibuat tiga buah alat Dye Sensitized Solar Cell yang menggunakan bahan organik dye kunyit sebagai photo sensitizer dan dengan memvariasikan jenis semikonduktor TiO₂. Dye kunyit memiliki dua puncak serapan pada panjang gelombang 235 nm dan 425 nm, dengan kemampuan penyerapan masing-masing 1.2 Absorbansi dan 0.85 Absorbansi.

Didapatkan hasil pengukuran arus dan tegangan yang kemudian diberikan pada perumusan untuk mencari performa DSSC yang terbaik. Sehingga hasil perumusan tersebut diperoleh TiO₂ kemurnian 99% sebesar 0.000115, TiO₂ kemurnian 95% sebesar 0.000076, dan TiO₂ kemurnian 95% Milling sebesar 0.000134.

Dari hasil tersebut diketahui bahwa DSSC dengan TiO₂ kemurnian 95% hasil Milling memiliki nilai efisiensi yang paling besar diikuti oleh DSSC dengan TiO₂ kemurnian 99% dan DSSC dengan TiO₂ kemurnian 95%. Efisiensi DSSC dengan TiO₂ kemurnian 95% hasil Milling menunjukkan performa DSSC yang paling baik di antara 3 jenis semikonduktor TiO₂.

5. Referensi

- [1] Kumara, M. S. W., & Prajitno, G. (2012). Studi Awal Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus Hybridus L.*) Sebagai *Dye Sensitizer* Dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC. Surabaya : *Digilib ITS*.
- [2] Obotowo, I. N., Obot, I. B., & Ekpe, U. J. (2016). Organic sensitizers for dye-sensitized solar cell (DSSC): properties from computation, progress and future perspectives. *Journal of Molecular Structure*, 1122, 80-87.
- [3] O'Regan, B., & Gratzel, M. (1991). A low-cost, high-efficiency solar-cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. *nature*, 353(6346), 737-740.
- [4] Ludin, N. A., Mahmoud, A. A. A., Mohamad, A. B., Kadhum, A. A. H., Sopian, K., & Karim, N. S. A. (2014). Review on the development of natural dye photosensitizer for dye-sensitized solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 386-396
- [5] Ganesh, T., Kim, J. H., Yoon, S. J., Kil, B. H., Maldar, N. N., Han, J. W., & Han, S. H. (2010). Photoactive curcumin-derived dyes with surface anchoring moieties used in ZnO nanoparticle-based dye-sensitized solar cells. *Materials Chemistry and Physics*, 123(1), 62-66.