

Sifat kelistrikan pada *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) Coating dengan *Dye* menggunakan ekstraksi kulit buah rambutan (*Nephelium lappaceum*)

Bambang Suprianto, Cecep E Rustana, dan Riser Fahdiran

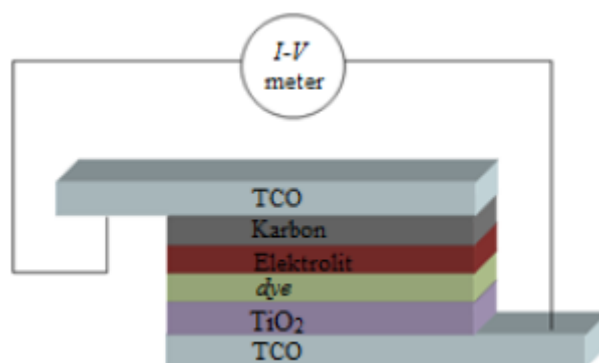
Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun muka, Rawamangun, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta 13220

E-mail: bemsbeng93@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan penelitian pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan menggunakan *dye* hasil ekstraksi kulit buah rambutan sebagai *dye* alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat listrik yang dimiliki DSSC tersebut. Struktur DSSC berbentuk sandwich yang terdiri dari kaca *Transparent Conducting Oxide* (TCO) sebagai substrat, *Titanium Dioxide* (TiO_2) sebagai bahan semikonduktor, *dye* alami sebagai donor elektron dan larutan elektrolit sebagai media untuk mentransfer electron dan carbon sebagai fotoelektroda. Pada penelitian ini digunakan pasta TiO_2 sebagai pelapis kaca konduktif dengan teknik *Spry Pyrolysis*, *dye* dari antosianin ekstrak kulit buah rambutan. Pengujian sifat listrik dilakukan melalui pengukuran arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh sel DSSC yang disinari dengan menggunakan lampu LED sebagai sumber cahaya dengan untuk mengukur arus dan tegangan pada sel DSSC. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh DSSC dengan elektroda karbon adalah sebesar 0,09934% dengan fill factor 0,796052632. Konduktivitas listrik yang dimiliki sel surya dengan elektroda karbon adalah 7.826×10^{-6} S. Resistivitas listrik yang dimiliki sel surya dengan elektroda karbon adalah 136728,678 ohm.cm

1. Pendahuluan

Sebagai wilayah tropis, Indonesia mempunyai banyak area yang disinari matahari dengan baik. Oleh karena itu energi terbarukan yang berasal dari energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif selain energi dari bahan bakar fosil. Salah satu energi alternatif yang mempunyai potensi sangat besar namun belum dimanfaatkan secara maksimal adalah sel surya (*fotovoltaik*) yang mampu mengkonversi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik tanpa menghasilkan emisi gas buang apapun [1]. Pada tahun 1991 Grätzel Mulai mengembangkan sel surya generasi ketiga yang berbasis nanoteknologi yang kemudian dikenal dengan sel surya pewarna tersintesis atau *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) [2].



Gambar 1. Susunan DSSC

Sel surya jenis ini terdiri dari photoelectrode, elektrolit, molekul dye dan elektroda lawan dikembangkan dengan menggunakan prinsip elektrokimia sederhana yang meniru efek fotosintesis daun hijau [3] photoelectrode atau elektroda kerja pada DSSC terdiri dari kaca TCO (*Transparent Conducting Oxide*) yang bertindak sebagai substrat dan bahan semikonduktor berstruktur nano dengan ketebalan beberapa mikron yang di *coating* atau ditumbuhkan di atasnya [4].

Pelapisan (*coating*) merupakan salah satu metode untuk mendapatkan lapisan tipis pada substrat atau bahan semikonduktor yang diinginkan. Penumbuhan lapisan tipis telah banyak dilakukan beberapa penelitian dengan metode antara lain *Metal-Organic Chemical Vapor Deposition (MCVOD)*, *Molecular Beam Epitaxy (MBE)*, *Pulse Laser Deposition (PLD)*, *Magnetron Sputtering*, *Electron Beam Evaporation*, dan metode sol-gel dengan teknik *Spin Coating* dan *Spray Coating* [5]. Salah satu metode sol-gel adalah teknik *Spray Coating* atau penyemprotan langsung dengan memanfaatkan Nozzel kepada bahan yang ingin digunakan

2. Teori yang Digunakan

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember-Januari. Penelitian ini dilakukan di laboratorium material dan energi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dasar-dasar teori yang mendukung digunakan untuk mengembangkan pembuatan sel surya DSSC coating dengan menggunakan antosiain kulit rambutan dan metode pelapisan spray coating. sehingga dapat menghasilkan efisiensi yang diharapkan.

2.1. Preparasi kaca TCO

Kaca TCO dicek bagian mana yang mengandung konduktif dengan menggunakan multimeter. kemudian bersihkan dengan menggunakan ultrasonic nebulizer selama 15 menit. Setelah itu dibiarkan kering. Setelah kering pinggir2 kaca tco dilapisi dengan aluminium foil dan sisakan bagian tengah sesuai ukuran yang telah ditentukan, lalu dipanaskan dengan suhu 450°C selama 10 menit.

2.2. Preparasi Dye

Kulit rambutan dibersihkan lalu ditiriskan. Kemudian potong kecil-kecil kulit rambutan. Kulit rambutan yang sudah ipotong dijemr hingga kadar airnya mencapai 10%. Setelah itu diblender hingga halus. Bubuknya kemudian dilarutkan dengan etanol yang sebelumnya diasamkan dengan HCl 1%. Perbandingan 1:10 untuk bubuk kulit rambutan dengan pelarutnya. Kemudian larutan tersebut diekstraksi dengan kertas saring *Whatman* no 1. Kemudian panaskan hasil ekstraksi dengan suhu 70°C. setelah itu pindahkan ke wadah yang sudah disiapkan

2.3. Preparasi TiO₂

Bubuk TiO₂ sebanyak 4gram dilarutkan dengan 100ml air deionisasi dan 2ml asetonitrile. Larutan tersebut digetarkan di *ultrasonic cleaner* selama 15 menit.

2.4. Deposisi Larutan TiO₂

Larutan yang sudah homogen kemudian dimasukkan nebulize ultramist. Lalu diatur menyala selama 15 menit. Kemudian nozzle diarahkan kaca TCO sampai *ultramist nebulizer* mati. Lalu dibiarkan kering, setelah kering lepas aluminium foil. Kemudian kaca tersebut direndam dengan larutan dye menggunakan cawan petri selama 2 jam

2.5. pembuatan larutan elektrolit

Sebanyak 0,8 gram potassium iodide dicampurkan dengan 6ml acetonitrile kemudian diaduk. Kemudian pada wadah lain sebanyak 0,127 gram iodine dicampurkan 6 ml acetonitrile. Kemudian campurkan keduanya dan simpan diwadah yang gelap dan sudah dilapisi aluminium foil.

2.6. Pembuatan counter electrode

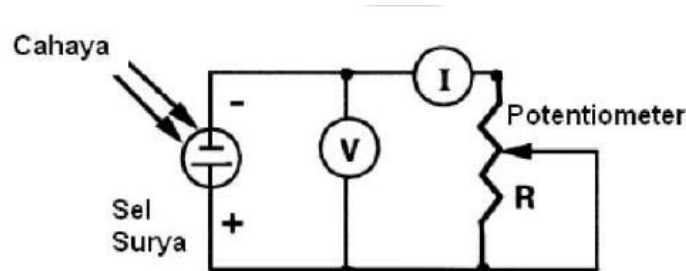
Kaca TCO dilapisi dengan jelaga dengan cara dibakar diatas lilin hingga hitam. Lalu bersihkan pinggirannya hingga ukurannya sesuai dengan ukuran lapisan TiO₂.

2.7. Pemasangan DSSC

Meneteskan 2 tetes larutan elektrolit ke kaca TCO yang dilapisi TiO₂ lalu tempelkan kaca tersebut dengan *counter electrode* yang sudah disiapkan hingga seperti sandwich. Kemudian siakan beberapa bagian untuk kontak alligator. Kemudian kaca dijepit agar tidak tergesek dalamnya.

2.8. Pengujian DSSC

Pada bagian ini DSSC yang sudah siap dirangkai seperti pada gambar 2 untuk mendapatkan karakteristik I-V. setelah itu hitung R dengan caa membagi teganan dan arus.



Gambar 2. Rangkaian Uji Karakteristik I-V

3. Hasil dan Analisa

3.1. Karakteristik I-V

Pada pengujian kali ini dilakukan pengukuran karakteristik I-V pada kondisi penyinaran sumber cahaya LED Warm White. DSSC akan dirangkai seperti pada gambar 2 untuk mendapatkan karakteristik I-V nya. Berdasarkan rangkaian di atas didapatkan hasil yang kemudian diplot menjadi grafik pada gambar 3. Untuk mengetahui karakteristiknya akan digunakan persamaan (1)-(5)

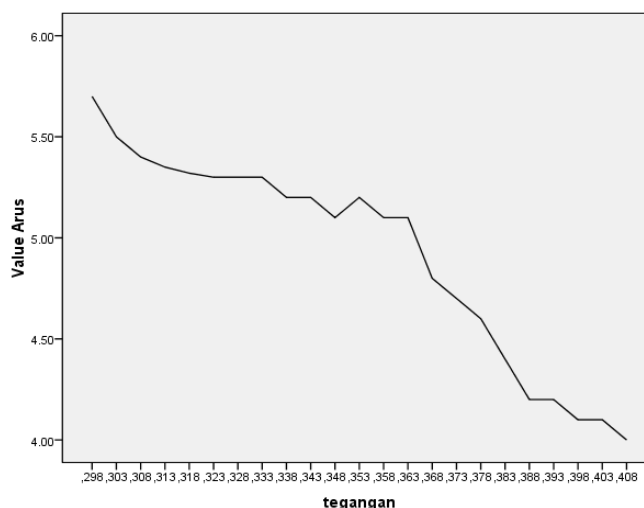
$$FF = \frac{V_{max} \times I_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}} \tag{1}$$

$$P_{out} = V_{max} \times I_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \tag{2}$$

$$P_{in} = I \times A \tag{3}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \tag{4}$$

$$\eta = \frac{V_{oc} \times I_{BC} \times FF}{I \times A} \times 100\% \quad (5)$$



Gambar 3. Grafik karakteristik I-V

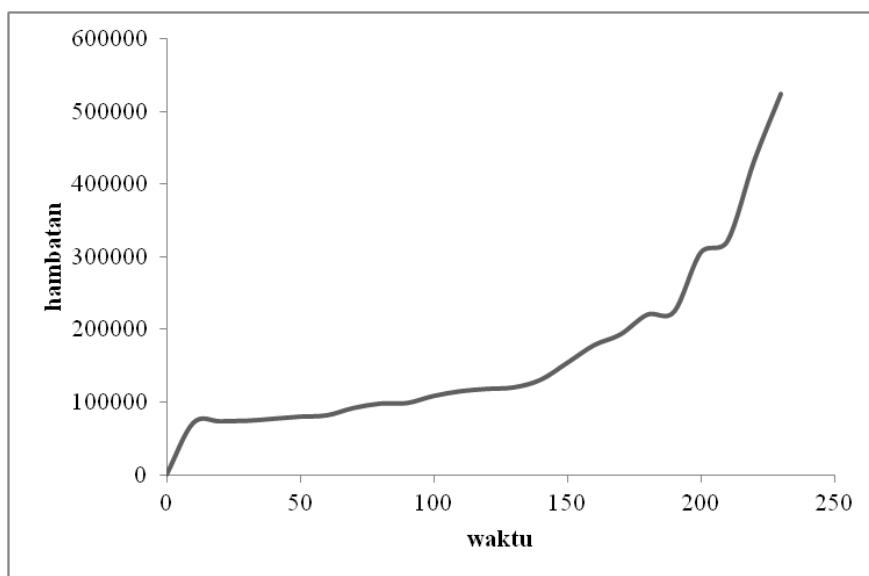
Dari data diatas didapatkan bahwa hasil V_{oc} 0.408 V dan I_{sc} 5.7 μA dan V_{max} 0.363V dan I_{max} 5.1 μA . sehingga fill factor DSSC ini sebesar 0,796052632 dan efisiensi sebesar 0.09934%. Hal ini dimungkinkan karena larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini lebih baik karena menggunakan pelarut acetonitrile. Selain itu juga karena proses deposisi menggunakan teknik *Spray pyrolysis* tersebar lenih merata dindingkan metode *Doctor Blade*.

DSSC ini berhasil mengkonversi energi foton sumber cahaya menjadi listrik yang dibuktikan dengan terbacanya nilai tegangan dan arus pada multimeter. Namun performansi DSSC ini masih belum cukup baik karena nilai efisiensi DSSC ini masih cukup rendah dibawah 1%. Pengaruh arus yang masih rendah menyebabkan efisiensi yang juga cukup rendah. Dari analisis hasil pengukuran arus dan tegangan, diyakini bahwa telah terjadi transfer elektron dari antosianin teroksidasi ke dalam lapisan fotoelektroda, namun dengan hasil fill factor yang cukup tinggi berarti unjuk kerja DSSC ini semakin baik dan akan memiliki konversi yang semakin tinggi [6].

3.2 Menentukan Konduktivitas dan resistivitas DSSC

Pengujian ini menggunakan sumber cahaya LED Warm white untuk memvariasikan intensitas dan akan dicatat arus dan tegangan yang didapatkan. Dan nantinya akan dihitung hambatan pada DSSC tersebut untuk mengetahui nilai resistansi dan konduktivitasnya.

$$\sigma = \frac{Gl}{A} \quad (6)$$



Gambar 4. grafik Hambatan DSSC terhadap waktunya

Berdasarkan grafik diatas didapatkan resistivitas rata-rata 136728,678 ohm.cm dan konduktivitas sebesar 7.826×10^{-6} S. Nilai konduktivitas listrik suatu material menunjukkan sifat material tersebut, yakni konduktor, isolator dan semikonduktor. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan besarnya konduktivitas listrik yang dimiliki oleh DSSC, menunjukkan bahwa DSSC yang dibuat pada penelitian ini merupakan material semikonduktor karena nilai konduktivitas listriknya berada dalam rentang nilai konduktivitas listrik semikonduktor yaitu berada pada rentang 10^{-6} S/cm. Range nilai ini jika dilihat pada literatur jenis material berdasarkan konduktivitas listriknya menunjukkan bahwa sampel yang dikarakterisasi ini tergolong material semikonduktor [7]

Berdasarkan penilitian [8] didapatkan materi semikonduktor berbahan TiO₂ meiliki band gap sekitar 3 eV. Hal ini menjelaskan kecilnya arus dan tegangan yang cukup besar yang dihasilkan oleh DSSC ini. Menurut [6]. untuk suatu jenis material semikonduktor yang memiliki celah pita energy besar akan memiliki Voc besar sementara Isc-nya rendah, dan sebaliknya. Harga FF yang dipengaruhi Voc dan Isc diprediksi paling tinggi pada bahan semikonduktor dengan pita energy antara 1,0-1,5 ev. Sehingga hasil penelitian [8] mendapatkan hasil maksimum pada lapisan tipis dengan pencampura TiO₂ dengan ZnO.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

- a. DSSC dengan dye alami ekstrak kulit buah rambutan terbukti dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik, dibuktikan dengan terbacanya tegangan dan arus yang mengalir ke dalam sistem sel surya.
- b. Hasil karakterisasi I-V dengan rangkaian menunjukkan bahwa sel surya dengan elektroda karbon memiliki efisiensi sebesar 0.09934% dan Fill Factor 0,796052632
- c. Konduktivitas listrik yang dimiliki sel surya dengan elektroda karbon adalah 7.826×10^{-6} S
- d. Resistivitas listrik yang dimiliki sel surya dengan elektroda karbon adalah 136728,678 ohm.cm

5. Daftar Pustaka

- [1] Yuwono, Akhmad Herman. Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna Berbasis Nanopartikel TiO₂ Hasil Proses Sol-Gel dengan Perlakuan Pasca-Hidrotermal. *Jurnal Material dan Energi Indonesia* **Vol. 01, No. 03 (2011)** 127 – 140.
- [2] Mustikasari, Dewi. 2013. Karakteristik Lapisan TiO₂ Metode Spray dalam Dye-Sensitized Solar Cell. *Jurnal teori dan Aplikasi Fisika* **Vol 01 No.02 2013**
- [3] Gratzel, M. 2003. *Dye-Sensitized Solar Cell*. Journal of Photochemistry and Photobiology C: *Photochemistry Reviews* **4** hal 145-153
- [4] Ye, M., Wen, X., Wang, M., Iocozzia, J., Zhang, N., Lin, C., and Lin, Z. (2015). Recent advances in dye-sensitized solar cells: from photoanodes, sensitizers and electrolytes to counter electrodes
- [5] Septina W, Dimas F dan Mega A. 2007. Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (Dyesensitized Solar Cell). Bandung : ITB
- [6] Rahman, Arif. 2011. *Fabrikasi dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO untuk Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Tesis. Fakultas Teknik. Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Kekhususan Material Manufaktur Universitas Indonesia, Depok.
- [7] N.T.R.N Kumara, dkk. 2013. Study of the Enhancement of Cell Performance of Dye Sensitized Solar Cells Sensitized With *Nephelium lappaceum* (F: Sapindaceae). *Journal of Solar Engineering* **Vol. 135**
- [8] Kumara, Maya Sukma Widya. 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (AMARANTHUS HYBRIDUS L.) Sebagai Dye Sensitizer Dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC*. FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT karena berkat nikmatnyalah penulis bisa menuliskan makalah ini. Penulis juga bererimakasih kepada orang tua dan kakak yang selalu mengingatkan. Serta bapak Cecep dan bapak Riser atas bimbingannya. Serta Udin partner dalam penelitian ini.