JESCE

(Journal of Electrical and System Control Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>

PERANCANGAN PROTOTIPE *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* DALAM PEMANFAATAN ENERGI RADIASI MATAHARI SEBAGAI *RENEWABLE ENERGY*

DYE SENSITIZED SOLAR CELL PROTOTYPE DESIGN IN UTILIZING SOLAR RADIATION ENERGY AS RENEWABLE ENERGY

Yoga Tri Nugraha^{1)*}, Fadhillah Azmi²⁾, Sari Novalianda³⁾, Sri Indah Rezkika⁴⁾

- 1) Teknik Elektro, Fakultas Teknologi & Ilmu Komputer, Universitas Prima Indonesia, Indonesia
- 2) Teknik Elektro, Fakultas Teknologi & Ilmu Komputer, Universitas Prima Indonesia, Indonesia
- 3) Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar, Indonesia
- 4) Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar, Indonesia

Diterima: Desember 2020; Disetujui: Desember 2020; Dipublikasi: Februari 2021

*Corresponding Email : yogatrinnugraha@unprimdn.ac.id

Abstrak

Energi radiasi matahari merupakan energi yang sedang giat dikembangkan saat ini. Indonesia merupakan negara yang sangat berpotensi untuk mengembangkan sel surya dikarenakan letak posisi Indonesia berada di wilayah garis khatulistiwa (tropis). Sel surya merupakan alat yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Teknologi sel surya yang telah dikembangkan saat ini adalah *dye sensitized solar cell*. Perancangan prototipe sel surya ini menggunakan bahan kaca *indium tin oxide*, *titanium dioxide*, bahan cairan elektrolit yaitu perasan air lemon yang bersifat asam sitrat. Pengukuran *dye sensitized solar cell* dilakukan selama 30 menit sekali. Pengukuran *dye sensitized solar cell* menghasilkan tegangan terendah sebesar 195,6 mV pada waktu 11.30 WIB dan tegangan tertinggi sebesar 540,5 mV pada waktu 14.00 WIB dengan kondisi suhu 33°C.

Kata Kunci: *Dye Sensitized Solar Cell; Energi Terbarukan; Indium Tin Oxide*

Abstract

Solar radiation energy is energy that is being actively developed at this time. Indonesia is a country that has the potential to develop solar cells due to its position in the area of the equator (tropical). Solar cells are a tool that can convert sunlight into electrical energy. The solar cell technology that has been developed at this time is *dye sensitized solar cell*. The design of this solar cell prototype uses indium tin oxide glass, titanium dioxide, an electrolyte liquid, which is a squeeze of lemon water which is citric acid. *Dye sensitized solar cell* measurements were carried out for every 30 minutes. Measurement of *dye sensitized solar cell* produces the lowest voltage of 195.6 mV at 11.30 WIB and the highest voltage of 540.5 mV at 14.00 WIB with a temperature condition of 33°C.

Keywords: *Dye Sensitized Solar Cell; Indium Tin Oxide; Renewable Energy*

How to Cite: Nugraha, Y. T, Azmi, F, Novalianda, S, Rezkika, S. I (2021). Perancangan Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* Dalam Pemanfaatan Energi Radiasi Matahari Sebagai *Renewable Energy*. *JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)*

PENDAHULUAN

Energi matahari merupakan energi yang sedang giat dikembangkan saat ini. Indonesia merupakan negara yang sangat berpotensi untuk mengembangkan sel surya dikarenakan letak posisi Indonesia berada di wilayah garis khatulistiwa (tropis). Teknologi sel surya yang telah dikembangkan saat ini adalah *dye sensitized solar cell* atau sel surya berbasis pewarna tersensitisasi (SSPT). Tingginya efisiensi konversi energi surya menjadi listrik dari *dye sensitized solar cell* merupakan salah satu daya Tarik berkembangnya riset mengenai *dye sensitized solar cell* diberbagai negara. Disamping itu *dye sensitized solar cell* mengkonversi cahaya dan separasi muatan listrik terjadi pada proses berbeda, molekul *dye* bertugas menyerap cahaya sedangkan separasi muatan dilakukan oleh ion organik semikonduktor non kristal. Sel surya ini menggunakan bahan kaca *indium tin dioxide* (ITO).

METODE PENELITIAN

Dye Sensitized Solar Cell merupakan sel surya foto elektrokimia yang terdiri dari photoelectrode, elektrolit, dan elektroda lawan. Bahan sel surya yang

banyak dikembangkan saat ini adalah *dye*. Digunakan sebagai foto elektrokimia yang terserap pada permukaan semikonduktor. Sel surya ini memiliki dua komponen elektroda, yaitu elektroda kerja dan elektroda pembanding. Elektroda kerja dibuat dari kaca TCO yang dideposisikan pasta suatu semikonduktor tersensitisasi zat warna (*dye*) yang berfungsi sebagai transpor pembawa muatan dan zat warna sebagai penyerap cahaya. Sedangkan elektroda lawan dibuat dari kaca TCO yang dilapisi karbon. Kedua elektroda tersebut dirangkai mengapit elektrolit. Pasangan elektrolit redoks yang digunakan adalah iodide/triiodide (I^-/I_3^-). Berbeda dengan sel surya konvensional, semua proses produksi pada DSSC harus melibatkan material silikon itu sendiri. Tidak seperti sel surya silikon yang seluruh prosesnya melibatkan silikon saja dan terpisah, absorpsi cahaya dan separasi muatan listrik DSSC terjadi pada proses yang terpisah. Pada DSSC, absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye* dan separasi muatan dilakukan oleh ionorganik semikonduktor nanokristal yang mempunyai band gap lebar. Band gap lebar pada suatu semikonduktor

akan memperbanyak elektron yang mengalir dari pita konduksi ke pita valensi, sehingga ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi oleh dye akan menjadi lebih banyak, dan spektrumnya menjadi lebih lebar. Struktur perancangan dye sensitized solar cell dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Struktur perancangan *Dye Sensitized Solar Cell*

Kaca terletak pada bagian atas terletak sel surya yang sudah dilapisi oleh kaca ITO/ TCO (*Transparent Conducting Oxide*), TiO_2 dan dye. Fungsi kaca tersebut sebagai elektroda *counter - electrode*. Pada kaca TCO/ ITO *counter - electrode* dilapisi katialis/ karbon, yang fungsinya untuk mempercepat redaksi redoks dengan elektrolit. Secara umum pasangan redoks yang dipakai yaitu I^-/I_3^- (*iodide / triiodide*).

Titanium Dioksida

Titanium dioksida memiliki tiga bentuk polimorf yaitu anatase, rutil, dan brookit. Fasa rutil secara termodinamik lebih stabil dari pada anatase, struktur rutil terlihat menjadi stabil secara termodinamik di bawah kondisi pellet, walaupun dalam eksperimen termodinamik menunjukkan bahwa anatase dapat menjadi lebih stabil daripada rutil ketika kristalnya hanya beberapa nanometer. Fasa anatase adalah bentuk metastabil, apabila diberi perlakuan pemanasan dapat bertransformasi menjadi rutil. Pada tekanan dan temperatur ruangan untuk sistem makrokristalin, fasa rutil secara termodinamik lebih stabil apabila dibandingkan dengan anatase dan brookit, tetapi kestabilan termodinamik bergantung pada ukuran partikel yang berkontribusi terhadap energi bebas permukaan.

Lemon

Asam sitrat pada buah lemon dapat menghasilkan sebuah elektron walaupun jumlah keluaran elektronnya tidak terlalu sebesar dengan kelompok asam kuat seperti Asam Sulfat (H_2SO_4), dan lain-lain.

Asam sitrat merupakan kelompok asam lemah. Asam sitrat yang terkandung pada buah lemon adalah sebesar 48,6 gram.

Kaca ITO (*Indium TinOxide*)

Indium Tin Oxides (ITO) merupakan material TCO yang paling populer karena sifat transparansi dan konduktifitas yang paling baik diantara material oksida lain. Transparansinya bisa mencapai 80-85% kaca atau gelas jadi terlihat tembus pandang, memiliki ketebalan yang sangat tipis, memiliki *sheet resistance* biasanya 10 Ohm/Sq atau memiliki resistivitas dalam skala 10^{-4} Ohm/cm. Dua sifat ITO inilah yang sering dijadikan *benchmark* atau barometer seberapa bagus sebuah TCO.

Indium tin oxides (ITO) dinominasikan oleh Institut Nasional Ilmu Kesehatan Lingkungan untuk karakterisasi toksikologi yang komprehensif berdasarkan pada peningkatan potensi paparan pekerja karena penggunaannya yang semakin meningkat dalam tampilan kristal cair (LCD), perhatian terhadap toksisitas paru dan karsinogenisitas berdasarkan temuan sebelumnya dari studi toksikologi tikus NTP dari *indium fosfida* dan efek yang diamati pada pekerja yang terpapar, dan kurangnya

data toksisitas yang memadai. ITO dapat dibentuk secara langsung selama proses pelapisan, misalnya, sputtering reaktif dari target alloy indium-timah di hadapan oksigen. Aplikasi utamanya adalah sebagai lapisan tipis pada kaca atau plastik yang digunakan untuk panel sentuh (elektrokromik, *electroluminescent*, dan LCD), display plasma, display panel datar (televisi, layar komputer, telepon seluler, dll.), menampilkan emisi lapangan, pelapis reflektif panas, panel surya, tabung sinar katoda, jendela hemat energi, sensor gas, dan fotovoltaiik.

Konduktivitas ITO

ITO pada dasarnya tersusun dari In_2O_3 (Indium oksida) yang ditambah dengan 10% SnO_2 (timah oksida). In_2O_3 sebenarnya sudah memiliki karakteristik dasar transparan-konduktif. Namun penelitian yang panjang telah membuktikan bahwa penambahan 10- 15% SnO_2 mampu meningkatkan konduktivitas secara signifikan. Sebagaimana TCO pada umumnya, ITO memiliki band gap kurang lebih 3,0 eV yang membuatnya tembus pandang. Sedangkan penambahan SnO_2 meningkatkan jumlah elektron di dalam ITO sehingga berujung pada sifat konduktivitas total

ITO. *Defect* dalam ilmu material merujuk pada “cacat” di dalam struktur kristal yakni kondisi di mana struktur kristal tidak seperti kondisi yang ideal. Misalnya, satu atau beberapa atom hilang dari struktur kristal, atau adanya atom asing/pengotor yang masuk di dalam sebuah kristal, atau susunan atom-atomnya tidak berada pada tempat semestinya. Maksud *defect chemistry* di sini ialah studi reaksi kimia yang menyertai hilangnya atom di dalam sebuah struktur kristal atau yang menyertai adanya penambahan atom asing ke dalam struktur kristal. Lantas untuk memahami *defect chemistry*, perlu pula melihat struktur kristal dari molekul yang menjadi objek pembahasan, dalam hal ini struktur kristal ITO. Pemakaian ITO dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 2. Pemakaian ITO pada produk teknologi (searah jarum jam) LCD, *Dye-sensitized Solar Cell* (DSSC), LCD, dan sel surya organik/polimer.

Diagram Alir Penelitian

Adapun proses berjalannya penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.

Gambar 3. *Flowchart* Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell*

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan prototipe *dye sensitized solar cell* yaitu :

1. Kaca ITO sebanyak 2 unit.
2. Bubuk *titanium dioxide*.
3. Pensil sebagai karbon.
4. Lemon sebagai cairan elektrolit.

5. Penjepit kertas sebanyak 2 buah yang berfungsi untuk menjepit kaca.
6. Penjepit mulut buaya yang berfungsi sebagai alat untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh prototipe *dye sensitized solar cell*.

Kemudian bahan-bahan yang digunakan tersebut dirancang menjadi sebuah prototipe *dye sensitized solar cell* dapat dilihat pada gambar 4.

Gambar 4. Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell*

Hasil Pengukuran Tegangan *Dye Sensitized Solar Cell*

Setelah perancangan prototipe *dye sensitized solar cell* tersebut, kemudian melakukan pengujian *dye sensitized solar cell* dengan Cara mengukurnya. Dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran *Dye Sensitized Solar Cell*

Waktu (t)	Suhu (°C)	Hasil Pengukuran	
		Tahanan Kaca (R)	Tegangan (mV)
11.30 WIB	33	18 Ω	195,6
12.00 WIB	33	18 Ω	245,7
12.30 WIB	33	18 Ω	304,2
13.00 WIB	33	18 Ω	388,9
13.30 WIB	33	18 Ω	468,1
14.00 WIB	33	18 Ω	540,5

Dari Tabel 1, sudah dilakukan pengukuran pada *dye sensitized solar cell* dengan waktu pengukuran setiap 30 menit sekali. Pada saat pukul 11.30 WIB dengan suhu 33°C telah dilakukan pengukuran *dye sensitized solar cell* dengan hasil keluaran tegangan sebesar 195,6 mV. Untuk hasil pengukuran selanjutnya, dapat dilihat dalam bentuk grafik pada gambar 5.

Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Tegangan (mV) Terhadap Waktu (t)

SIMPULAN

Perancangan prototipe *dye sensitized solar cell* menggunakan bahan kaca *indium tin dioxide* (ITO), *titanium dioxide* (TiO₂), perasan air lemon sebagai cairan elektrolit. Penyerapan energi radiasi matahari pada kaca *indium tin dioxide* (ITO) menyebabkan konsentrasi *dye* dapat mengubah nilai tegangan yang dihasilkan oleh *dye sensitized solar cell*. Pengukuran *dye sensitized solar cell* dilakukan setiap 30 menit sekali, dengan hasil pengukuran yang didapat pada waktu 11.30 WIB dengan tegangan terendah sebesar 195,6 mV dan tegangan tertinggi sebesar 540,5 mV pada waktu 14.00 WIB dengan kondisi suhu pada saat pengukuran adalah 33°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitria, A., Amri, A., dan Fadli, A. (2016). Pembuatan Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan *Dye* Ekstrak Buah Senduduk (*Melastoma Malabathricum* L) Dengan Variasi Fraksi. *Jom FTEKNIK*. Vol 3. Pekanbaru, Universitas Riau.
- Hardeli, Suwardani, Riky, Maulidis, Ridwan, S. (2013). *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC) Berbasis Nanopori TiO₂ Menggunakan Antosianin Dari Berbagai Sumber Alami. Prosiding Semirata. Lampung, Universitas Lampung.
- Hardianti. (2018). Pembuatan Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan *DYE* Bunga Pacar Air (*Impatiens Balsamina* L.) Dan Bunga Kertas (*Bougenville Spectabilis*). Skripsi. Makassar, Universitas Hasanuddin.
- Nandakumar, V. G., Suresh, S., Sreekala, C. O., Sudheer S. K., dan Pillai, V. P. M. (2015). Hemigraphics Colorata as a Natural *Dye* for Solar Energy Conversion. International Symposium on Photonics Applications and Nanomaterials. India.

- Firmanila, V. (2016). Karakteristik DSSC pada Semikonduktor ZnO-SiO₂ dengan Pewarna Ekstrak Buah Mangsi dan Daun Jati. Skripsi. Malang, Universitas Islam Negeri Maulana Malik.
- Makrif, A. (2018). Rancang Bangun Pemanfaatan Energi Matahari Dengan Menggunakan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). Skripsi. Medan, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Ardianto, R., Nugroho, W.A., Sutan. S.M. (2015). Uji Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Lapisan *Capacitive Touchscreen* Sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil *Nannochloropsis Sp.* Sebagai *Dye Sensitizer* dengan Variasi Ketebalan Pasta TiO₂. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. Vol 3. Malang, Universitas Brawijaya.
- Aidil, Meika. (2009). Performansi *Dye Sensitized Solar Cell* Pada Kaca LCD (Liquid Crystal Display) Dengan Sensitizer Antosianin Dari Bunga Pacar Air Merah (*Impatiens Balsamina*). Skripsi Jurusan Kimia, Fmipa. Semarang, Universitas Diponegoro.
- Alhamed, M., Ahmad S., and Doubal W. (2012). *Studying of Natural Dyes Properties As Photo-Sensitizer for Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)*. Journal of Electron Devices Vol 16, pp 1370-1383. Syria, Aleppo University.
- Armynah, B., Gareso P.L., Syarifudin H. (2014). Pemanfaatan Kamera Digital Untuk Menggambar Panjang Gelombang Spektrum Berbagai Jenis Lampu. Skripsi. Makassar, Universitas Hasanuddin.
- Arrohmah. (2007). Studi Karakteristik klorofil Pada Daun Sebagai Material *Photodetector Organic*. Skripsi. Surakarta, Universitas Sebelas Maret.
- Arya, F., Supriyanto, A., & Nur Rosyid, F. (2013). Fabrikasi Sel Surya Organik Berbasis FTO / Pedot: PSS / P3HT / Klorofil / Al. Seminar Nasional Lontar Physics Forum. Surakarta.
- Asy'ari, H., Jatmiko, Angga. (2012). Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya keluaran Panel Sel Surya. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS. Surakarta.
- Eka, Henni. (2012). Studi Awal Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell*

(DSSC) Menggunakan Ekstraksi Bunga Sepatu (*Hibiscus Rosa Sinensis* L) Sebagai *Dye Sensitizer* Dengan Variasi Lama Absorpsi *Dye*. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh November.

Farid, Akhmad. (2014). Pengujian dan Analisis Performansi *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) Terhadap Cahaya. Skripsi Teknik Elektro. Malang, Universitas Brawijaya.

Irawan D. dan Yuli C. (2014). Proses Pembuatan DSSC (*Dye-Sensitized Solar Cell*) Menggunakan TiO_2 (*Titanium Dioksida*) Partikel Nano. Jurusan Teknik Elektro. Semarang, Universitas Diponegoro.