



Peningkatan Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Poli Tanin

Dian Regina Umayya*, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Hardeli, Universitas Negeri Padang, Indonesia

ABSTRACT

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a third generation dye-based solar cell that converts photon energy into electrical energy. In this research, the dye used in DSSC is tannin dye which is polymerized to increase efficiency. Polymerization is influenced by several factors, namely monomer concentration, initiator concentration and crosslinker volume. Polymerization in this study varied the initiator used, namely 1%, 2%, 3%. The DSSC was assembled using ITO glass coated with TiO₂ which was electrodeposited using ZnO. The voltage and resistance were measured using a digital multimeter. The optimum efficiency at a 2% initiator concentration variation was 8.29% for poly tannin and the band-gap resulting from electrodeposition decreased from 3.2 eV to 2.95 eV.

ARTICLE HISTORY

Submitted 31/10/2023

Revised 08/11/2023

Accepted 31/12/2023

KEYWORDS

DSSC; Polymerization; Poly Tannin; Efficiency.

CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ dhianregina4@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.8183>

1. PENDAHULUAN

Sumber energi di dunia semakin lama semakin menipis, sedangkan kebutuhan manusia semakin meningkat. Sel surya adalah salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan energi. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan alternatif lain yang dapat dijadikan sebagai sumber energi listrik (Prasetyowati, 2017). Biaya rendah merupakan keuntungan yang sangat penting dalam memproduksi sel surya tersensitisasi pewarna dibandingkan dengan sel surya konvensional yang banyak digunakan. Selain itu, efisiensi sel surya peka pewarna yang ditingkatkan akan memberikan keuntungan ekonomis yang sangat besar (Ko *et al.*, 2005).

Dye sensitized solar cell (DSSC) disusun oleh komponen berupa kaca tipis, zat warna, nano kristal semikonduktor, elektroda lawan, dan elektrolit. Zat warna sintetik dapat menghasilkan efisiensi di atas 10%. Zat warna sintetik memiliki kekurangan yaitu harganya relatif mahal dan sangat berbahaya sehingga penggunaan zat warna sintetik untuk saat ini tidak digunakan. Oleh sebab itu, sekarang digunakan zat warna organik untuk meningkatkan efisiensi DSSC untuk mengkonveksi energi matahari menjadi energi listrik (Kishore Kumar *et al.*, 2020).

Antosianin, betha-carotene, tannin, klorofil dan xantofil merupakan jenis zat yang dapat memberikan pigmen warna. Untuk zat warna (dye) alami berasal dari pigmen warna poli tannin. Tanin termasuk senyawa fenolik yang memiliki gugus kromofor (ikatan rangkap tunggal terkonjugasi). Gugus inilah yang dapat menyerap sinar UV, baik UV A maupun UV B. Tanin memiliki ikatan rangkap berjumlah 7 dan dimodifikasi menjadi poli tannin. Modifikasi dilakukan untuk memperbanyak ikatan rangkap sehingga mampu menyerap foton sebanyak mungkin. Tanin merupakan senyawa polifenol yang memiliki gugus hidroksil yang terkait pada cincin benzene (Martins *et al.*, 2020).

Polimer adalah makro molekul yang tersusun dari monomer- monomer yang berulang. Polimerisasi dye yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanin dan asam tanat menggunakan polimerisasi kondensasi, karena menggunakan agen pengikat silang dalam proses polimerisasinya. Adanya ikatan antar rantai polimer dengan rantai utama lainnya adalah polimer yang terbentuk dari polimerisasi berikatan silang. Pada penelitian ini untuk polimerisasi zat warna yang akan digunakan dipolimerisasi menggunakan agen pengikat silang (crosslinking agent) glutaraldehyde sehingga dihasilkan politanin. Dye yang digunakan pada penelitian ini di polimerasi terlebih dahulu supaya ikatan rangkap yang terbentuk dari monomer-monomer yang dihasilkan pada reaksi polimerasi makin banyak sehingga dapat mengabsorpsi foton dari cahaya matahari dan didapatkan efisiensi yang lebih tinggi (Alhumaimess *et al.*, 2019).

Proses polimerisasi dipengaruhi beberapa faktor seperti konsentrasi inisiator (NaOH), suhu, waktu polimerisasi, konsentrasi monomer, konsentrasi surfaktan, konsentrasi crosslinking agents, pH dan kecepatan pengadukan. Konsentrasi



inisiator (NaOH) mempengaruhi polimerisasi dimana konsentrasi inisiator berfungsi untuk membuka cincin epoksi sehingga monomer dan agen pengikat silang semakin banyak berikatan karena radikal yang terbentuk semakin banyak.

Semakin besar konsentrasi inisiator maka semakin banyak radikal yang diperoleh sehingga terjadi tumbukan antara radikal dan monomer semakin cepat. Konsentrasi crosslinking agents, semakin bertambah konsentrasi crosslinking agents yang digunakan radikal yang terbentuk semakin banyak dan ikatan yang terjadi antara radikal agen pengikat silang dan monomer semakin banyak (Sahiner *et al.*, 2016). Konsentrasi monomer, semakin bertambahnya konsentrasi monomer yang akan dipolimerisasi maka polimer yang terbentuk semakin keras dan kaku, semakin besar konsentrasi dari monomer maka akan semakin cepat laju reaksi yang terjadi dan semakin banyak polimerisasi yang dihasilkan (Marsha *et al.*, 2020).

Salah satu senyawa yang dapat digunakan dalam sintesis (pembuatan) lapisan tipis sebagai bahan sel surya adalah TiO_2 atau sering disebut Titanium Dioksida. Titanium oksida (TiO_2) adalah fotokatalis yang memiliki band-gap 3.2 eV. Untuk meningkatkan fotoaktivitas TiO_2 digunakan metode elektrodposisi yang berguna dalam memperkecil band-gap dari Titanium Oksida. Elektrodposisi dengan suatu oksida akan meningkatkan efisiensi dalam menyerap radiasi matahari dan meningkatkan efisiensi transfer muatan semikonduktor melalui perangkat elektron. Zink Oksida (ZnO) merupakan oksida yang paling banyak digunakan karena dapat menyerap radiasi matahari dengan band-gap yang sama dengan TiO_2 sehingga dapat menghambat reaksi rekombinasi pada TiO_2 sehingga aktivitas fotokatalis TiO_2 makin besar (Mozaffari *et al.*, 2015). Elektrodposisi ZnO pada titanium oksida dapat menghasilkan spesi yang dapat merangkap elektron tambahan sehingga reaksi rekombinasi akan turun dan efisiensi yang dihasilkan makin besar (Agdisti *et al.*, 2019). Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk untuk meningkatkan efisiensi sel surya menggunakan metode elektrodposisi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Alat

Alat yang digunakan adalah gelas kimia, labu alas bulat, batang pengaduk, spatula, ultrasonic cleaner, labu ukur, oven, hot plate, timbangan analitik, magnetic stirrer, gelas ukur, vakum, penangas air. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah UV- DRS dan multimeter.

2.1.2 Bahan

Tanin, , NaOH , alkohol 70%, aquades, Kalium Iodida, I_2 , Kertas indikator, TiO_2 ,PEG, kaca ITO, lilin, *glutaraldehyde*, *formaldehyde* 37%, HCl 36%, *aquabidest*, etanol, H_2SO_4 , kertas saring, aluminium foil, NaOH, ZnO .

2.2 Prosedur

2.2.1 Preparasi Zat Warna

Menimbang tanin 2,5 gram kemudian dimasukkan kedalam labu refluks 500 ml yang berisi campuran 25 ml (36% HCL dan 37% HCHO) kemudian campuran tersebut diaduk dengan magnetic stirrer dengan suhu 200°C selama 2 jam. Kemudian campuran tersebut disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan *aquabidest* dan hasil saringan di oven selama 1 jam pada suhu 80°C . Langkah selanjutnya 0,25 gram tanin-formaldehid dilarutkan didalam 25 ml larutan NaOH 2% diaduk dengan magnetic stirrer dan dipanaskan sampai suhu 60-70% terus menerus kemudian ditambahkan 2,5 ml agen pengikat silang *Glutaraldehyde* dan suhu pemanasan dinaikkan hingga suhu 100°C lalu diaduk selama 1 jam. Resin yang didapatkan didinginkan pada suhu kamar (Alhumaimess *et al.*, 2019).

2.2.2 Preparasi Kaca ITO

Kaca ITO dipotong dengan ukuran 1,25 cm x 2,5 cm, kemudian bagian sisi kaca diampelas sampai halus. Kaca ITO dimasukkan ke dalam gelas kimia 200 mL yang berisikan alkohol 70% kemudian masukkan ke ultrasonic cleaner. Pada ultrasonic cleaner setting waktu 60 menit untuk proses pembersihan. Ultrasonic cleaner berfungsi untuk menghilangkan material yang tidak dapat dihilangkan dengan air (Kumara, 2012).

2.2.3 Preparasi Pasta TiO_2

0,5 gram serbuk TiO_2 ditimbang dan kemudian dilarutkan kedalam larutan metanol sebanyak 4 ml. Campuran tersebut kemudian diaduk dalam gelas kimia dengan magnetic stirrer selama 30 menit dengan kecepatan 300 rpm. Pasta yang telah terbentuk kemudian di oven pada suhu 80°C selama 15 menit.

2.2.4 Preparasi Pasta ZnO

0,5 gram serbuk ZnO ditimbang dan kemudian dilarutkan kedalam larutan methanol sebanyak 4 ml. Campuran tersebut kemudian diaduk dalam gelas kimia dengan magnetic stirrer selama 30 menit dengan kecepatan 300 rpm. Pasta

yang telah terbentuk kemudian di oven pada suhu 80°C selama 15 menit (Maurani *et al.*, 2020).

2.2.5 Pelapisan TiO₂/ZnO pada Kaca ITO

Kaca ITO dibentuk area dengan scotch tape dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Kemudian kaca dilapisi pasta TiO₂. Diratakan menggunakan metode doctor blade. Selanjutnya dipanaskan di atas hot plate pada suhu 100°C selama 30 menit. Pasta ZnO dilapisi diatas kaca ITO dengan menggunakan metode doctor blade dan diperlakukan sama dengan TiO₂.

2.2.6 Preparasi Elektrolit

Tahap ini dimulai dengan menyiapkan 0,498 gram KI dan 0,076 gram I₂ dalam 6 ml asetonitril dalam dua gelas kimia yang berbeda. Larutan KI dan I₂ dicampur sambil diaduk hingga membentuk homogen lalu ditambahkan 2,4 gram PEG sambil diaduk sampai membentuk gel (Damayanti *et al.*, 2014).

2.2.7 Preparasi Counter Elektroda

Counter Elektroda yang dipreparasi dengan cara melapisi kaca ITO dengan karbon. Sumber karbon yang digunakan dari diperoleh dari asap pembakaran lilin. Proses melapisi karbon pada kaca ITO ialah dengan memanaskan bagian konduktif dari kaca ITO tersebut dengan lilin hingga terbentuk lapisan berwarna hitam. Bagian pinggir kaca ITO dirapikan menggunakan cotton bud. Lapisan karbon dibentuk sesuai dengan ukuran 1 cm x 1 cm (Chadijah *et al.*, 2017).

2.2.8 Perakitan *Dye sensitized solar cell*

Kaca ITO yang berukuran 2,5 cm x 1,25 cm kita buat area untuk tempat TiO₂ dideposisikan dengan bantuan Scotch tape pada bagian kaca yang konduktif sehingga terbentuk area sebesar 1 x 1 cm. Pasta ZnO terlebih dahulu dideposisikan lalu kemudian pasta TiO₂ dideposisikan dipermukaan kaca ITO yang telah diberi Scotch tape menggunakan metode doctor blade, kemudian dikeringkan diatas hot plate dengan suhu 60°C. Lapisan TiO₂ direndam dalam larutan zat warna selama 30 menit pada proses ini terjadi adsorpsi zat warna ke permukaan TiO₂. Kaca dengan elektroda lawan diletakkan di atas lapisan TiO₂ sehingga membentuk struktur sandwich dan dijepit dengan klip pada kedua sisi. Elektrolit cair ditetaskan pada ruang diantara kedua elektroda (Çakar & Özacar, 2017).

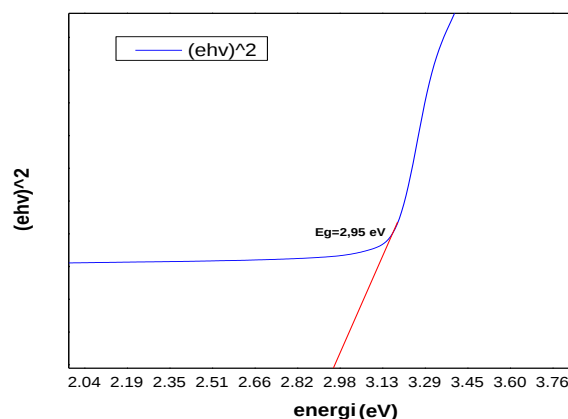
2.2.9 Pengujian Arus Listrik Sel Surya

Multimeter digital digunakan untuk menguji DSSC yang siap dirangkai pada arus dan tegangan yang diukur dari sel surya. Cahaya yang digunakan dapat berasal dari cahaya lampu UV dan cahaya matahari langsung. Sumber cahaya pada penelitian ini yaitu menggunakan cahaya dari lampu UV dengan daya 24 watt/m². Nilai arus dan tegangan diukur oleh multimeter, maka nilai efisiensi sel surya yang telah dirangkai dapat dihitung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi TiO₂/ZnO menggunakan UV-DRS

Karakterisasi TiO₂ layer ZnO dilakukan menggunakan instrumen UV-DRS. Hasil karakterisasi spektrofotometer UV-DRS digunakan untuk memperoleh energi celah pita (*band gap*). Energi band-gap dapat ditentukan dengan metode Tauc Plot dengan cara melihat grafik linear hubungan antara $(\alpha h\nu)^2$ pada sumbu y dan (E_v) pada sumbu x (Sanjaya, 2018).



Gambar 1. Grafik *Band-Gap* dan TiO₂ Layer ZnO

Tabel 1. Data *Band-Gap* TiO₂ Layer ZnO

No	Data <i>band-gap</i>	
	TiO ₂	TiO ₂ /ZnO
1	3,2 eV	2,95 eV

Pada semikonduktor, pita valensi dan pita konduksi dipisahkan oleh *band-gap*. Band gap sangat penting dalam menentukan efisiensi energi cahaya menjadi listrik. Semakin besar *band-gap*, semakin banyak energi foton yang dibutuhkan untuk mendonorkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Pada *band-gap*, terjadi lompatan elektron ke pita konduksi dan menghasilkan aliran arus listrik. Dari tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa nilai band-gap TiO₂ adalah 3,2 eV dan setelah diberi penambahan layer ZnO pada TiO₂ terjadi penurunan menjadi 2,95 eV. Hal ini disebabkan adanya proses penyisipan semikonduktor ZnO untuk membentuk lapisan kontak sebagai tempat melajunya elektron mengalir lebih cepat menuju kaca ITO (Agustini dan Hardeli, 2019).

3.2 Efisiensi DSSC

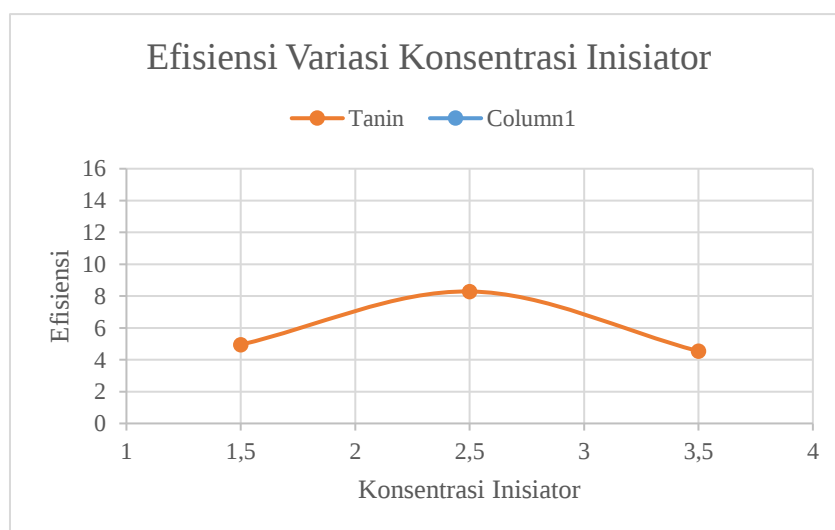
Pengukuran efisiensi sel surya berfungsi untuk mengetahui adanya pengaruh polimerisasi terhadap kemampuan sel surya dalam mengkonversi energi foton menjadi energi listrik dengan cara mengukur kuat arus dan tegangan menggunakan multimeter digital (Agustini& Hardeli, 2019).

Efisiensi dapat ditentukan menggunakan multimeter dengan mengukur hambatan dan tegangan dengan bantuan lampu UV 24 watt sebagai pengganti foton. Efisiensi dapat ditentukan dengan rumus :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{J_{sc}V_{oc}FF}{I_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

Berdasarkan hasil penelitian dengan variasi konsentrasi dari inisiator 1%, 2%, dan 3% bahwa efisiensi optimum yang didapatkan untuk variasi konsentrasi inisiator pada tanin adalah 8,29% pada variasi konsentrasi inisiator 2%. Semakin tinggi konsentrai inisiator maka semakin banyak polimer yang terbentuk dan semakin banyak cincin yang terbuka sehingga monomer dapat lepas berikatan dengan *crosslinker* , tetapi apabila inisiator yang digunakan berlebih akan menyebabkan *crosslinker* tidak mampu mengikat monomer karena larut menjadi basa. Hal ini terbukti pada variasi konsentrasi inisiator 3% dimana efisiensi menurun akibat kelebihan konsentrasi inisiator. Konsentrasi inisiator berperan dalam membuka gugus epoksi agen pengikat silang dalam proses polimerisasi (Lina & Hardeli, 2022).



Gambar 2. Grafik Pengaruh Konsentrasi Inisiator Polimerisasi terhadap Efisiensi DSSC

4. SIMPULAN

Metode elektrodeposisi TiO_2/ZnO dapat menurunkan *band-gap* dari 3.2 eV menjadi 2.95 eV. Efisiensi optimum yang didapatkan yaitu 8,29% pada konsentrasi inisiator 2%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Agdisti, F. N., Yunita, L., Luli, R., Novita, P. I., & Hardeli. (2019). Peningkatan Performansi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Ekstrak Kulit Jengkol sebagai Zat Warna Melalui Elektrodeposisi Zn pada TiO_2 . *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 3(21), 0–3.
- Agustini, D., & Hardeli, H. (2019). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Monomer Pada Polimerisasi Asam Tanat Sebagai Zat Warna Terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell. *Periodic*, 8(2), 12–1.
- Alhumaimess, M. S., Alsohaimi, I. H., Alqadami, A. A., Khan, M. A., Kamel, M. M., Aldosari, O., Siddiqui, M. R., & Hamedelniel, A. E. (2019a). Recyclable glutaraldehyde cross-linked polymeric tannin to sequester hexavalent uranium from aqueous solution. *Journal of Molecular Liquids*, 281, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.02.040>
- Çakar, S., & Özacar, M. (2017). The effect of iron complexes of quercetin on dye-sensitized solar cell efficiency. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 346, 512–522. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2017.07.006>
- Chadijah, S., Dahlan, D., & Harmadi, H. (2017). Pembuatan Counter Electrode Karbon Untuk Aplikasi Elektroda Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 8(2), 78–86. <https://doi.org/10.25077/jif.8.2.78-86.2016>
- Damayanti, R., Hardeli, & Sanjaya, H. (2014). Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.). *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(2), 148–157.
- Kishore Kumar, D., Kříž, J., Bennett, N., Chen, B., Upadhayaya, H., Reddy, K. R., & Sadhu, V. (2020). Functionalized metal oxide nanoparticles for efficient dye-sensitized solar cells (DSSCs): A review. *Materials Science for Energy Technologies*, 3, 472–481. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2020.03.003>
- Ko, K. H., Lee, Y. C., & Jung, Y. J. (2005). Enhanced efficiency of dye-sensitized TiO_2 solar cells (DSSC) by doping of metal ions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 283(2), 482–487. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.09.009>
- Lina, R. G., & Hardeli, H. (2022). Pengaruh KOH Sebagai Inisiator Pada Polimerisasi Tanin Terhadap Efisiensi Sel Surya DSSC. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(1), 40. <https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113559>
- Martins, R. O., Gomes, I. C., Mendonça Telles, A. D., Kato, L., Souza, P. S., & Chaves, A. R. (2020). Molecularly imprinted polymer as solid phase extraction phase for condensed tannin determination from Brazilian natural sources. *Journal of Chromatography A*, 1620, 460977. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.460977>
- Mozaffari, S. A., Ranjbar, M., Kouhestanian, E., Salar Amoli, H., & Armanmehr, M. H. (2015). An investigation on the effect of electrodeposited nanostructured ZnO on the electron transfer process efficiency of TiO_2 based DSSC. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 40, 285–292. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.06.081>
- Prasetyowati, R. (2017). Studi Preparasi Dan Karakterisasi Sel Surya Berbasis Titania Melalui Penyisipan Logam Tembaga (Cu) Dengan Berbagai Variasi Massa Pada Lapisan Aktif Titania. *Jurnal Sains Dasar*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.21831/jsd.v6i1.12129>
- Sahiner, N., Sagbas, S., Aktas, N., & Silan, C. (2016). Inherently antioxidant and antimicrobial tannic acid release from poly(tannic acid) nanoparticles with controllable degradability. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 142, 334–343. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.03.006>
- Sanjaya, H. (2018). Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis ZnO-TiO_2 Secara Fotosonolisis. *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(1), 91–99. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/131>