

## PENGARUH VARIASI *DYE* TUNGGAL DAN CAMPURAN DI DALAM *DYE* ANTOSIANINKULIT TERONG UNGU DAN *DYE* KLOORIFIL DAUN PANDAN TERHADAP EFISIENSI DSSC

Mazuda Perdana Putra<sup>1</sup>, Intan Hardiatama<sup>2</sup>, Salahuddin Junus<sup>2</sup>, Mochamad Asrofi<sup>2</sup>, Hari Arbiantara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember, 68121

Email: mazuda919@gmail.com

### ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan bagaimana proses pembuatan *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC) dan menguji performansi yang dihasilkan oleh DSSC terhadap cahaya. Substrat yang digunakan merupakan jenis FTO (*Fluorin-doped Tin Oxide*) yang memiliki resistifitas permukaan 15-25 ohm/cm. Lapisan fotoelektroda menggunakan pasta ZnO yang dideposisi menggunakan teknik *doctor blade* dan zat klorofil daun pandan dan zat antosianin kulit terong ungu sebagai *dye*. Sebagai lapisan *counter electrode*, substrat dilapisi oleh jelaga yang dihasilkan oleh lilin. Parameter proses yang mempengaruhi karakteristik listrik sel surya dianalisis dan diukur. Sumber pada uji performansi DSSC berbahan *dye* zat klorofil daun pandan adalah 550 mV untuk VOC dan 0,070 mA untuk ISC. Dari pengukuran karakteristik I-V di hasilkan efisiensi DSSC tersebut sebesar 0,0166 %; 0,0202 %; dan 0,2525 %. Semakin besar intensitas penerangan cahaya maka semakin besar daya keluaran DSSC.

*Keywords: Dye Sensitized Solar Cells, Solar Cells, Fluorin Tin Oxide.*

### PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang energi berbahan dasar organik memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Zaman *modern* semua penggerak atau penghasil energi bergantung kepada bahan bakar fosil seperti minyak, gas bumi, batu bara, dan sebagainya. Peneliti sekarang sedang gencar-gencarnya meneliti bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui dan digantikan dengan bahan bakar yang bisa diperbaharui. Sumber energi yang dapat diperbaharui seperti angin, biomassa, *hydro power*, dan sel surya. Penggunaan energi melalui sel surya (*solar cell*) merupakan alternatif yang cukup menjanjikan [3].

*Dye-sensitized solar cell* (DSSC) merupakan sel surya yang berbasis fotoelektrokimia. Sel surya ini pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 dikenal sebagai Gratzel Cells. Efisiensi DSSC masih lebih rendah dari efisiensi sel surya silikon yang dapat mencapai 17-25%. Pembuatan sel surya silikon tidak ramah lingkungan dan proses perakitannya tidak sederhana menjadi suatu kendala. DSSC terjadi proses adsorpsi cahaya oleh molekul zat warna, molekul zat warna yang menyerap cahaya matahari tersebut akan mengalami eksitasi elektron. Elektron yang tereksitasi tersebut langsung terinjeksi menuju semikonduktor nano kristal anorganik yang mempunyai *band-gap* lebar. Semikonduktor anorganik yang mempunyai *band-gap* lebar dan sering digunakan adalah titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) [4].

Kekurangan dari sel surya fotoelektrokimia ini adalah stabilitasnya yang rendah, terutama akibat degradasi dan kebocoran pada elektrolit cair yang digunakan. Pengembangan penelitian sel surya fotoelektrokimia untuk saat ini diarahkan pada penggunaan elektrolit padat. Elektrolit padat dapat mengurangi degradasi dan kebocoran elektrolit sehingga dapat meningkatkan stabilitas sel. Elektrolit berbasis polimer adalah contoh elektrolit padat yang mengandung kopel redoks atau berbasis bahan organik atau anorganik sebagai konduktor *hole* [2].

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk pembuatan *Dye Sensitized Solar Cells* yaitu pemilihan *dye* alami, temperatur, dan waktu. Penelitian yang pernah dilakukan oleh [1] dengan menggunakan *dye* dari berbagai sumber alami (daun ubi jalar, kol biru, blueberry, anggur). Penelitian tersebut membandingkan *dye* tunggal dan *dye* yang dicampur antara antosianin dan klorofil 1:1. Perbandingan tersebut menghasilkan nilai efisiensi tertinggi dari *dye* tunggal tanpa penambahan karbon pada lapisan tipis yaitu blueberry dan untuk *dye* campuran yaitu pencampuran antara daun ubi jalar dan buah blueberry. Penelitian yang dilakukan oleh [3] dengan menggunakan *dye* beras ketan, daun bayam, bunga rosella, buah naga, dan ubi jalar ungu. Penelitian tersebut membandingkan efisiensi dari berbagai sumber alami, dari berbagai sumber alami tersebut *dye* yang memiliki efisiensi terbaik adalah beras ketan. Daun bayam sebagai *dye* yang mengandung

klorofil juga memiliki efisiensi yang hampir sama dengan beras ketan. Penelitian yang pernah dilakukan oleh [5] dengan menggunakan proses perlakuan panas *annealing* terhadap kaca FTO yang sudah dilapisi ZnO. Penelitian tersebut melakukan proses perlakuan panas *annealing* dan berpengaruh terhadap bentuk morfologi dari lapisan film tipis di kaca FTO.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, *dye* alami yang akan digunakan pada penelitian kali ini ada dua yaitu daun pandan sebagai klorofil dan kulit terong ungu sebagai antosianin untuk sensitiser pada DSSC. Proses pembuatan lapisan semikonduktor menggunakan metode *doctor blade* dan pembuatan kaca konduktif menggunakan metode *spray pyrolysis deposition*. Penelitian ini mengamati bentuk morfologi yang terbentuk pada lapisan film kaca konduktif. *Dye* di karakterisasi dengan alat spektrofotometri UV-Vis untuk mengukur Panjang gelombang yang diserap, mengetahui nilai arus dan tegangan dari variasi *dye*, mengukur nilai resistensi yang dihasilkan oleh kaca FTO, dan mengukur nilai transmitansi yang dihasilkan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur penelitian DSSC meliputi proses fabrikasi dan karakterisasi rangkaian DSSC. Fabrikasi DSSC dilakukan dengan variasi lama perendaman kaca konduktif pada ekstrak bahan alam. Prosedur-prosedur penelitian ini antara lain:

1. Pembuatan Larutan Prekursor untuk Kaca FTO
  - a. Membuat larutan prekursor dengan melarutkan Serbuk  $\text{SnCl}_2$  5,5 gram ke dalam 2,5 mL HCl.
  - b. Larutan Campuran  $\text{SnCl}_2$  dan HCl dipanaskan dalam *furnace* pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 10 menit.
  - c. Menambahkan larutan methanol dengan jumlah 25 mL.
  - d. Membuat larutan dopan dengan melarutkan serbuk  $\text{NH}_4\text{F}$  1,5 gram dengan *aquadest* 125 mL.
  - e. Mencampurkan larutan prekursor dan larutan dopan.
2. Pembuatan Kaca FTO
  - a. Memotong kaca yang memiliki tebal 2 mm, panjang 60 mm dan lebar 25 mm.
  - b. Menyiapkan 6 buah kaca preparat dan membersihkan dengan etanol.
  - c. Diamkan di udara bebas  $\geq 1$  jam.
  - d. Masukkan kaca ke dalam alat pelapisan dengan metode *spray pyrolysis deposition*.
  - e. Memanaskan kaca pada suhu  $300^\circ\text{C}$  selama 30 menit.
  - f. Memasukkan larutan ke dalam gelas dan memasukkannya ke dalam *mist maker* dan hidupkan.
  - g. Menaikkan suhu deposisi dengan variasi suhu  $340^\circ\text{C}$ ,  $380^\circ\text{C}$ ,  $420^\circ\text{C}$ .
  - h. Tekanan *flowrate* pada 14 L/m.
  - i. Melakukan deposisi selama 15 menit.
  - j. Mematikan *mist maker* dan pemanas, tunggu hingga kaca dingin.
3. Pembuatan pasta  $\text{TiO}_2$

- a. Polivinil Asetat (PVA) sebanyak 0,5 gr dilarutkan dalam 10 mL aquades menggunakan magnetic stirrer suhu  $80^\circ\text{C}$  sampai membentuk gel.
  - b. Serbuk  $\text{TiO}_2$  sebanyak 0,5 gr dicampur dengan PVA.
  - c. Campuran  $\text{TiO}_2$  dan PVA digerus hingga membentuk pasta.
  - d. Pasta  $\text{TiO}_2$  yang dibuat dideposisikan pada substrat kaca FTO dengan metode *doctor blade*.
  - e. Di *furnace* dengan suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 60 menit.
4. Pembuatan Elektroda Perbandingan
    - a. Menyiapkan sebuah pensil berjenis 6B dengan kandungan karbon serta ditajamkan pada ujungnya.
    - b. Pensil 6B digosokkan secara merata pada substrat.
    - c. Kemudian dibakar dengan api lilin sehingga didapatkan lapisan karbon.
  5. Pembuatan larutan *Dye*
    - a. Kulit terong ungu dan daun pandan di timbang sebanyak 40 gr lalu di haluskan dengan mortar
    - b. Setelah halus maka di campur dengan metanol, asam asetat dan air (25:4:21 dalam satuan ml).
    - c. Lalu digerus lagi hingga halus.
    - d. Masukkan kulit terong ungu dan daun pandan tadi ke dalam tabung kaca yang telah dilapisi aluminium foil.
    - e. Larutan kulit terong ungu dan daun pandan disimpan selama 24 jam.
    - f. Setelah 24 jam ekstrak disaring dengan kertas saring dan di simpan dalam botol yang dilapisi aluminium foil.
  6. Perendaman dalam Ekstrak *Dye*
    - a. Masukkan larutan ekstrak kulit terong ungu dan daun pandan 20 mL ke dalam gelas kaca.
    - b. Merendam kaca yang sudah dilapisi dengan  $\text{TiO}_2$  ke dalam kulit terong ungu dan daun pandan selama 24 jam.
    - c. Mengambil dan membersihkan kaca menggunakan tisu.
  7. Penyusunan Lapisan *Sandwich*
    - a. Tetesi kaca substrat yang sudah dilapisi *Dye* dengan larutan elektrolit yaitu betadine sebanyak 2 tetes (setara 0,2 ml).
    - b. Setelah selesai kemudian lapisan tersebut ditutup dengan kaca yang sudah dilapisi oleh karbon sebagai elektroda perbandingan
    - c. Kemudian dijepit menggunakan klip

## HASIL DAN PEMBAHASAN

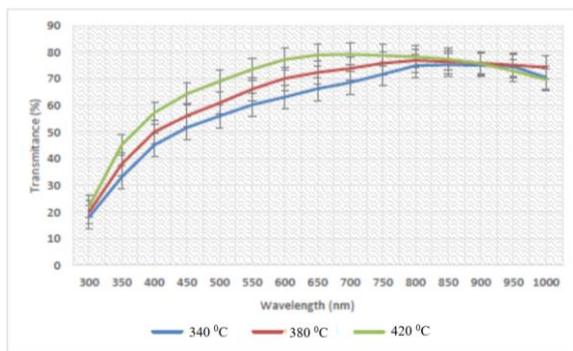
Analisis perangkat DSSC ada 3 yaitu analisis struktural, analisis elektrikal, dan analisis optikal. Analisis struktural yaitu pengamatan bentuk morfologi yang terbentuk dari lapisan DSSC untuk dapat mempengaruhi cara kerjanya. Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil dari analisis struktural adalah pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) pada lapisan sensitiser dari DSSC. Analisis elektrikal dilakukan untuk melihat kemampuan DSSC dalam menghasilkan listrik dan variabel yang berpengaruh terhadap aliran listrik. Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil dari analisis elektrikal yaitu melakukan pengujian

resistansi pada kaca FTO, serta pengujian arus dan tegangan pada DSSC. Analisis optikal dilakukan untuk pengkajian lapisan dan bahan organik dari DSSC terhadap cahaya. Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil dari analisis optikal yaitu melakukan pengujian transmisi pada kaca FTO.

**Hasil Pengujian Kaca FTO**

Pengujian resistansi adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai hambatan dari kaca FTO. Pada penelitian ini menunjukkan hasil resistansi dari kaca FTO dengan variasi temperatur kalsinasi 340 °C, 380 °C, dan 420 °C menghasilkan nilai resistansi 80,45 ohm, 59,6 ohm, dan 41,5 ohm. Hasil resistansi menurun diikuti dengan meningkatnya temperatur substrat yang digunakan, hal ini dipengaruhi oleh ketebalan lapisan semikonduktor yang menempel pada kaca. Hasil tersebut didapatkan karena ukuran partikelnya lebih kecil dari ukuran partikel yang di kalsinasi pada temperatur rendah ke temperatur tinggi [6].

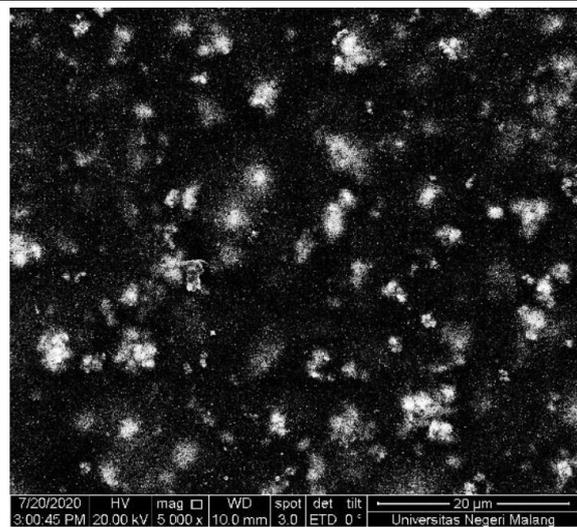
Pengujian transmisi adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat transparansi suatu material terhadap radiasi cahaya. Pada Gambar 1. Dapat dilihat variasi temperatur 340 °C, 380 °C, 420 °C menghasilkan nilai transmisi dengan rata-rata yaitu 95,15 %, 85,38 %, 85,11 % dengan menggunakan Panjang gelombang 400 nm sampai dengan 800 nm. Nilai transmisi tersebut didapatkan karena dipengaruhi oleh ketebalan lapisan yang menempel pada kaca. Semakin tinggi temperatur substrat yang digunakan maka lapisan tipis akan semakin tebal [6].



Gambar 1. Hasil Transmittansi variasi 340 °C, 380 °C, 450 °C

**Hasil Pengujian DSSC**

Pengujian SEM adalah pengujian karakterisasi yang dilakukan untuk mengetahui bentuk morfologi dari permukaan serbuk katalis TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan perbesaran 1.000 - 20.000x. Hasil dari pengujian SEM pada lapisan tipis berbahan dasar TiO<sub>2</sub> dengan metode *doctor blade* ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil SEM pada perbesaran 1.000x menunjukkan bahwa terdapat rongga yang terbentuk pada lapisan tersebut. Terbentuknya rongga pada lapisan tersebut dapat memperbanyak jumlah *dye* yang teradsorp [5].



Gambar 2. Hasil uji SEM TiO<sub>2</sub>

Pengujian arus dan tegangan dilakukan menggunakan AVO meter digital yang disambungkan pada sampel DSSC untuk dibuat rangkaian terbuka dalam pengambilan data tegangan (VOC) dan rangkaian tertutup dalam pengambilan data arus (ISC). Pada Gambar 3. Terlihat bahwa nilai efisiensi dari DSSC dengan variasi *dye* tunggal dan *dye* campuran. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa variasi *dye* campuran memiliki nilai efisiensi tertinggi dengan masing-masing nilai efisiensi *dye* tunggal daun pandan menghasilkan nilai efisiensi 0,0166 %, *dye* tunggal kulit terong ungu menghasilkan nilai efisiensi 0,0202 %, dan *dye* campuran mengasihkan nilai efisiensi 0,2525 %. Pemakaian *dye* campuran memiliki efisiensi tertinggi karena *dye* campuran membuat sinergi antara dua jenis *dye* sehingga panjang gelombang cahaya tampak yang diserap lebih besar.

Tabel 1. Hasil efisiensi dari variasi *dye*

Dye	η (%)
Daun Pandana	0,0166 %
Kulit Terong Ungu	0,0202 %
Campuran	0,2525 %

**KESIMPULAN**

1. Variasi temperatur 340 °C, 380 °C, dan 420 °C menghasilkan nilai resistansi 80,45 ohm, 59,6 ohm, dan 41,5 ohm. Variasi temperatur tersebut juga menghasilkan nilai transmisi 95,15 %, 85,38 %, dan 85,11 %.
2. Hasil karakteristik dari pengujian SEM menunjukkan bahwa bentuk morfologi dari lapisan semikonduktor terbentuk rongga. DSSC dengan variasi *dye* daun pandan, *dye* kulit terong ungu, dan *dye* campuran menghasilkan nilai efisiensi 0,0166 %, 0,0202 %, dan 0,2525 %. Hasil efisiensi tertinggi didapatkan pada variasi *dye* campuran dengan efisiensi 0,2525 %.

**SARAN**

1. Merapikan kabel pada tungku agar dapat tertutup

- dengan sempurna.
2. Proses pelapisan bahan semikonduktor dilapisi 2x agar terbentuk lapisan yang baik.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Cho, K. C., H. Chang, C. H. Chen, M. J. Kao, dan X. R. Lai. 2014. A study of mixed vegetable dyes with different extraction concentrations for use as a sensitizer for dye-sensitized solar cells. *International Journal of Photoenergy*.
- [2] Diah Lestari Pangestuti, Gunawan, A. H. 2008. *Jurnal kimia sains dan aplikasi pembuatan dye sensitized solar cell ( dssc ) dengan sensitizer*. 11(3):70–77.
- [3] Fernando, T., S. Ridwan, M. Gratzel, dan O. Regan. 2013. Dye sensitized solar cells ( dssc ) berbasis nanopori tio 2 menggunakan antosianin dari berbagai sumber alami. 155–162.
- [4] Gürakar, S., T. Serin, dan N. Serin. 2014. Electrical and microstructural properties of (cu, al, in)-doped sno2 films deposited by spray pyrolysis. *Advanced Materials Letters*. 5(6):309–314
- [5] Isah Kimpa, M., M. Momoh, K. Uthman Isah, H. Nawawi Yahya, dan M. Muhammed Ndamitso. 2012. Photoelectric characterization of dye sensitized solar cells using natural dye from pawpaw leaf and flame tree flower as sensitizers.
- [6] Lidia, B., J. Fisika, F. Matematika, P. Alam, U. N. Padang, J. Prof, H. Air, P. Physics, dan V. No. 2018. SINTESIS dan karakterisasi sifat optik film tipis hausmannite ( mn 3 o 4 ) dengan metode spin coating. 11(2):9–16.