

## Studi Awal Pengaruh Ekstrak Buah Naga Merah sebagai Bahan Dye Pada Sel Surya

### *Effect of Red Dragon Fruit Extract as Dye in Solar Cells*

Ajeng Eliyana<sup>\*)</sup>, Deska Lismawenning Puspitarum, Dana Laksono  
*Institut Teknologi Sumatera*

\*E-mail: eliyanaajeng13@gmail.com

### ABSTRACT

Along with the development of nanotechnology, the development of solar cells entered a significant stage with the emergence of the newest generation, namely DSSC (Dye Sensitized Solar Cell). The utilization of dragon fruit skin which has been extracted as dye in dye sensitized solar cells and solar cell development to realize sustainable energy supply is the main target in this study. The method carried out begins with the synthesis of nanoparticles from organic material ( $\text{TiO}_2$ ), to obtain good  $\text{TiO}_2$  material as an anti-reflection, where anti-reflection is selected on DSSC technology to reduce light reflection in the visible light region. The crystal size of  $\text{TiO}_2$  was analyzed as an oxide layer material in DSSC. DSSC synthesis was carried out and the parameters of organic solar cell devices (DSSC) were optimized to obtain solar cells with good conversion efficiency. The results showed that the size of  $\text{TiO}_2$  obtained was an average of 0.211 nm and the maximum wavelength value of the extract of the dragon fruit dye solution was 530 nm.

**Keywords:** dye, solar cell, DSSC,  $\text{TiO}_2$ .

### PENDAHULUAN

Ketersediaan sumber energi konvensional dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi sampai saat ini semakin menipis dan diperkirakan bahwa kandungan minyak bumi yang akan habis. Untuk mewujudkan persediaan energi yang berkelanjutan berbagai upaya telah dilakukan yaitu mencari sumber-sumber cadangan yang baru termasuk pengembangan sumber energi alternatif ataupun sumber energi terbarukan. Sel surya merupakan alternatif yang cukup menjanjikan dalam penggunaan energi. Dalam perkembangan pembuatannya, sel surya dibedakan menjadi tiga yaitu sel surya yang terbuat dari silikon tunggal, dan silikon multi kristal. Kedua, sel surya tipe lapisan tipis dan yang ketiga sel surya organik (DSSC, *Dye Sensitized Solar Cell*) (Ekasari, 2013).

Ketersediaan bahan baku yang dapat diperbaharui, fleksibilitas, dan biaya produksi yang murah menjadikan sel surya organik menarik minat banyak peneliti dalam satu dekade terakhir. Bahkan dilaporkan bahwa sel surya organik saat ini telah mencapai efisiensi konversi sekitar 5%, khususnya sel surya organik berbasis molekul-molekul kecil (Schauer, 2005).

Pada sel surya organik, absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye*. (Nadeak, 2012). Tegangan yang dihasilkan oleh sel surya nanokristal tersensitisasi *dye* berasal dari

perbedaan tingkat energi konduksi elektroda semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dengan potensial elektrokimia pasangan elektrolit redoks. Sedangkan arus yang dihasilkan dari sel surya terkait langsung dengan jumlah foton yang terlibat dalam proses konversi dan bergantung pada intensitas penyinaran serta kinerja *dye* yang digunakan (Li *et al.*, 2006).

Peneliti lain melaporkan bahwa upaya pengembangan sel surya organik dapat dilakukan melalui optimalisasi transfer pembawa muatan dalam lapisan fotoaktif yang mengandung *phthalocyanine* sebagai donor dan molekul  $\text{C}_{60}$  sebagai akseptor (Johnev *et al.*, 2005). Molekul-molekul fotoaktif pada dasarnya dapat dijumpai pada berbagai jenis buah-buahan dengan konsentrasi yang berbeda-beda seperti gugus *phthalocyanine*, *phenilamine*, *benzidine*, ataupun *carboximide*.

Gugus-gugus molekul ini akan menghasilkan pasangan pembawa muatan (elektron dan hole) jika diberi penyinaran. Elektron yang tereksitasi menuju semikonduktor anorganik dengan *band-gap* yang lebar. Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) merupakan semikonduktor anorganik yang mempunyai *band-gap* lebar (Gratzel, 2003).

Hal inilah yang menjadi dasar pemikiran sehingga penelitian tentang ekstraksi molekul fotoaktif dari buah-buahan lokal penting untuk dilakukan. Dalam penelitian ini *dye* alami yang digunakan yaitu *antiosianin* yang terdapat pada

ekstrak kulit buah naga, buah naga ini mudah diperoleh.

## METODE

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi TiO<sub>2</sub> teknis, substrat kaca Fluorine Tin Oxide (FTO), etanol 99%, Aseton, aquades, kulit buah naga merah.

Peralatan yang digunakan yaitu multimeter digital, timbangan digital, *Magnetic Stirrer*, *Hotplate*, *beaker glass*, gelas ukur, labu ukur, *spatula*, pipet tetes, *mortal* dan *pastel*, cawan tahan panas, *ultrasonic cleaner*, *furnace* atau oven, multimeter, solder, kertas tisu, kain kassa, spiner (*spin coating*), Spektrofotometer UV-Vis, dan SEM.

### Prosedur Penelitian

#### Sintesis Serbuk TiO<sub>2</sub> dan Menyiapkan Lapisan Oksida TiO<sub>2</sub>

Semikonduktor TiO<sub>2</sub> yang telah disintesis 3,5 gram dan dicampur dengan etanol 15 ml digunakan sebagai dasar layer oksida. Campuran tersebut diaduk menggunakan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Campuran sol gel yang terbentuk dideposisikan pada kaca FTO (Fluorine Tin Oxide). Kaca FTO sebagai substrat yang digunakan pada DSSC yang merupakan kaca tranparan konduktif yang berfungsi sebagai bagian utama pembentuk DSSC dan muatan konduktifnya sebagai muatan mengalir.

#### Deposisi Lapisan Oksida TiO<sub>2</sub>

Langkah pertama deposisi lapisan TiO<sub>2</sub> adalah pencucian substrat kaca FTO (Fluorine Tin Oxide) dengan *ultrasonic cleaner* dengan aseton kemudian dilakukan *sonification bath* selama 10 menit, lalu dibersihkan kembali dengan menggunakan DI (deionized) *water*. Pembersihan selanjutnya dilakukan dengan methanol dengan metode yang sama seperti di atas, kemudian substrat dikeringkan dengan menggunakan semprotan gas nitrogen. Langkah selanjutnya, FTO disimpan di atas mesin *spin coating* dengan putaran sebesar 3000 rpm dengan posisi sisi konduktif menghadap ke atas. Pasta TiO<sub>2</sub> ditetaskan sebanyak 6 tetes.

#### Proses Annealing Lapisan Oksida

Lapisan oksida TiO<sub>2</sub> yang telah di deposisikan di atas FTO dalam furnace. Proses *annealing* ini dilakukan pada temperatur 550 °C dengan variasi waktu *holding* masing-masing adalah 60 menit dan 90 menit. Hal ini dimaksudkan agar molekul oksida saling mengikat sempurna dan molekul pelarut seperti *ethanol* dapat menguap.

#### Preparasi Larutan Dye Ekstrak Kulit Buah Naga Merah

Pembuatan larutan *dye* dilakukan dengan menggerus menggunakan mortar. 50 gram ekstrak kulit buah naga merah tersebut dilarutkan dengan campuran *aquades* sebanyak 25 ml, *ethanol* sebanyak 21 ml, dan asam asetat sebanyak 4 ml. Kemudian disaring dengan kain kassa agar diperoleh larutan *dye*-nya.

### Sensititasi Lapisan Oksida TiO<sub>2</sub>

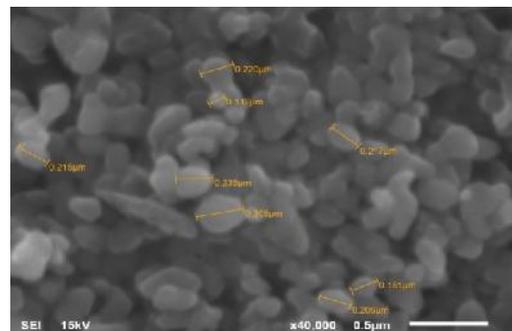
Dengan mencelupkan lapisan oksida FTO yang telah di-*annealing* ke dalam *dye* larutan buah naga merah. FTO diletakkan dengan posisi *layer* oksida menghadap ke atas. Kemudian dibiarkan selama kurang lebih dua jam sehingga larutan *dye* menyerap sempurna ke dalam layer oksida, kemudian FTO dibilas dengan aquades dan *ethanol* dan dikeringkan dengan tiupan Nitrogen.

### Karakterisasi nanopartikel TiO<sub>2</sub> dan pengaruh dye ekstrak buah naga merah

Karakteristik material yang dihasilkan pada setiap langkah eksperimen hanya dapat diketahui melalui hasil-hasil pengukuran. Dalam penelitian ini, karakterisasi TiO<sub>2</sub> menggunakan SEM EDS untuk melihat morfologi ukuran dari nanopartikel yang disintesis dan analisa kandungan *dye*, dan karakterisasi spektrofotometer UV-Vis untuk analisa pengukuran absorbansi dan panjang gelombang cahaya tampak yang diserap *dye*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

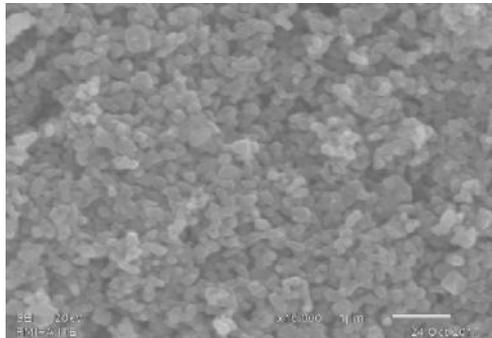
Hasil karakterisasi SEM pada TiO<sub>2</sub> ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan sebaran ukuran bulir-bulir TiO<sub>2</sub> yaitu rata-rata 0,211µm dengan pembesaran 40.000x. Ukuran yang diperoleh masih dalam skala mikro, hal ini dimungkinkan karena pada saat pengadukan dengan metode *magnetic stirrer* yang kurang lama, sehingga partikel-partikel yang dihasilkan belum berukuran nano.



Gambar 1. Hasil Karakterisasi SEM Pasta TiO<sub>2</sub> dengan pebesaran 40.000x.

Hasil karakterisasi SEM dari campuran sol gel TiO<sub>2</sub> yang dideposisi di atas kaca FTO menggunakan metode *spin coating* dengan putaran 3000 rpm dan *annealing* 110 °C selama 6 jam ditunjukkan pada Gambar 2. Kecepatan *spin coating* ini mempengaruhi ketebalan dari lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang terdeposisi, semakin cepat putaran yang digunakan maka film yang terbentuk semakin tipis, ini akan mempengaruhi homogenitas partikel TiO<sub>2</sub> yang ditumbuhkan, sehingga lapisan TiO<sub>2</sub> yang ditumbuhkan akan semakin transparan

sehingga mempengaruhi penyerapan sinar matahari secara maksimal.



Gambar 2. Hasil Karakterisasi TiO<sub>2</sub> di atas substrat FTO (Fluorin Tranparent Oxide).

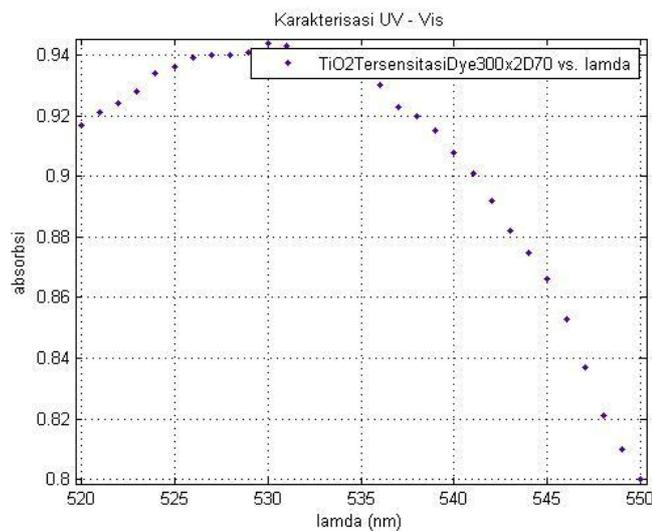
Hasil dari karakterisasi SEM TiO<sub>2</sub> diatas substrat FTO menunjukkan sebaran ukuran bulirnya yaitu rata-rata 0,183 μm. Sedikit berbeda dengan ukuran serbuk TiO<sub>2</sub> sebelum di deposisi diatas substrat FTO, hal ini disebabkan karena pasta TiO<sub>2</sub> yang di deposisi masih berukuran di skala mikro, pasta TiO<sub>2</sub> yang di deposisikan masih terlalu cair sehingga saat dilakukan *spin coating* masih mengumpul di tengah dan tersebar acak dipinggirnya

artinya ketebalan pasta TiO<sub>2</sub> belum homogen, dan yang terakhir yaitu pada saat proses *annealing* dimana suhu yang digunakan terlalu rendah 110 °C walaupun dilakukan selama 6 jam. Proses ini dilakukan dengan tujuan pasta TiO<sub>2</sub> jauh lebih melekat di substrat FTO dan memperbaiki struktur yang terbentuk.

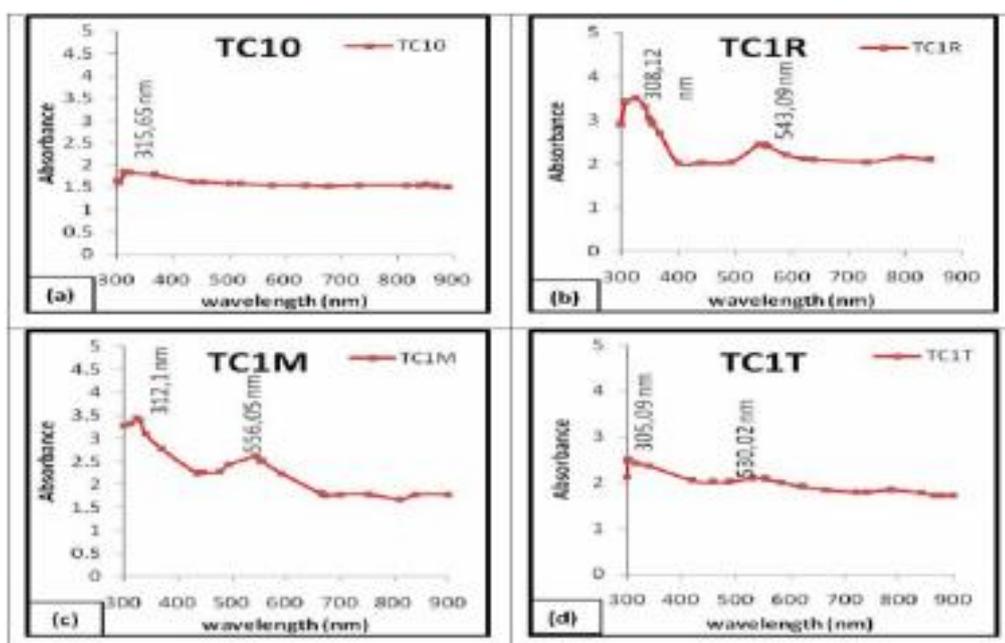
Untuk mengetahui absorbansi ekstrak *dye* kulit buah naga merah dilakukan melalui karakterisasi spektrofotometer UV-Vis. Absorbansi dapat terjadi tergantung pada kekuatan elektron yang terikat dalam molekul. Hubungan antara absorbansi ekstrak *dye* kulit buah naga merah terhadap foton yang dipancarkan oleh sinar matahari yaitu absorbansi yang besar terhadap energi cahaya matahari pada permukaan sel surya dapat mengeksitasi elektron-elektron dari bahan semikonduktor TiO<sub>2</sub> pada pita valensi ke pita konduksi, sehingga dapat menghasilkan arus listrik yang besar. Selain itu sifat transmitansi yang kecil akan meminimalkan energi foton yang terbuang, terlihat pada gambar 3, nilai panjang gelombang maksimum yang dihasilkan sebesar 530 nm.

Tabel 1. Nilai panjang gelombang dari berdasarkan konsentrasi TiO<sub>2</sub> dan Dye

No	Sampel	Konsentrasi		Absorbansi (max)	Panjang Gelombang (nm)
		Dye	TiO <sub>2</sub>		
1	Dye	30 %	-	0.867	530
2	TiO <sub>2</sub> Tersensitasi Dye	30 %	70 %	0.944	530
3	TiO <sub>2</sub> Tersensitasi Dye	70 %	30 %	0.52	525



Gambar 3. Hasil Karakterisasi UV-Vis dari Dye kulit buah naga merah



Gambar 4. Spektrum absorpsi (a) lapisan  $\text{TiO}_2$  tanpa *dye*, (b) lapisan  $\text{TiO}_2$  dengan *dye* rosella, (c) manggis, (d) terung belanda. (Dahlan, 2012)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Dahlan (2012) yang ditunjukkan pada Gambar 4, dimana menggunakan *dye* rosella, manggis dan terung belanda. terlihat bahwa absorpsi dari lapisan  $\text{TiO}_2$  tanpa diberi *dye* penyerapan terjadi pada rentang gelombang UV (300-380 nm), sedangkan untuk lapisan  $\text{TiO}_2$  setelah diberi *dye* yaitu gambar 4.(b), (c), dan (d)), spektrum absorpsi cahayanya terjadi pada rentang UV sampai rentang cahaya tampak. Dapat dilihat bahwa spektrum absorpsi cahaya yang paling lebar dimiliki oleh *dye* kulit buah manggis.

Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis untuk sampel  $\text{TiO}_2$  Tersensitasi Dye dilakukan dengan perbandingan 70 % dan 30 % dan  $\text{TiO}_2$  Tersensitasi Dye perbandingan 30 % dan 70%. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai panjang gelombang untuk konsentrasi 30 % Dye 70 %  $\text{TiO}_2$  lebih besar yaitu 530 nm (Tabel 1).

#### KESIMPULAN

Penambahan ekstrak larutan *dye* buah naga pada film tipis  $\text{TiO}_2$  dengan absorpsi maksimal ditunjukkan pada nilai panjang gelombang 530 nm dengan konsentrasi perbandingan 3:7.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Li, B., Wang, L., Kang, B., Wang, P. and Qiu, Y. 2006. *Solar Energy Mater Solar Cell*.
- Dahlan, D. 2014. Pengaruh Beberapa Jenis Dye Organik Terhadap Efisiensi Sel Surya Dye Sensitized Solar Cell. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(2): 74-79.
- Ekasari, V. 2013. Fabrikasi Dssc dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Offinale* Linn Var. Rubrum) Variasi Larutan  $\text{TiO}_2$  Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* 2(1): 2337-3520.
- Gratzel, M. 2003. Dye Sensitized Solar Cells, *Journal of Photochemistry and Photobiology C. Photochemistry reviews*. 4: 145-153.
- Johnev, B., Vogel, M., Fostiropoulos, K., Mertesacker, B., Rusu, M., Lux-Steiner, M.-C., Weidinger, A. 2005. Monolayer Passivation of the Transparent Electrode in Organic Solar Cells. *Thin Solid Films*. 488. 270-273.
- Nadeak, S. 2012. Variasi Temperatur dan Waktu Tahana Kalsinasi terhadap Unjuk Kerja Semikonduktor  $\text{TiO}_2$  sebagai Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Dye

dari Ekstrak Buah Naga Merah. *Jurnal Teknik ITS* 1(1): 2301-9271.

Schauer, F. 2005. Space-charge-limited. Currents for Organic Solar Cells Optimisation, *Solar Energy Mater & Solar*

*Cells* 87: 235-250.

Smestad GP. 1998. Education and Solar Conversion: Demonstrating Electron Transfer. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 55: 157-178.

