

## **PREPARASI DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) MENGUNAKAN EKSTRAK ANTOSIANIN UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.)**

**Retno Damayanti, Hardeli, Hary Sanjaya**

*Laboratorium Penelitian Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang  
Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat Padang 25131  
Email: noe\_1093@yahoo.co.id*

### **ABSTRACT**

This study aims to determine the effect of the concentration of semi-solid electrolyte/polymer gel and determine the effect of the dye absorption technique on  $\text{TiO}_2$  paste the resulting DSSC efficiency. The results obtained by XRD characterization of  $\text{TiO}_2$  crystal phase is anatase and rutile  $\text{TiO}_2$  with a crystal size of 30.27 nm. Based of testing the light absorption of dye extract of purple sweet potato is known that the spectrum of the dye can absorb light at 533 nm wavelength maximum. The result of the conversion of sunlight into electrical energy obtained the highest value is at the highest PEG concentration at 0.1 M is 0,38% for  $\text{TiO}_2$  paste is mixed directly with the dye and 0,23% for  $\text{TiO}_2$  paste soaking in the dye for 24 hours using an electrolyte semi-solid/gel polymer with an area of 1  $\text{cm}^2$ .

Key words: anthocyanin, DSSC, semi-solid electrolyte, FTIR, UV-Vis, XRD

### **PENDAHULUAN**

Sinar matahari dapat dirubah menjadi energi listrik menggunakan sel surya dengan cara mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi energi listrik. Berdasarkan bahan pembuatannya, sel surya terdiri dari dua macam. Yang pertama yaitu sel surya yang terbuat dari bahan silikon, tetapi pembuatan sel surya yang berbahan silikon membutuhkan biaya yang sangat mahal. Yang kedua adalah *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) (Susmiyanto dkk., 2013). DSSC merupakan sel surya yang dikembangkan pertama kali oleh Gratzel *et.al*, sehingga disebut juga sel Gratzel (Maddu dkk., 2007). Keunggulan DSSC yaitu bahan dasar pembuatannya relatif lebih murah dan ramah lingkungan.

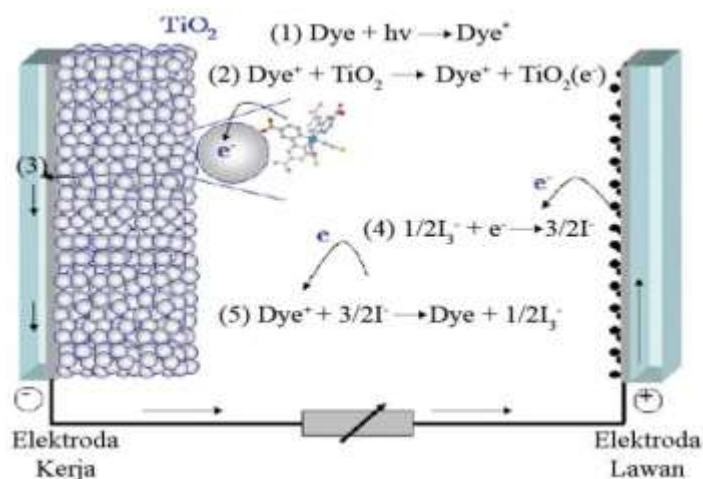
DSSC terdiri dari sepasang kaca elektroda yaitu elektroda kerja dan elektroda lawan yang mengapit elektrolit. Elektroda kerja merupakan kaca TCO (*Transparent Conducting Oxide*) yang dilapisi semikonduktor celah lebar yaitu  $\text{TiO}_2$  yang kemudian direndam dalam zat warna yang mengandung antosianin sebagai fotosensitizer sebagai transport pembawa muatan.

Sedangkan elektroda lawan merupakan TCO yang dilapisi karbon yang berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat reaksi redoks dengan elektrolit.

Proses yang terjadi di dalam DSSC dapat dijelaskan sebagai berikut (Kumara, 2012). *Pertama*, ketika foton dari sinar matahari menimpa elektroda kerja pada DSSC, energi foton tersebut diserap oleh larutan zat warna yang melekat pada permukaan partikel  $\text{TiO}_2$ , sehingga elektron dari zat warna mendapatkan energi untuk dapat tereksitasi ( $D^*$ ), dimana:  $D + \text{cahaya} \rightarrow D^*$ . *Kedua*, elektron yang tereksitasi dari molekul zat warna tersebut akan diinjeksikan ke pita konduksi  $\text{TiO}_2$  dimana  $\text{TiO}_2$  bertindak sebagai akseptor/kolektor elektron. Molekul zat warna yang ditinggalkan kemudian dalam keadaan teroksidasi ( $D^+$ ). Dimana:  $D^* + \text{TiO}_2 \rightarrow e^- \text{menuju } (\text{TiO}_2) + D^+$ . *Ketiga*, selanjutnya elektron akan ditransfer melewati rangkaian luar menuju elektroda lawan (elektroda karbon). *Keempat*, elektrolit redoks biasanya berupa pasangan iod-ide dan triiodide ( $I^-/I_3^-$ ) yang bertindak sebagai mediator elektron sehingga dapat menghasilkan proses siklus da-

lam sel. Triiodida dari elektrolit yang terbentuk akan menangkap elektron yang berasal dari rangkaian luar dengan bantuan molekul karbon sebagai katalis. *Kelima*, elektron yang ter-eksitasi masuk kembali ke dalam sel dan ber-eaksi dengan elektrolit menuju zat warna ter-oksidasi. Elektrolit menyediakan elektron peng-ganti untuk molekul zat warna teroksidasi. Se-hingga zat warna kembali ke keadaan awal de-ngan persamaan reaksi :  $D^+ + e^-(\text{elektrolit}) \rightarrow \text{elektrolit} + D$ . Ubi jalar ungu mengandung vitamin dan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh manusia seperti, vitamin A, vitamin C, kalsium dan zat besi. Sumber energi yang ter-

kandung dalam ubi jalar ungu yaitu dalam bentuk gula dan karbohidrat. Selain itu ubi jalar ungu memiliki kandungan zat warna yang disebut antosianin (Kristijarti dan Ariestya, 2012). Antosianin adalah zat penyebab warna merah, orange, ungu dan biru dan banyak terdapat pada bunga dan buah-buahan. Pigmen antosianin pada ubi jalar lebih tinggi konsentrasinya dan lebih stabil bila dibandingkan antosianin dari sumber lain, seperti kubis, *blueberries* dan jagung merah (Rozi dan Krisdiana, 2005). Tanaman ubi jalar ungu memiliki kadar antosianin yaitu 31,16 mg/100 g umbi (Susmiyanto dkk., 2013).



Gambar 1 Skema kerja DSSC(Susmiyanto dkk., 2013)

Selain zat warna, faktor lain yang berpengaruh dalam efisiensi DSSC adalah elektrolit. Elektrolit yang umum digunakan adalah pelarut anorganik berbentuk cair yang mengandung sistem redoks, yaitu pasangan  $I^-/I_3^-$ . Elektrolit cair dapat menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibanding elektrolit semi padat, akan tetapi penggunaan elektrolit cair ternyata menjadi salah satu faktor pembatas yang kritis dalam hal stabilitas jangka panjang dari sistem DSSC. Untuk mengatasi hal tersebut dalam penelitian ini digunakan elektrolit semi padat yang mempunyai keunggulan tidak mudah menguap, memiliki konduktivitas ion tinggi pada temperatur konstan dan mempunyai stabilitas jangka panjang (Pancaningtyas dan Akhlus, 2010).

Untuk dapat meningkatkan efisiensi yang dihasilkan maka dilakukanlah modifikasi dengan memvariasikan komposisi bahan pembuatan elektrolit semi padat serta teknik dalam penyerapan zat warna terhadap pasta  $TiO_2$ . Dengan hal ini diharapkan nantinya didapat efisiensi arus listrik yang lebih tinggi dengan elektrolit yang juga mempunyai stabilitas jangka panjang.

Menurut Ekasari dan Yudoyono (2013) telah melaporkan bahwa efisiensi DSSC dengan teknik  $TiO_2$  yang di campur dengan zat warna ekstrak jahe merah mempunyai efisiensi sebesar 0,78%, sedangkan  $TiO_2$  yang direndam ke dalam zat warna ekstrak jahe merah hanya mempunyai efisiensi 0,002%. Oleh karena itu pada penelitian ini dibandingkan efisiensi DSSC

dengan teknik  $\text{TiO}_2$  yang dicampur dengan zat warna ekstrak ubi jalar ungu dengan  $\text{TiO}_2$  yang direndam dalam zat warna ekstrak ubi jalar ungu.

Besarnya efisiensi DSSC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :  $\eta = \frac{P_{\max}}{P_{\text{in}}}$

100%, dimana  $P_{\max}$  = daya maksimum yang dihasilkan oleh DSSC;  $P_{\text{in}}$  = daya sumber cahaya yang digunakan; Daya maksimum diberikan oleh hubungan :  $P_{\max} = V_{\max} \cdot I_{\max}$ ;  $V_{\max}$  adalah tegangan maksimum yang dihasilkan dan  $I_{\max}$  adalah arus maksimum yang dihasilkan<sup>[2]</sup>. Sedangkan  $P_{\text{in}}$  bersumber dari matahari dengan intensitas sekitar  $1000 \text{ W/m}^2$  atau  $0,1 \text{ W/cm}^2$ .

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah XRD (X'Pert Powder PANalytical Pw 3060/40), FTIR (Perkinelmer tipe: FTIR Spektrometer Frontier), UV-VIS Agilent 8453, Multimeter Digital, gelas kimia 250 mL, gelas ukur, pipet tetes, pipet takar 5 dan 10 mL, batang pengaduk, magnetik stirer, spatula, cawan petri, lumpang alu, selotip, corong pisah, furnace dan multimeter digital.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu bubuk  $\text{TiO}_2$  Degusa P-25, metanol p.a, asam asetat p.a, etil asetat p.a, aquades, n-heksana p.a, ubi jalar ungu, kertas whatman, KI (kalium iodida),  $\text{I}_2$  (iodine), asetonitril p.a, cetyl trimethyl ammonium bromida, bubuk pensil, kaca ITO dan polietilen glikol (PEG).

### Preparasi Komponen-Komponen DSSC

Pasta  $\text{TiO}_2$  dibuat dari 1,5 gram bubuk  $\text{TiO}_2$  Degusa P-25, kemudian digerus, diayak, dan dimasukkan ke dalam gelas kimia. Ditambah 2,5 mL asam asetat dan distirer selama 30 menit. Ditambah 3 tetes cetyl trimethyl ammonium bromida dan distirer selama 30 menit. Pasta  $\text{TiO}_2$  yang telah terbentuk dimasukkan ke dalam botol dan ditutup.

### Preparasi Larutan Zat Warna

40 gram ubi jalar ungu dipotong kecil-kecil dan digerus halus dengan mortar, kemudian direndam dalam metanol : asam asetat : aquades (30:4:16 perbandingan volume) selama 24 jam. Selama perendaman, larutan ekstrak ubi

jalar ungu harus disimpan ditempat gelap. Setelah direndam selama 24 jam, selanjutnya ekstrak zat warna ubi jalar ungu disaring dengan menggunakan kertas saring whatman (Susmiyanto dkk., 2013). Hasil saringan diekstraksi dengan 25 mL n-heksana dengan corong pisah dikocok selama 30 menit, lalu diambil lapisan bawah. Dilanjutkan ekstraksi dengan etil asetat p.a sebanyak 25 mL seperti prosedur di atas. Hasil ekstraksi disimpan dalam botol gelap atau botol yang telah dilapisi aluminium.

*Preparasi Pasta  $\text{TiO}_2$*  (Wulandari dan Gontjang, 2012)

Preparasi Elektrolit Semi Padat (Gel Polymer) mengacu kepada Pancaningtyas dan Akhlus (2010). PEG 0,025 M (KI 0,5 M dan  $\text{I}_2$  0,05 M) disiapkan dengan cara mengambil sebanyak 0,498 gr KI dilarutkan ke dalam 6 mL asetonitril dalam gelas kimia. Pada gelas kimia lain, dimasukkan sebanyak 0,076 gr  $\text{I}_2$  dan 6 mL asetonitril, lalu diaduk hingga homogeny. Larutan pada kedua gelas tersebut dicampur dan diaduk hingga homogeny. Sebanyak 0,6 gr PEG dimasukkan dalam larutan elektrolit yang telah dibuat, dan diaduk hingga membentuk gel. Larutan PEG 0,05 M (KI 0,5 M dan  $\text{I}_2$  0,05 M) disiapkan dengan mengambil sebanyak 0,498 gr KI dilarutkan ke dalam 6 mL asetonitril dalam gelas kimia. Pada gelas kimia lain, dimasukkan sebanyak 0,076 gr  $\text{I}_2$  dan 6 mL asetonitril, lalu diaduk hingga homogeny. Larutan pada kedua gelas tersebut dicampur dan diaduk hingga homogen. Sebanyak 1,2 gr PEG dimasukkan dalam larutan elektrolit yang telah dibuat, dan diaduk hingga membentuk gel.

Larutan PEG 0,1 M (KI 0,5 M dan  $\text{I}_2$  0,05 M) disiapkan dengan cara mengambil sebanyak 0,498 gr KI dilarutkan ke dalam 6 mL asetonitril dalam gelas kimia. Pada gelas kimia lain, dimasukkan sebanyak 0,076 gr  $\text{I}_2$  dan 6 mL asetonitril, lalu diaduk hingga homogen. Larutan pada kedua gelas tersebut dicampur dan diaduk hingga homogeny. Sebanyak 2,4 gr PEG dimasukkan dalam larutan elektrolit yang telah dibuat, dan diaduk hingga membentuk gel.

Preparasi Counter Elektroda Karbon disiapkan dengan menggunakan grafit sebagai sumber karbon. Grafit dilapiskan ke TCO pada bagian konduktifnya, kemudian dipanaskan pada temperatur sekitar  $450^\circ\text{C}$  selama 10 menit agar grafit membentuk kontak yang baik sesama partikel karbon dengan TCO.

#### *Perakitan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*

Langkah pertama adalah perakitan sel surya untuk pasta  $\text{TiO}_2$  yang direndam dalam zat warna selama 24 jam. Pada kaca TCO yang berukuran  $2,5 \times 1,25$  cm dibentuk area tempat  $\text{TiO}_2$  dideposisikan dengan bantuan selotip pada bagian kaca yang konduktif sehingga terbentuk area sebesar  $1 \times 1$  cm. Pasta  $\text{TiO}_2$  dideposisikan di atas area yang telah dibuat pada kaca konduktif dengan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta. Kemudian lapisan dikeringkan selama kurang lebih 15 menit dan di *furnace* pada temperatur sekitar  $450^\circ\text{C}$  selama 30 menit. Lapisan  $\text{TiO}_2$  kemudian direndam dalam larutan zat warna selama 24 jam, lapisan  $\text{TiO}_2$  akan menjadi berwarna ungu. Pada proses ini terjadi adsorpsi antosianin ke permukaan  $\text{TiO}_2$ . Kemudian lapisan  $\text{TiO}_2$  yang telah direndam dalam zat warna dibilas pertama kali dengan aquades lalu dengan etanol dan dikeringkan dengan kertas tisu. Kemudian elektrolit gel polimer ditetaskan di atas permukaan  $\text{TiO}_2$  lalu ditutup dengan elektroda lawan (*counter electrode*) sehingga membentuk struktur *sandwich*. Kemudian agar struktur selnya mantap dijepit dengan klip pada kedua sisi.

DSSC siap untuk diuji disiapkan dengan merakit sel surya untuk pasta  $\text{TiO}_2$  yang dicampur bersama zat warna. Pada kaca TCO yang berukuran  $2,5 \times 1,25$  cm dibentuk area tempat  $\text{TiO}_2$  dideposisikan dengan bantuan selotip pada bagian kaca yang konduktif sehingga terbentuk area sebesar  $1 \times 1$  cm. Pasta  $\text{TiO}_2$  yang telah dibuat dicampur dengan zat warna, untuk membuat pasta yang dicampur zat warna, cukup menambahkan 1 mL zat warna untuk 1 gram pasta  $\text{TiO}_2$  dan distirer selama 10 menit agar semua tercampur merata. Campuran pasta  $\text{TiO}_2$  dan zat warna tersebut dideposisikan di atas area yang telah dibuat pada kaca konduktif dengan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta. Kemudian lapisan dikeringkan selama kurang lebih 15 menit dan di *furnace* pada temperatur sekitar  $200^\circ\text{C}$  selama 10 menit.

Kemudian elektrolit gel polimer ditetaskan di atas permukaan  $\text{TiO}_2$  lalu ditutup dengan elektroda lawan (*counter electrode*) sehingga membentuk struktur *sandwich*. Kemudian agar struktur selnya mantap dijepit dengan klip pada kedua sisi (Ekasari dan Yudoyono, 2013).

#### *Karakterisasi Bubuk $\text{TiO}_2$ dan Larutan Zat Warna*

X-Ray Difraction (XRD) diawali dengan karakterisasi dengan XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari serbuk  $\text{TiO}_2$  dengan mengetahui puncak-puncak sampel dan membandingkannya dengan puncak-puncak standar. Selanjutnya dilakukan pengujian absorpsi zat warna. Uji absorpsi zat warna dilakukan untuk mengetahui absorpsi cahaya oleh pigmen antosianin dari ubi jalar ungu dengan menggunakan UV-VIS.

#### *Pengujian Gugus Fungsi*

Uji adanya gugus fungsi dilakukan untuk mengetahui apakah senyawa yang terekstrak adalah antosianin. Analisis dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa antosianin dengan menggunakan FTIR.

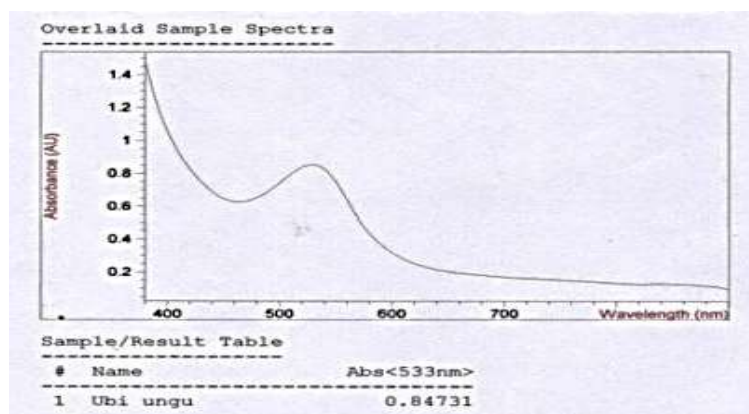
#### *Pengujian Arus Listrik*

Sel surya yang telah dirangkai dilakukan pengujian tegangan dan hambatannya menggunakan multimeter digital merk Sanwa. Sumber cahaya yang digunakan yaitu cahaya matahari langsung pada saat penyinaran cerah.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakterisasi Zat Warna**

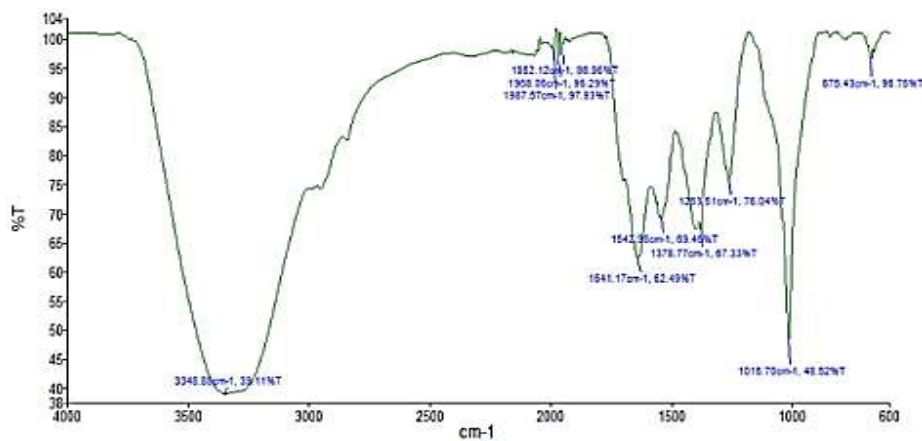
Sebelum digunakan sebagai sensitizer, ekstrak ubi jalar ungu terlebih dahulu dikarakterisasi dengan menggunakan instrumen UV-VIS. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui absorpsi cahaya oleh pigmen antosianin dari ubi jalar ungu. Spektrum absorpsi diukur pada rentang panjang gelombang 400-800 nm.



Gambar 2 Spektrum Absorbansi Ubi Jalar Ungu

Dari Gambar 2. dapat dilihat bahwa spektrum serapan ekstrak ubi jalar ungu cukup lebar dari 480-580 nm dengan panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\max}$ ) 533 nm. Serapan ekstrak ubi jalar ungu yang cukup lebar ini akan meningkatkan performansi dari sel surya. Hasil absorbansi dari ekstrak ubi jalar ungu ini cukup bagus untuk digunakan sebagai sumber zat warna pada *DSSC*.

Karakterisasi selanjutnya yaitu dengan menggunakan instrumen FTIR. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui kehadiran gugus fungsi yang terdapat pada ekstrak ubi jalar ungu. Pengujian spektrum bilangan gelombang dilakukan dengan menggunakan panjang gelombang 4000-600  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil karakterisasi spektrum bilangan gelombang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Spektrum Bilangan Gelombang Ekstrak Antosianin

Hasil interpretasi spektra FTIR tersaji dalam Tabel 1. Dari interpretasi spektra infra merah menunjukkan bahwa antosianin yang diekstrak mengandung gugus fungsi seperti  $\text{-OH}$  ditunjukkan oleh serapan tajam pada daerah

3348.88  $\text{cm}^{-1}$  yang didukung juga oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang 1015.70  $\text{cm}^{-1}$  untuk ikatan  $\text{-C-O}$  alkohol. Serapan ikatan rangkap  $\text{-C=C}$  aromatik ditunjukkan oleh serapan tajam pada bilangan

gelombang  $1641.17\text{ cm}^{-1}$  yang didukung juga oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang  $675.43\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan  $\text{-C-H}$  tekuk.

Berdasarkan hasil spektrum FTIR tersebut dapat disimpulkan bahwa senyawa yang diekstrak adalah antosianin.

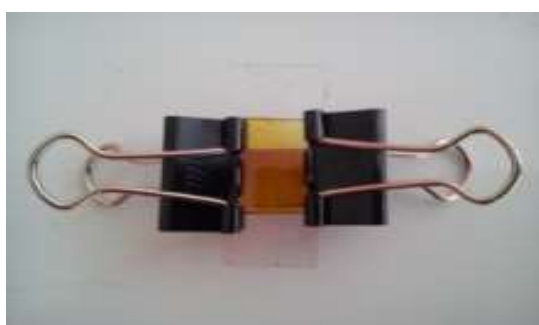
Tabel 1 Interpretasi Spektra FTIR Antosianin

| No | Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) |              | Bentuk Pita | Gugus Fungsi  |
|----|-----------------------------------------|--------------|-------------|---------------|
|    | Pada Spektra                            | Pada Pustaka |             |               |
| 1  | 3348.88                                 | 3500-3000    | tajam       | -OH           |
| 2  | 1641.17                                 | 1650-1450    | tajam       | -C=C aromatik |
| 3  | 1015.70                                 | 1230-1000    | tajam       | -C-O alkohol  |
| 4  | 675.43                                  | 900-690      | sedang      | -C-H tekuk    |

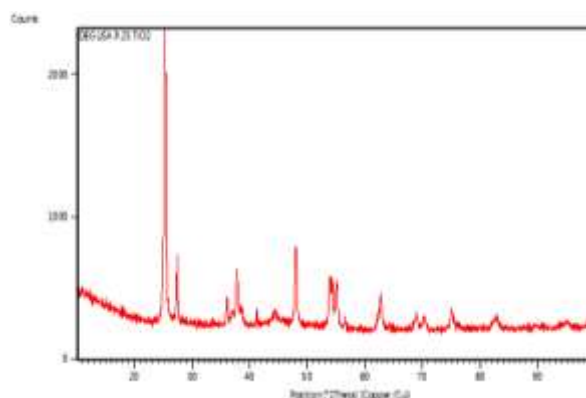
Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) menggunakan ekstrak antosianin ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*) sebagai sumber zat warna dilakukan dengan cara melapiskan  $\text{TiO}_2$  pada kaca TCO. Hasil ekstraksi zat warna ubi jalar ungu didapatkan larutan berwarna ungu kemerahan.  $\text{TiO}_2$  yang telah dilapiskan pada kaca TCO selanjutnya dikalsinasi pada suhu  $450^\circ\text{C}$ . Hasilnya pasta  $\text{TiO}_2$  berbentuk padatan putih yang menempel pada kaca TCO. Setelah itu direndam dalam larutan zat warna ubi jalar ungu yang mengandung pigmen antosianin, terbentuk warna ungu pada permukaan kaca yang merupakan kompleks dari  $\text{TiO}_2$  dengan antosianin. Lalu ditetesi dengan elektrolit, terbentuk warna coklat kehitaman, sedangkan untuk  $\text{TiO}_2$  yang dicampur dengan zat warna, kaca

TCO dikalsinasi pada suhu  $200^\circ\text{C}$ . Ketika dilapiskan pada kaca TCO, terbentuk padatan berwarna merah keunguan yang menempel pada kaca TCO. Lalu ditetesi dengan elektrolit, terbentuk warna coklat kehitaman.

DSSC ini kemudian diuji kemampuannya dalam mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Sebelum diuji nilai tegangan dan hambatannya, dilakukan karakterisasi terhadap fasa dan ukuran kristal  $\text{TiO}_2$  menggunakan XRD. Sampel yang dikarakterisasi dengan XRD adalah pasta  $\text{TiO}_2$  yang telah dikalsinasi pada suhu  $450^\circ\text{C}$  yang kemudian digerus menjadi serbuk kembali. Hasil karakterisasi XRD berupa pola difraksi (difraktogram) yang terdiri dari puncak-puncak karakteristik  $\text{TiO}_2$ , dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4 Rangkaian DSSC

Gambar 5 Merupakan Hasil XRD TiO<sub>2</sub> Degussa P25

Dari hasil uji tersebut dapat diketahui bahwa struktur kristal yang terbentuk adalah anatase dan rutile.

Tabel 2 Hasil Interpretasi Data XRD

| No | Hasil Pengukuran<br>2Theta | Kartu Interpretasi Data 2theta |        | Struktur Kristal |
|----|----------------------------|--------------------------------|--------|------------------|
|    |                            | Anatase                        | Rutile |                  |
| 1  | 25.315                     | 25.294                         | 27.411 | Anatase          |
| 2  | 47.934                     | 48.012                         | 44.002 | Anatase          |
| 3  | 37.800                     | 37.790                         | 36.090 | Anatase          |
| 4  | 53.901                     | 53.877                         | 54.302 | Anatase          |
| 5  | 27.389                     | 25.294                         | 27.411 | Rutile           |

Dari hasil interpretasi 5 puncak tertinggi pada data XRD di atas menunjukkan bahwa bubuk TiO<sub>2</sub> yang dikarakterisasi merupakan campuran dari fasa anatase dan rutile. Fasa anatase mempunyai kemampuan fotoaktif yang lebih tinggi dibanding rutile. Hal ini dikarenakan luas permukaan anatase lebih besar daripada rutile sehingga sisi aktif per unit anatase lebih besar. Adanya fasa anatase yang lebih banyak ini dapat meningkatkan efisiensi DSSC yang dihasilkan.

Selain bentuk kristal, pola difraktogram yang diperoleh dari data XRD juga dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal TiO<sub>2</sub> berdasarkan nilai FWHM (full width at half-maximum) pada berbagai puncak dengan menggunakan persamaan Scherer,  $D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta}$

Dengan D adalah ukuran kristal,  $\lambda = 0,154$  nm adalah panjang gelombang sinar-X,  $\beta$  adalah nilai FWHM (full width at half-maximum) masing-masing puncak karakteristik,  $\theta$  adalah sudut difraksi dan  $k \approx 0,94$  adalah sebuah konstanta. Hasil perhitungan masing-masing puncak diperoleh ukuran kristal TiO<sub>2</sub> yaitu 30,27 nm. Semakin kecil ukuran partikel TiO<sub>2</sub> maka berakibat semakin banyaknya zat warna yang teradsorpsi pada permukaan TiO<sub>2</sub> yang menyebabkan peluang penyerapan foton lebih besar sehingga meningkatkan jumlah elektron terinjeksi ke dalam partikel TiO<sub>2</sub> yang secara keseluruhan dapat meningkatkan performa DSSC.

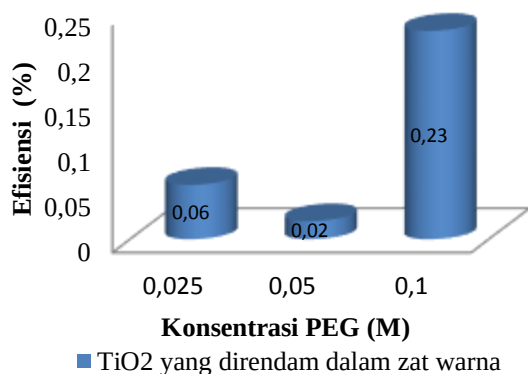
#### Perhitungan Efisiensi DSSC

Untuk mengetahui efisiensi DSSC dilakukan pengukuran tegangan dan hambatan

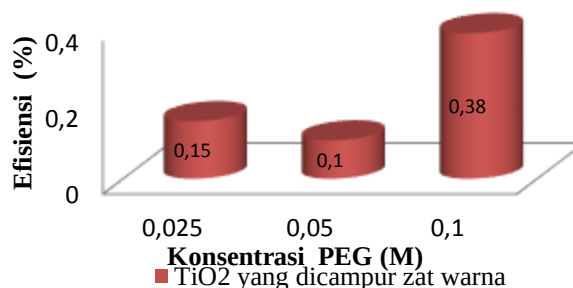
dengan bantuan cahaya matahari. Dari tegangan dan hambatan ini dihitung kuat arus yang dihasilkan dengan rumus  $V = I \times R$ . Dimana  $V$  adalah tegangan,  $I$  = arus dan  $R$  = resistensi.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Tegangan, Kuat Arus, Hambatan dan Efisiensi *DSSC* terhadap Cara Penyerapan Zat Warna Pada Pasta  $\text{TiO}_2$  dan Variasi Konsentrasi PEG

| Cara Penyerapan Zat Warna terhadap Pasta $\text{TiO}_2$          | PEG (M) | V (mV) | I ( $10^{-6}$ A) | R ( $\text{k}\Omega$ ) | $\eta$ (%) |
|------------------------------------------------------------------|---------|--------|------------------|------------------------|------------|
| Pasta $\text{TiO}_2$ yang Direndam dalam Zat Warna selama 24 Jam | 0,025   | 305.4  | 193.9047         | 1.575                  | 0.06       |
|                                                                  | 0,05    | 307.7  | 62.9243          | 4.89                   | 0.02       |
|                                                                  | 0,1     | 371.1  | 628.9830         | 0.590                  | 0.23       |
| Pasta $\text{TiO}_2$ yang Dicampur dengan Zat Warna              | 0,025   | 317.1  | 483.3841         | 0.656                  | 0.15       |
|                                                                  | 0,05    | 332.3  | 315.5745         | 1.053                  | 0.10       |
|                                                                  | 0,1     | 332.9  | 1140.0684        | 0.292                  | 0.38       |



Gambar 6 Kurva Efisiensi *DSSC* yang Dihasilkan untuk Pasta  $\text{TiO}_2$  yang direndam dalam Zat Warna selama 24 jam



Gambar 7 Kurva efisiensi *DSSC* yang Dihasilkan untuk Pasta  $\text{TiO}_2$  yang Dicampur dengan Zat Warna



Pada penelitian ini DSSC berhasil mengkonversi energi surya menjadi listrik yang ditunjukkan dengan nilai tegangan, kuat arus, hambatan dan efisiensi yang diperoleh pada Tabel 3.

DSSC berhasil mengkonversi sinar matahari menjadi listrik yang ditunjukkan dengan nilai tegangan maksimum pada multimeter. Dari data pada Tabel 3. dibuat grafik hubungan pengaruh konsentrasi PEG dan teknik penyerapan zat warna pada pasta  $\text{TiO}_2$  terhadap efisiensi yang dihasilkan. Berikut grafik hubungan pengaruh konsentrasi PEG dan teknik penyerapan zat warna pada pasta  $\text{TiO}_2$  terhadap efisiensi yang dihasilkan.

Efisiensi maksimum konversi energi matahari menjadi energi listrik diperoleh pada konsentrasi PEG 0.1 M yaitu 0,38 % untuk pasta  $\text{TiO}_2$  yang dicampur dengan zat warna dan 0.23 % untuk pasta  $\text{TiO}_2$  yang direndam dalam zat warna selama 24 jam. Teknik penyerapan zat warna terhadap pasta  $\text{TiO}_2$  mempunyai pengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan. Dimana pasta  $\text{TiO}_2$  yang dicampur dengan zat warna menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibanding pasta  $\text{TiO}_2$  yang direndam dalam zat warna selama 24 jam. Efisiensi yang dihasilkan yaitu 0.38 % untuk pasta yang langsung dicampur dengan zat warna dan 0.23 % untuk yang direndam dalam zat warna. Selain efisiensi yang dihasilkan lebih besar jika zat warna dan pasta  $\text{TiO}_2$  dicampur ada-lah efisiennya waktu yang digunakan, dimana pada teknik pencampuran tidak memerlukan waktu yang lama seperti perendaman yang membutuhkan waktu berjam-jam

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi PEG pada elektrolit semi padat mempunyai pengaruh terhadap efisiensi DSSC yang dihasilkan, dimana efisiensi tertinggi berada pada konsentrasi PEG 0.1 M yaitu 0.38 % untuk pasta  $\text{TiO}_2$  yang dicampur dengan zat warna dan 0.23% untuk pasta  $\text{TiO}_2$  yang direndam dalam zat warna selama 24 jam.
2. Teknik penyerapan zat warna terhadap  $\text{TiO}_2$  mampu meningkatkan efisiensi DSSC, dimana pasta  $\text{TiO}_2$  yang dicampur

langsung dengan zat warna menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibanding pasta  $\text{TiO}_2$  yang direndam dalam zat warna selama 24 jam.

### DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Susmiyanto D, Wibowo NA dan Sutresno A. 2013. Karakterisasi Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L) sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya Pewarna Tersensitisasi. *Seminar Nasional 2nd Lontar Physics Forum 2013*. Salatiga : Universitas Kristen Satya Wacana
- Maddu A, Zuhri M dan Irmansyah. 2007. Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya  $\text{TiO}_2$  Nanokristal Tersensitisasi Dye. *Makara Teknologi* Vol. 11, No. 2.
- Kumara, Maya SW dan Gontjang P. 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus Hybridus L.) sebagai Dye Sensitized dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC*. Surabaya : ITS
- Kristijarti AP, dan Ariestya A. 2012. *Isolasi Zat Warna Ungu pada Ipomoea batatas Poir dengan Pelarut Air*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat : Universitas Katolik Prahayangan
- Rozi F dan Krisdiana R. 2005. Prospek Ubi Jalar Berdaging Ungu Sebagai Makanan Sehat dalam Mendukung Ketahanan Pangan. *Laporan Penelitian*. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- Pancaningtyas L dan Akhlus S. 2010. *Peranan Elektrolit Pada Performa Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT)*. Surabaya : ITS
- Ekasari V dan Yudoyono G. 2013. Fabrikasi Dssc dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber Officinale Linn Var. Rubrum) Variasi Larutan  $\text{TiO}_2$  Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan Spin Coating. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Vol. 2, No.1
- Wulandari EH dan Gontjang P. 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Bunga Sepatu (Hibiscus Rosa Sinensis L)*

Retno Damayanti dkk. Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu

*sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi  
Lama Absorpsi Dye*. Surabaya : ITS.  
Septina W, Fajarisandi D dan Aditya M. 2007.  
*Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah*

*dengan Bahan Organik Inorganik (Dye  
Sensitized Solar Cell)*. Bandung : Institut  
Teknologi Bandung.