

## Identifikasi dan Karakterisasi Ekstrak Ketan Hitam (*Oriza sativa glutinosa*) sebagai Fotosensitizer dalam Pembuatan *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC)

### *Identification and Characterisation of “Black Sticky Rice” (*Oriza sativa glutinosa*) as Photosensitizer in development at Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)*

Agus Supriyanto<sup>\*</sup>), Ashari Bayu Prasada, Cari, Ulfa Mahfudli Fadli  
Jurusan Pascasarjana Ilmu Fisika Universitas Sebelas Maret, Surakarta

<sup>\*</sup>Email: agusf22@yahoo.com

#### ABSTRACT

It has successfully conducted a research to identify and characterize extract of black sticky rice (*Oryza sativa glutinosa*) as photosensitizers in making of Dye Sensitized Solar Cells (DSSC). Samples were made in the sandwich structure of couple of working electrode and counter electrode. The extraction process of dye in the black sticky rice was stirred for 1 hour and then allowed to stand for 24 hours. Identification of samples using FTIR (Fourier Transform Infra-Red) to determine the chemical bond formed in the sample. Test the absorbance of the sample using UV-Visible Spectrophotometer Lambda 25 test and characterization of current and voltage (I-V) using a Keithley 2602A. The results showed maximum absorbance black rice extract appears in two peaks namely at = 324 nm and = 477 nm. While the I-V curve measurements indicate the efficiency of the resulting large black rice extract was 0.028% on a 12-hour soaking period and 0,032% in 24 hours soaking time. These results indicate that longer soaking could increase the efficiency of the resulting value.

**Keywords:** ketan hitam (*oriza sativa glutinosa*), DSSC, FTIR, UV-Vis, Keithley

#### PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu energi alternatif yang dapat digunakan oleh manusia saat ini. Tidak seperti energi fosil dunia yang diperkirakan akan habis dalam 40 tahun untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara (Anh, 2006). Geografis Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia dapat menerima panas matahari yang lebih banyak daripada negara lain, yaitu 4800 watt/m<sup>2</sup>/hari (Manan, 2009). Berdasarkan fenomena ini, energi matahari di Indonesia merupakan energi yang paling potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif sepanjang waktu. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan cara merubah energi matahari ini menjadi energi listrik seperti pembuatan sel surya / *solar cell*.

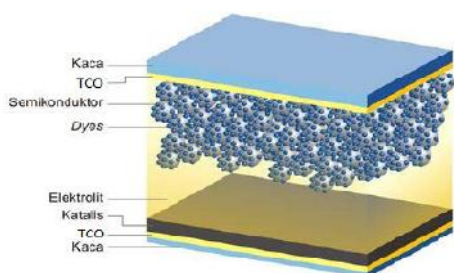
Sel surya berdasarkan perkembangan teknologi saat ini dan bahan pembuatannya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pertama, sel surya yang terbuat dari silikon tunggal, dan silikon multi kristal. Kedua, sel surya tipe lapis

tipis dan yang ketiga sel surya organik (*Dye Sensitized Solar Cell*) (Ekasari & Yudoyono, 2013).

Perkembangan yang menarik dari teknologi sel surya saat ini salah satunya adalah sel surya yang dikembangkan oleh Gratzel. Sel ini sering juga disebut dengan sel Gratzel, atau *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC) atau sel surya berbasis pewarna tersensitisasi (SSPT). DSSC memiliki potensi tinggi untuk terus dikembangkan menjadi sel surya generasi mendatang. Hal ini dikarenakan tidak memerlukan material dengan kemurnian tinggi, sehingga biaya produksi relatif rendah. Pada DSSC, absorpsi cahaya dan separasi muatan listrik terjadi pada proses yang terpisah, tidak seperti sel surya silikon yang seluruh prosesnya melibatkan silikon saja dan tidak terpisah. sehingga biaya produksi relatif rendah. Pada DSSC, absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye*, dan separasi muatan dilakukan oleh inorganik semikonduktor nanokristal yang mempunyai *band gap* lebar semikonduktor dengan *band gap* lebar akan memperbanyak elektron yang mengalir dari pita konduksi ke

pita valensi, yang membuat ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi *dye* akan menjadi lebih banyak, sehingga spektrum menjadi lebar (Wongcharee *et al.*, 2007).

*Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC) merupakan sel surya fotoelektrokimia sehingga digunakan elektrolit sebagai medium transport muatan. DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO<sub>2</sub>, molekul *dye* yang teradsorpsi di permukaan TiO<sub>2</sub> dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif. Struktur DSSC tampak seperti Gambar 1.



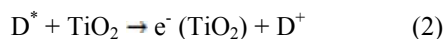
Gambar 1. Skema DSSC dengan modifikasi (Maya dan Gontjang, 2012)

Pada dasarnya prinsip kerja DSSC mengkonversi energi cahaya ke listrik dalam skala molekuler dalam bentuk reaksi dari transfer elektron, secara skematik ditunjukkan pada Gambar 2. Sedangkan proses yang terjadi di dalam DSSC dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Ketika foton dari sinar matahari menimpa elektroda kerja pada DSSC, energi foton tersebut diserap oleh larutan *dye* yang melekat pada permukaan TiO<sub>2</sub>. Sehingga elektron dari *dye* mendapatkan energi untuk dapat tereksitasi (D<sup>\*</sup>).



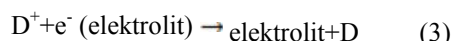
- Elektron yang tereksitasi dari molekul *dye* tersebut akan diinjeksikan ke pita konduksi TiO<sub>2</sub> dimana TiO<sub>2</sub> bertindak sebagai akseptor / kolektor elektron. Molekul *dye* yang ditinggalkan kemudian dalam keadaan teroksidasi (D<sup>+</sup>)



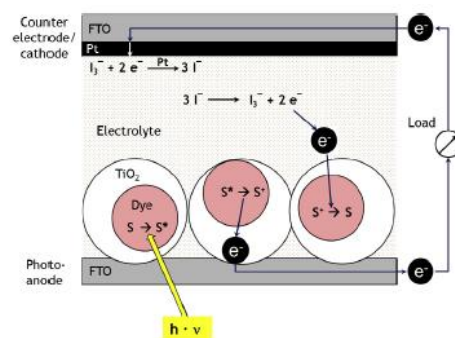
- Selanjutnya elektron akan ditransfer melewati rangkaian luar menuju elektroda pembanding (elektroda karbon).
- Elektrolit redoks biasanya berupa pasangan iodide dan triiodide (I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang bertindak sebagai mediator elektron sehingga dapat menghasilkan proses siklus dalam sel.

Triiodida dari elektrolit yang terbentuk akan menangkap elektron yang berasal dari rangkaian luar dengan bantuan molekul karbon sebagai katalis.

- Elektron yang tereksitasi masuk kembali ke dalam sel dan bereaksi dengan elektrolit menuju *dye* teroksidasi. Elektrolit menyediakan elektron pengganti untuk molekul *dye* teroksidasi. Sehingga *dye* kembali ke keadaan awal dengan persamaan reaksi (Smestad dan Gratzel, 1998):



Prinsip kerja DSSC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip kerja DSSC (Hug *et al.*, 2014)

DSSC tidak terlepas dari *dye* (pewarna), sejauh ini *dye* yang digunakan sebagai sensitizer dapat berupa *dye* sintesis maupun *dye* alami. *Dye* sintesis umumnya menggunakan organik logam berbasis *ruthenium complex*. Pada penelitian yang pernah dilakukan, pewarna dari senyawa *ruthenium complex* dapat mencapai efisiensi 11-12% (Chiba *et al.*, 2006). Namun, jumlah pewarna *ruthenium complex* terbatas dan harganya cukup mahal. Dengan alasan tersebut, penelitian berkembang ke arah pencarian pewarna alami yang diekstrak dari bunga, daun, dan buah-buahan (Zhou *et al.*, 2011). Pewarna alami yang digunakan sebagai *sensitizer* pada DSSC tergolong ramah lingkungan, pembuatannya pun mudah dan murah meskipun *lifetime* nya rendah (Lee & Mengjin, 2011).

Pewarna (*dye*) alami yang digunakan sebagai fotosensitizer, salah satunya berupa ekstrak antosianin. Antosianin adalah bagian dari senyawa fenol yang tergolong flavonoid. Antosianin merupakan zat warna yang paling penting dan tersebar luas, pigmen yang

memberikan warna merah, biru, ungu pada tumbuhan tinggi dan mudah larut dalam air (Durst & Wrolstad, 2005). Salah satu sumber antosianin yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia adalah beras berwarna. Saat ini telah dikenal beberapa jenis beras yang kaya akan antosianin, seperti beras hitam, beras merah, dan ketan hitam (*oriza sativa glutinosa*) (Itani dan Ogawa, 2004). Dalam penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan karakterisasi ekstrak ketan hitam (*oriza sativa glutinosa*) sebagai fotosensitizer dalam pembuatan *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC).

## METODE

### Alat dan Bahan

Bahan—bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi substrat kaca *Fluorine Doped Tin Oxide* (FTO), Titanium (IV) oxide ( $\text{TiO}_2$ ) nanopowder 21 nm, Polyethylene Glycol (PEG) 400, Pottasium iodide (KI), Iodine ( $\text{I}_2$ ), ethanol, asam asetat, aquades, Triton X -100, Pt (*Hexachloroplatinic (IV) acid* 10%), isopropanol, alkohol 70%, dan ketan hitam. Peralatan yang digunakan antara lain multimeter digital, *hot plate with magnetic stirrer*, *hairdryer*, *ultrasonic cleaner*, gelas beker 10 ml dan 50 ml, pipet tetes, botol kaca 5 ml, timbangan digital, kertas saring no.42, mortar, tisu, pisau, furnace, dan *spin coater*.

### Persiapan

Tahap persiapan ini meliputi pembersihan alat-alat untuk ekstraksi dan pembuatan pasta  $\text{TiO}_2$ . Proses persiapan untuk ekstraksi dilakukan dengan pembersihan alat berupa mortar, kaca *Fluorine Doped Tin Oxide* (FTO), botol kaca, gelas beker, dan pipet tetes dengan larutan ethanol dan menggunakan *ultrasonic cleaner* agar terbebas dari material-material yang tidak mampu dibersihkan dengan air saja. Kaca yang bersih mempengaruhi hasil pengujian dari sampel yang akan dilapiskan pada kaca substrat.

### Pembersihan kaca FTO (*Fluorine Doped Tin Oxide*)

Alkohol 70% dituang pada gelas kimia sebanyak 150 ml. Kaca FTO ukuran 2,5 x 2,5 cm yang akan dibersihkan dimasukkan pada gelas kimia yang telah berisi alkohol. *Ultrasonic cleaner* diisi aquades sampai batas yang ditentukan. Gelas kimia yang berisi alkohol dan kaca FTO dimasukkan ke *ultrasonic cleaner* diset 30 menit. Setelah 30 menit, kaca dikeringkan menggunakan *hair dryer*. Kemudian diukur resistansi pada kaca FTO menggunakan multimeter digital.

### Pembuatan Pasta $\text{TiO}_2$ Nano

$\text{TiO}_2$  serbuk nano sebanyak 0,5 gram dilarutkan dalam 2 ml ethanol ditambah 0,5 ml asam asetat. Setelah itu ditambahkan juga 0,1 ml Triton X-100 kemudian diaduk menggunakan *vortex stirrer*

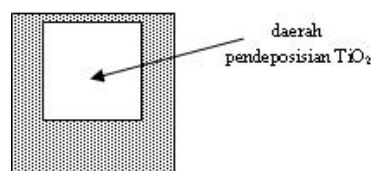
dengan kecepatan 200-300 rpm selama 30 menit. Pasta  $\text{TiO}_2$  yang sudah terbentuk dimasukkan ke dalam botol yang dilapisi aluminium foil dan disimpan pada tempat yang terhindar dari sinar matahari secara langsung untuk mengurangi proses penguapan.

### Ekstraksi Antosianin Ketan Hitam (*Oriza Sativa Glutinosa*)

Ketan hitam ditimbang menggunakan timbangan digital sebanyak 10 gram. Selanjutnya ketan hitam digerus dan dihaluskan menggunakan mortar. Beras ketan hitam yang sudah halus dilarutkan dalam 35 ml campuran pelarut ethanol : asam asetat : aquades dengan perbandingan 30:4:16, kemudian diaduk selama 60 menit menggunakan *vortex stirrer* dengan kecepatan putar 300 rpm dalam suhu 60°C. Setelah bahan terlarutkan, didiamkan selama 24 jam dan disaring dengan kertas saring no.42. Hasil ekstraksi disimpan dalam wadah tertutup dan terlindung dari sinar matahari.

### Pembuatan Elektroda Kerja

Elektroda kerja dibuat dari kaca konduktif FTO yang di atasnya dideposisikan pasta  $\text{TiO}_2$  nano dengan teknik *spin coating*. Pada kaca FTO berukuran 2,5 x 2,5 cm dibentuk area untuk pendeposisian  $\text{TiO}_2$  berukuran 2 x 1,5 cm diatas permukaan konduktif. Sisi FTO ditempel selotip sebagai pembatas. Pasta  $\text{TiO}_2$  diteteskan di atas kaca FTO yang sudah direkatkan di dalam *spinner*, kemudian distirrer dengan kecepatan 200-300 rpm dengan waktu yang sudah ditentukan. Kaca FTO yang telah terlapisi  $\text{TiO}_2$  tersebut dipanaskan menggunakan *hotplate* pada suhu 500°C selama 60 menit, kemudian didinginkan sampai mencapai suhu ruangan. Skema area deposisi pasta  $\text{TiO}_2$  ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema area deposisi pasta  $\text{TiO}_2$

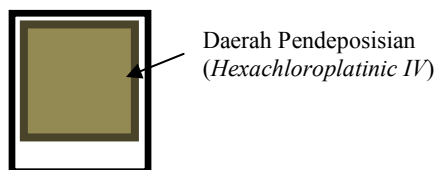
### Pembuatan Larutan Elektrolit

Pottasium iodide (KI) sebanyak 0,8 gram (0,5 M) berbentuk padatan dicampur ke dalam 10 ml polyethylene glycol kemudian diaduk. Selanjutnya ke dalam larutan tersebut ditambahkan Iodine ( $\text{I}_2$ ) sebanyak 0,127 gram (0,05 M) kemudian diaduk dengan *vortex stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit. Larutan elektrolit yang sudah jadi, disimpan dalam wadah tertutup yang dilapisi dengan aluminium foil.

### Pembuatan Elektroda Lawan

Elektroda lawan berupa kaca konduktif FTO yang telah dilapisi lapisan tipis Platina (*Hexachloroplatinic (IV) acid* 10%). Adapun langkah pembuatan elektroda lawan yaitu 1 ml

Hexachloroplatinic (IV) acid 10% dicampur dengan 207 ml isopropanol kemudian diaduk menggunakan vortex stirrer dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit. Kaca FTO dipanaskan menggunakan hotplate pada suhu 250°C selama 15 menit kemudian ditetesi larutan platina sebanyak 3 ml ke atas permukaan substrat kaca FTO dengan metode tetes. Kaca yang telah ditetesi platina kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Skema area deposisi Platina ditunjukkan pada Gambar 4.



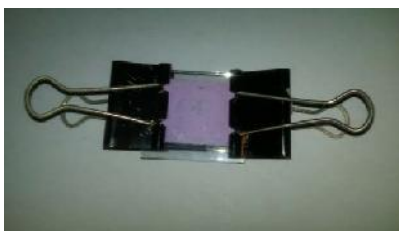
Gambar 4. Skema area deposisi Platina

#### Absorpsi Dye Pada Lapisan TiO<sub>2</sub>

Substrat Kaca konduktif FTO yang telah dideposisikan lapisan TiO<sub>2</sub> kemudian direndam dalam larutan dye ekstrak ketan hitam selama kurang lebih 24 jam.

#### Pembuatan Sandwich DSSC

Susunan lapisan DSSC berupa kaca FTO yang telah dilapisi dengan TiO<sub>2</sub> dan telah direndam dalam larutan dye hasil ekstraksi disebut elektroda kerja. Elektroda kerja tersebut ditetesi larutan elektrolit kemudian ditutupi dengan kaca yang sudah dilapisi Platina yang disebut elektroda lawan. Kemudian susunan DSSC tersebut dijepit dengan sebuah penjepit di dua sisi kanan dan kiri agar tidak bergeser. Hasil DSSC yang telah jadi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil susunan DSSC

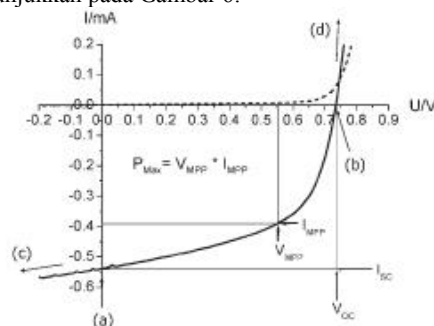
#### Karakterisasi dan Pengukuran dye Ketan Hitam

Pada penelitian ini, jenis karakterisasi yang dilakukan adalah FTIR dan UV-vis Spectrophotometer. Pengujian Fourier Transform Infra Red (FTIR) pada dye (pewarna) dilakukan untuk mengetahui ikatan kimia yang terdapat pada ekstrak ketan hitam. Analisis dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa dari ekstrak ketan hitam. Pengujian UV-vis Spectrophotometer dilakukan untuk mengetahui spektrum absorpsi dari pewarna ekstrak ketan hitam menggunakan UV-vis 1601 PC

Spectrophotometer pada panjang gelombang 300 nm hingga 800 nm.

#### Performansi Sel Surya

Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan dan arus. Kemampuan ini direpresentasikan dalam kurva arus tegangan (*I-V*) ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva arus-tegangan (*I-V*) DSSC (Soga, 2009)

Gambar 6. memperlihatkan tegangan open circuit ( $V_{oc}$ ), arus short circuit ( $I_{sc}$ ), Maximum Power Point (MPP), arus tegangan pada MPP :  $I_{MPP}$ ,  $V_{MPP}$ , dan fill factor. Ketika sel dalam kondisi short circuit, arus maksimum atau arus short circuit ( $I_{sc}$ ) dihasilkan. Sedangkan pada kondisi open circuit tidak ada arus yang dapat mengalir sehingga tegangannya menjadi maksimum atau disebut tegangan open circuit ( $V_{oc}$ ). Titik pada kurva *I-V* yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum (MPP).

Fill factor (FF) merupakan suatu ukuran kuantitatif kualitas suatu sel surya, serta merupakan ukuran luas persegi kurva *I-V*, fill factor dapat diperoleh menggunakan persamaan :

$$FF = \frac{V_{max} \times I_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (4)$$

Daya maksimum yang dihasilkan sel surya, dapat diperoleh melalui persamaan :

$$P_{maks} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (5)$$

Efisiensi ( $\eta$ ) yang dihasilkan sel surya dapat diperoleh melalui persamaan :

$$\eta = \frac{P_{maks}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{I(t) \times A_c} \quad (6)$$

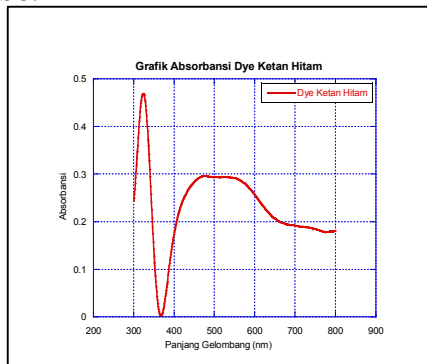
Efisiensi sel surya merupakan perbandingan kuantitatif dari daya maksimum yang dihasilkan sel ( $P_{maks}$ ) dengan daya dari cahaya yang datang ( $P_{in}$ ) dapat ditentukan dengan persamaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum digunakan sebagai sensitizer, ekstrak ketan hitam terlebih dahulu dikarakterisasi dengan menggunakan instrumen UV-Vis. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui absorpsi cahaya oleh pigmen antosianin dari

ketan hitam. Spektrum absorbansi ketan hitam ditunjukkan pada Gambar 7.

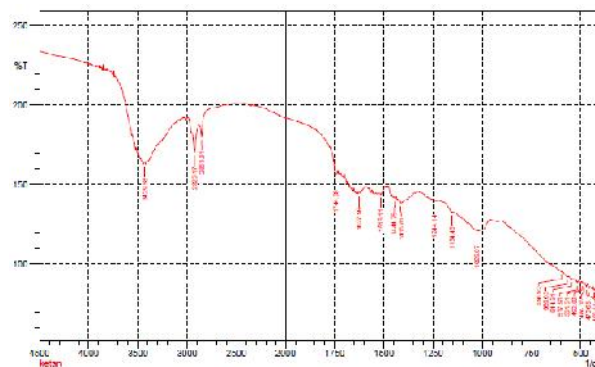
Dari Gambar 7. Dapat dilihat bahwa absorbansi maksimum ekstrak ketan hitam berada pada panjang gelombang  $\lambda_1 = 324$  nm dan  $\lambda_2 = 477$  nm dengan nilai absorbansi maksimumnya masing-masing adalah 0,4689 dan 0,2964. Absorbansi dye (pewarna) ketan hitam menunjukkan bahwa bahan tersebut mampu bekerja pada rentang absorbansi cahaya tampak (*visible light*) sehingga pewarna dari yang diekstrak dari ketan hitam ini mampu menyerap energi sinar matahari dengan baik dan mampu memaksimalkan kinerja dari DSSC.



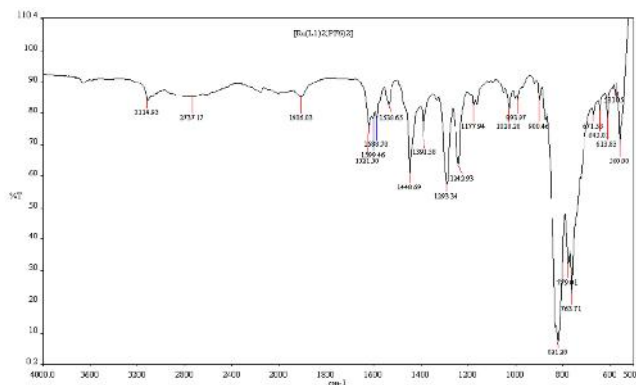
Gambar 7. Spektrum Absorbansi Ketan Hitam

Karakterisasi selanjutnya yaitu dengan menggunakan instrumen FTIR. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui kehadiran gugus fungsi yang terdapat pada ekstrak ketan hitam. Pengujian spektrum bilangan gelombang dilakukan dengan menggunakan panjang gelombang. Hasil karakterisasi spektrum bilangan gelombang dapat dilihat pada Gambar 8.

Dari interpretasi spektra infra merah menunjukkan bahwa ekstrak dari ketan hitam mengandung gugus fungsi seperti  $-OH$  ditunjukkan oleh serapan tajam pada daerah  $3429.58\text{ cm}^{-1}$  yang didukung juga oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang  $1029.07\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan  $C-O$  stretching. Serapan ikatan Aldehyde  $C-H$  stretching ditunjukkan oleh serapan tajam pada bilangan gelombang  $2853.81\text{ cm}^{-1}$  yang didukung juga oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang  $1744.69\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan rangkap  $C=O$  stretching. Serapan ikatan rangkap  $-C=C$  aromatik ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang  $1627.99\text{ cm}^{-1}$ . Hasil karakterisasi spektrum bilangan gelombang  $Ru(II)$  Complex ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 8. Spektrum Bilangan Gelombang Ekstrak Ketan Hitam



Gambar 9. Spektrum Bilangan Gelombang  $Ru(II)$  Complex (Adeloye *et al.*, 2012)

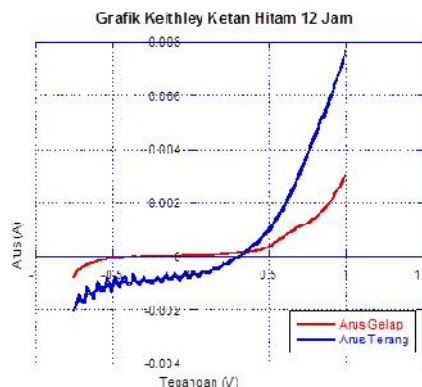


Dari interpretasi spektra infra merah menunjukkan bahwa Ru(II) Complex mengandung gugus fungsi seperti O-H stretching ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang  $3114\text{ cm}^{-1}$  yang didukung oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang  $2737\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan Aldehyde C-H stretching. Serapan ikatan rangkap C=C stretching ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang  $1621\text{ cm}^{-1}$  yang didukung oleh munculnya ikatan C-H stretching pada bilangan gelombang  $1392\text{ cm}^{-1}$ . Serapan ikatan N-H stretching ditunjukkan pada serapan bilangan gelombang  $821\text{ cm}^{-1}$  yang didukung oleh munculnya ikatan C-H bending pada serapan bilangan gelombang  $763\text{ cm}^{-1}$ .

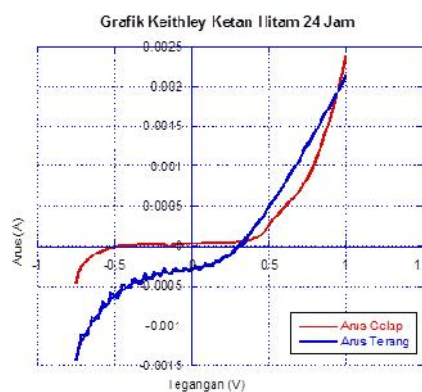
Hasil karakterisasi spektrum bilangan gelombang Ru(II) Complex ditunjukkan pada Gambar 9. Dari interpretasi spektra infra merah menunjukkan bahwa Ru(II) Complex mengandung gugus fungsi seperti O-H stretching ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang  $3114\text{ cm}^{-1}$  yang didukung oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang  $2737\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan Aldehyde C-H stretching. Serapan ikatan rangkap C=C stretching ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang  $1621\text{ cm}^{-1}$  yang didukung oleh munculnya ikatan C-H stretching pada bilangan gelombang  $1392\text{ cm}^{-1}$ . Serapan ikatan N-H stretching ditunjukkan pada serapan bilangan gelombang  $821\text{ cm}^{-1}$  yang didukung oleh munculnya ikatan C-H bending pada serapan bilangan gelombang  $763\text{ cm}^{-1}$ .

Berdasarkan hasil perbandingan spektrum FTIR tersebut dapat dilihat bahwa daerah serapan cahaya Ru(II) Complex menuju ke spektrum dekat inframerah lebih lebar dibandingkan daerah serapan cahaya ekstrak ketan hitam. Hasil identifikasi gugus fungsi senyawa pada ekstrak ketan hitam menunjukkan bahwa senyawa yang diekstrak adalah antosianin.

Karakterisasi arus-tegangan (I-V) adalah suatu metode untuk mengetahui seberapa besar kemampuan DSSC dapat mengkonversi cahaya menjadi energi listrik. Pengukuran dengan menggunakan Keithley 2602A dilakukan pada keadaan gelap dan terang yaitu di bawah penyinaran lampu halogen dengan intensitas  $1000\text{ W/m}^2$ . Hasil pengujian arus dan tegangan dengan variasi perendaman 12 jam, dan 24 jam ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11:



Gambar 10. Grafik keithley ketan hitam 12 Jam



Gambar 11. Grafik keithley ketan hitam 24 Jam

Berdasarkan grafik di atas dapat ditentukan arus ( $I_{sc}$ ) dan tegangan ( $V_{oc}$ ). Sehingga berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, Adapun hasil efisiensi dari ekstrak ketan hitam dengan perendaman 12 jam, dan 24 jam, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Efisiensi Ketan Hitam Pada Perendaman 12 Jam dan 24 Jam

Bahan	Lama Perendaman	
	Efisiensi 12 Jam	Efisiensi 24 Jam
Ketan Hitam	0,028%	0,032%

Dari Tabel 1. Dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan DSSC untuk ekstrak ketan hitam yang direndam selama 12 jam, dan 24 jam menunjukkan bahwa efisiensi yang dihasilkan untuk waktu perendaman 24 jam lebih besar dibandingkan dengan efisiensi untuk waktu perendaman 12 jam. Ini

menunjukkan bahwa hubungan antara lama waktu perendaman dengan hasil efisiensi DSSC saling mempengaruhi, dimana semakin lama waktu perendaman, maka efisiensi yang dihasilkan semakin besar.

Nilai efisiensi yang dicapai pada penelitian kali ini lebih rendah daripada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Hardeli, dkk yang mempunyai efisiensi 0,405% untuk *dye* ekstrak ketan hitam selama perendaman 24 jam. Nilai efisiensi yang rendah ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya, karena jumlah *dye* (pewarna) yang menempel pada permukaan partikel semikonduktor TiO<sub>2</sub> sangat kecil sehingga jumlah elektron yang dibangkitkan juga sedikit. Kemungkinan lain karena adsorbs *dye* pada permukaan partikel TiO<sub>2</sub> tidak maksimal sehingga proses transfer elektron dari *dye* teroksidasi tidak optimal.

Faktor printing pasta di atas elektroda kerja mempengaruhi keluaran arus dan tegangan. Oleh karena pada fabrikasi untuk menentukan ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub> hanya menggunakan selotip, jadi walaupun selotip yang direkatkan pada substrat sudah sama, maka hasil ketebalannya akan berbeda pula jika gaya tekan yang diberikan saat meratakan TiO<sub>2</sub> berbeda. Ketebalan lapisan yang tidak seragam berpengaruh pada terhambatnya proses keluarnya elektron. Dalam penelitian ini digunakan elektrolit cair dimana elektrolit tersebut semakin lama digunakan akan semakin habis karena menguap dan menghasilkan siklus transfer elektron yang kurang maksimal.

### KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pewarna dari ekstrak ketan hitam memiliki nilai absorbansi maksimum pada panjang gelombang  $\lambda_1 = 324$  nm dan  $\lambda_2 = 477$  nm, yang menunjukkan bahwa pewarna tersebut mampu bekerja pada rentang absorbansi cahaya tampak sehingga dapat digunakan sebagai pewarna alami dalam DSSC.
2. Hasil pengukuran spektrum FTIR menunjukkan bahwa ekstrak dari ketan hitam mengandung pigmen antosianin. Hal ini ditunjukkan dengan adanya gugus fungsi –OH, C-O stretching, Aldehyde C-H stretching, C=O stretching, dan –C=C aromatik yang terbentuk pada puncak-puncak spesifik.

3. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa adanya hubungan antara lama perendaman dengan hasil efisiensi yang dihasilkan, semakin lama perendaman maka hasil efisiensi DSSC yang dihasilkan semakin besar. Hal ini ditunjukkan pada waktu perendaman 24 jam memiliki efisiensi yang paling besar yakni 0,032% , dan 0,028% untuk waktu perendaman Selama 12 jam.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pengelola Laboratorium Fisika Material Fakultas MIPA UNS Surakarta dan dukungan dari LPPM Hibah Pascasarjana UNS dengan No. 698/UN27/PN/2015 Tanggal 11 Mei 2015.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adeloye, A., Olomola, T., Adebayo, A., Ajibade, P. (2012) : *A High Molar Extinction Coefficient Bisterpyridyl Homoleptic Ru(II) Complex with trans-2-Methyl-2-butenoic Acid Functionality: Potential Dye for Dye-Sensitized Solar Cells*, Int. J. Mol. Sci 13 (3), pp, 3511-3526.
- Anh, Quan Vo. (2006) : *Degradation of the Solar Cell Dye Sensitizer N719 Preliminary Building of Dye-Sensitized Solar Cell*, Thesis, Denmark: Roskilde University.
- Chiba, Y., Islam, A., Watanabe, Y., Komiyama, R., Koide, N., dan Han, L.Y. (2006) : *Dye sensitized Solar Cells with Conversion efficiency of 11.1%*, Jpn. J. Appl. Phys (45), L638-L640.
- Durst, R.W., dan Wrolstad, R.E. (2005) : *Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy*, Handbook of analytical food chemistry, pp. 33-45. New York: John Wiley & Sons.
- Ekasari, V., dan Yudoyono, G. (2013) : *Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber Officinale Linn Var, Rubrum) Variasi Larutan TiO<sub>2</sub> Nanopartikel Berfase Anatase degan Teknik Pelapisan Spin Coating*, Jurnal Sains dan Seni Pomits, Vol.2, No.1, (2013), pp. 2337-3520.
- Hardeli, Suwardani, Riky, Fernando, T., Maulidis, Ridwan, S. (2013) : *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Berbasis Nanopori TiO<sub>2</sub> Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami*, Prosiding

- Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013, pp, 155-161.
- Hug, H., Bader, M., Mair, P., Gratzel, T. (2014) : Biophotovoltaics: Natural Pigments in dye-sensitized solar cells, *Applied Energy* (115), pp, 216-225..
- Itani, T. dan Ogawa, M. (2004). History and recent trends of red rice in Japan. *Nippon Sakumotsu Gakkai Kiji* 73: 137-147.
- Lee, J.K., dan Mengjin, Y. (2011) : Progress in Light Harvesting and Charge Injection of Dye-Sensitized Solar Cells, *Material Science and Engineering B* 176, pp. 1142-1160.
- Manan, S. (2009) : *Energi Matahari Sumber Energi Alternatif yang Efisien, handal dan ramah lingkungan di Indonesia*, Program Diploma III Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang: tidak dterbitkan.
- Maya, S.W.K., dan Gontjang, P. (2012) : *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus hybridus L.) Sebagai Dye Sensitized dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC*, Surabaya: ITS.
- Smestad, G.P., dan Gratzel, M. (1998) : *Demonstrating electron Transfer and Nanotechnology : A Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline energy Converter*, J. Chem. Educ (75), pp. 752-756.
- Soga, T. (2005) : *Nanostructured Materials for Solar Energy Conversion*, Japan: Elseiver.
- Stuart, B. (2004) : *Infrared Spectroscopy : Fundamentals and Applications*, England: John Wiley & Sons.
- Wongcharee, K., Meeyoo, V., Chavadej, S. (2007) : *Dye sensitized solar cell using natural dyes extracted from rosella and blue pea flowers*, solar energy materials and solar cells 91, pp. 566-571.
- Zhou, H., Liqiong, W., Yurong, G., Tingli, M. Dye sensitized solar cell using 20 natural dye as sensitizers, *Journal of Photochemistry and Photobiology A Chemistry* (219), pp. 188-194.