

## STRUKTUR MORFOLOGI, KOMPOSISI KIMIA DAN RESISTANSI LAPISAN TiO<sub>2</sub>-Cu SEBAGAI LAPISAN AKTIF PADA SEL SURYA FOTOELEKTROKIMIA

Rita Prasetyowati<sup>\*1</sup>, Hadriansyah Ahmad<sup>1</sup>, and Marfuatun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

\*Email: Rita\_P@uny.ac.id

### Abstrak

Peningkatan efisiensi sel surya titania terus dikembangkan. Salah satunya adalah memodifikasi titania yang berfungsi sebagai lapisan aktif. Lapisan titania dapat disisipi dengan logam Cu. Penyisipan logam Cu pada TiO<sub>2</sub> dilakukan melalui pembuatan nanokomposit TiO<sub>2</sub>-Cu dengan metode sol-gel. Lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu yang terbentuk dikarakterisasi dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui struktur morfologi permukaan, EDX (*Energy dispersive X-ray spectroscopy*) untuk mengetahui komposisi bahan. Sedangkan resistansi lapisan diukur menggunakan Jembatan *Wheatstone*. Berdasarkan hasil SEM dapat ditunjukkan bahwa struktur morfologi permukaan lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu tidak berbeda secara signifikan dengan lapisan TiO<sub>2</sub>, yaitu cukup homogen dan memiliki ukuran butir (*grain*) yang hampir sama. Tetapi dari hasil EDX diperoleh bahwa lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu yaitu lapisan TiO<sub>2</sub> yang disisipi logam tembaga mengandung unsur Ti sebanyak 59,8%, unsur O sebanyak 40,02% dan unsur Cu sebanyak 0,19%. Sedangkan lapisan TiO<sub>2</sub> saja mengandung unsur Ti sebanyak 54,25% dan unsur O sebanyak 45,75%. Penyisipan logam tembaga pada lapisan titania dapat menurunkan resistansi listrik lapisan. Nilai resistansi lapisan TiO<sub>2</sub> adalah 7,714 kilo ohm. Sedangkan nilai resistansi lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu adalah 6,624 kilo ohm.

**Kata kunci:** komposisi, logam Cu, morfologi, resistansi, titania

### PENDAHULUAN

Saat ini sel surya organik dan sel surya fotoelektrokimia mulai banyak diteliti dan dikembangkan di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Pembuatan sel surya organik dan sel surya fotoelektrokimia hanya memerlukan proses fabrikasi yang relatif mudah, sederhana, tidak memerlukan teknologi yang rumit, dan murah. Selain itu, bahan-bahannya mudah didapatkan di Indonesia dengan harga yang murah, mengingat Indonesia memiliki sumber alam yang melimpah. Sehingga diharapkan sel surya tersebut dapat dikembangkan oleh peneliti-peneliti di Indonesia. Berbagai jenis bahan telah banyak digunakan untuk membuat sel fotoelektrokimia. Salah satu sel surya fotoelektrokimia yang menarik untuk diteliti dan dikembangkan adalah sel surya yang terdiri dari bahan nanokomposit, larutan elektrolit dan elektroda. Nanokomposit dibuat dengan menyisipkan nanopartikel (*filler*) ke

dalam sebuah sampel bahan makroskopik (matriks) (Abdullah, 2010). Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk membuat nanokomposit adalah titania. Titania dapat digunakan sebagai lapisan aktif pada sel surya fotoelektrokimia. Sel surya yang menggunakan lapisan titania saja sebagai lapisan aktif, masih memiliki efisiensi yang rendah (Yuliza *et al*, 2013). Oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi pada lapisan titania untuk meningkatkan performansi sel surya.

### METODE

Penelitian dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap preparasi (pembuatan lapisan titania) dan tahap karakterisasi lapisan titania.

a. Tahap Preparasi (pembuatan lapisan titania)

1) Pembuatan nanokomposit titania-tembaga

PVA sebanyak 0,1 gram dilarutkan dalam 10 ml aquades. Kemudian larutan

tersebut diaduk sambil dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 80°C selama 2 jam. Larutan ini berfungsi sebagai *binder* dalam pembuatan pasta. Selanjutnya TiO<sub>2</sub> sebanyak 1 gram dan serbuk Cu sebanyak 0,1 gram dimasukkan ke dalam larutan binder, sambil tetap diaduk dan dipanaskan pada suhu 80°C sampai terbentuk pasta (nanokomposit) yang baik ( $\pm 1$  jam).

2) Deposisi nanokomposit pada substrat ITO

- Substrat ITO dipotong dengan ukuran 1,25 cm x 1,25 cm, kemudian dicuci dengan aquades selama 15 menit dan dengan alkohol 70% selama 30 menit menggunakan *ultrasonic bath*.
- Nanokomposit yang telah dibuat selanjutnya dicetak di atas ITO yang sudah bersih dengan teknik *doctor blade*.
- Nanokomposit yang telah menempel pada ITO dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 100°C selama 30 menit, selanjutnya dipanaskan dengan menggunakan *furnace* pada suhu 450 °C selama 30 menit.

b. Tahap Karakterisasi Lapisan Titania

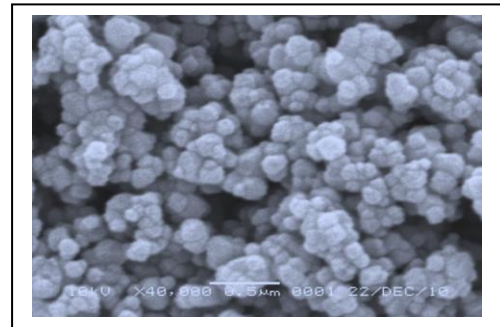
Morfologi permukaan lapisan titania dianalisis dengan SEM dan komposisi bahan dianalisis dengan EDX. Sedangkan konduktivitas lapisan titania dianalisis menggunakan jembatan *wheatstone*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

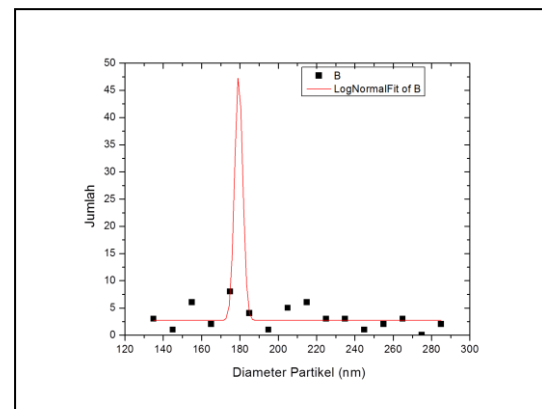
Struktur morfologi lapisan TiO<sub>2</sub> dan lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu diperoleh dari hasil karakterisasi menggunakan SEM (*scanning electron microscopy*). Dari hasil analisis SEM dapat diperoleh morfologi permukaan dan ukuran butir dari suatu bahan. Teknik SEM menghasilkan foto morfologi permukaan bahan dengan berbagai tonjolan dan lekukan yang didapatkan dari pengolahan elektron sekunder yang dipancarkan oleh bahan.

Hasil SEM lapisan TiO<sub>2</sub> sebagai pembanding merujuk pada penelitian sebelumnya (Prasetyowati, 2011). Morfologi lapisan TiO<sub>2</sub> ditunjukkan pada Gambar 1. Partikel-partikel TiO<sub>2</sub> yang terdeposisi pada ITO mempunyai butiran (*grain*) yang cukup homogen. Dari gambar tersebut dapat dihitung ukuran diameter partikel TiO<sub>2</sub> sekitar 180 nm (berdasarkan distribusi ukuran partikel pada Gambar 2). Ryan O’Hyre *et al.* (2006) menyatakan bahwa ukuran partikel TiO<sub>2</sub> sebesar 50-200 nm mendukung performansi sel

surya menjadi lebih baik. Pada Gambar 3 ditunjukkan hasil EDX lapisan TiO<sub>2</sub>. Hasil EDX memperlihatkan bahwa komposisi bahan yang terkandung dalam lapisan TiO<sub>2</sub> adalah unsur Ti sebanyak 54,25% dan unsur O sebanyak 45,75%.



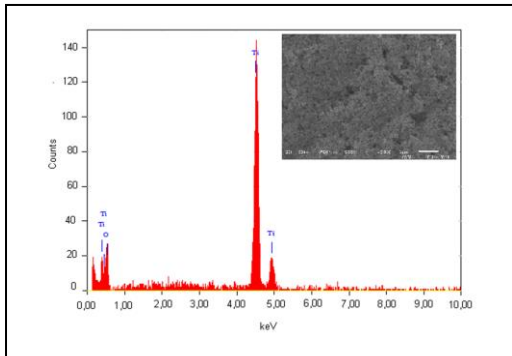
Gambar 1. Foto SEM pasta TiO<sub>2</sub> yang dideposisikan pada ITO dengan teknik *printing* (Prasetyowati 2011).



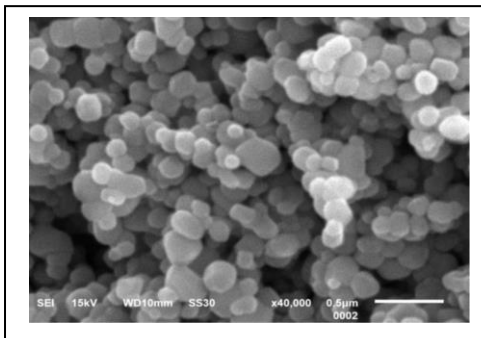
Gambar 2. Distribusi ukuran partikel TiO<sub>2</sub> dari hasil citra SEM (Prasetyowati 2011).

Morfologi permukaan lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu ditunjukkan pada Gambar 4. Dari gambar tersebut terlihat bahwa butiran (*grain*) partikel-partikel TiO<sub>2</sub>-Cu adalah homogen. Morfologi permukaan pada lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan morfologi permukaan lapisan TiO<sub>2</sub> tanpa penambahan Cu. Keduanya terlihat sama, baik dari homogenitas butiran (*grain*) maupun ukuran partikel. Tetapi berdasarkan hasil EDX pada Gambar 5, terbukti bahwa pada lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu mengandung sejumlah Cu. Hal ini berarti ada partikel-partikel Cu yang menyisip di antara partikel-partikel TiO<sub>2</sub> ketika dilakukan pembuatan pasta nanokomposit TiO<sub>2</sub>-Cu. Berdasarkan hasil EDX pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu

mengandung unsur Ti sebanyak 59,8%, unsur O sebanyak 40,02% dan unsur Cu sebanyak 0,19%.

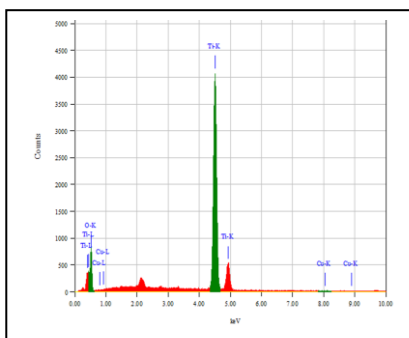


Gambar 3. Hasil EDX lapisan  $\text{TiO}_2$  (Prasetyowati 2011)

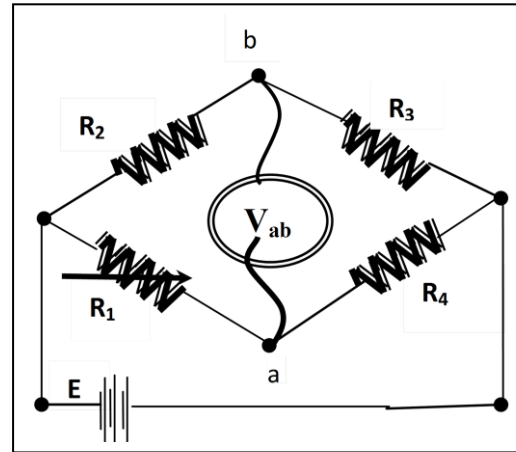


Gambar 4. Foto SEM pasta  $\text{TiO}_2\text{-Cu}$  yang dideposisikan pada ITO dengan teknik *doctor blade*.

Resistansi listrik lapisan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2\text{-Cu}$  ditentukan dengan menggunakan rangkaian jembatan *wheatstone*. Rangkaian jembatan *wheatstone* dapat digunakan untuk mengukur resistansi dari suatu hambatan. Rangkaian jembatan *wheatstone* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 5. Hasil EDX lapisan  $\text{TiO}_2\text{-Cu}$ .



Gambar 6. Rangkaian Jembatan *Wheatstone*

Pada penelitian ini,  $R_2$  dan  $R_3$  adalah resistor yang sudah diketahui nilai resistansinya yaitu masing-masing 10 kilo ohm.  $R_1$  adalah resistor variabel, yang nilainya dapat diubah-ubah untuk menghasilkan tegangan  $V_{ab}$  bernilai nol. Sedangkan  $R_4$  adalah resistor yang belum diketahui nilai resistansinya. Lapisan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{TiO}_2\text{-Cu}$  masing-masing berfungsi sebagai  $R_4$  pada rangkaian Jembatan *Wheatstone* tersebut.

Pengukuran resistansi lapisan  $\text{TiO}_2$  sebagai  $R_4$  dilakukan saat  $V_{ab}$  bernilai nol, yaitu ketika  $R_1$  bernilai 3 kilo ohm. Hasil perhitungan memberikan hasil bahwa  $R_4$  bernilai 7,714 kilo ohm. Jadi nilai resistansi lapisan  $\text{TiO}_2$  adalah 7,714 kilo ohm.

Pengukuran resistansi lapisan  $\text{TiO}_2\text{-Cu}$  sebagai  $R_4$  dilakukan saat  $V_{ab}$  bernilai nol, yaitu ketika  $R_1$  bernilai 2,5 kilo ohm. Hasil perhitungan memberikan hasil bahwa  $R_4$  bernilai 6,624 kilo ohm.

Berdasarkan hal tersebut, dapat ditunjukkan bahwa penyisipan logam Cu pada lapisan  $\text{TiO}_2$  berpengaruh menurunkan nilai resistansi lapisan. Logam Cu yang menyisip di antara partikel  $\text{TiO}_2$  berperan sebagai kontak logam yang menjadi lintasan bagi elektron untuk mengalir lebih cepat menuju ITO (Sastrawan, 2006).

## SIMPULAN

Penyisipan logam tembaga pada lapisan titania tidak mempengaruhi struktur morfologi lapisan titania jika dilihat dari hasil karakterisasi SEM. Butiran (*grain*) yang terbentuk pada kedua lapisan tersebut relatif sama. Hasil EDX memperlihatkan bahwa

komposisi bahan pada kedua lapisan tersebut berbeda. Lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu, yaitu lapisan TiO<sub>2</sub> yang disisipi logam tembaga mengandung unsur Ti sebanyak 59,8%, unsur O sebanyak 40,02% dan unsur Cu sebanyak 0,19%. Sedangkan lapisan TiO<sub>2</sub> saja mengandung unsur Ti sebanyak 54,25% dan unsur O sebanyak 45,75%. Penyisipan logam tembaga pada lapisan titania dapat menurunkan nilai resistansi listrik lapisan. Nilai resistansi lapisan TiO<sub>2</sub> adalah 7,714 kilo ohm. Sedangkan nilai resistansi lapisan TiO<sub>2</sub>-Cu adalah 6,624 kilo ohm.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada FMIPA UNY yang telah membiayai penelitian ini melalui anggaran DIPA BLU Universitas Negeri Yogyakarta Tahun 2012.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2008. *Pengantar Nanosains*. Bandung: ITB.
- O'Hayre, B.R., M. Nanu, J. Schoonman, A. Goossens, Q. Wang & M. Gratzel. 2006. The Influence of TiO<sub>2</sub> Particle Size in TiO<sub>2</sub>/CuInS<sub>2</sub> Nanocomposite Solar Cells. *Adv. Funct. Mater* 16: 1566-1576.
- Prasetyowati, R. 2011. Studi Pengembangan Sel Surya Berbasis TiO<sub>2</sub> Melalui Penyisipan Logam Fe dengan Metode Elektroplating. Tesis. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sastrawan, R. 2006. Photovoltaic modules of dye solar cells [Ph.D Thesis]. Universität Freiburg.
- E. Yuliza, S. Saehana, D. Y. Rahman, M. Rosi, Khairurrijal, M. Abdullah. 2013. Enhancement Performance of Dye-Sensitized Solar Cells from Black Rice as Dye and Black Ink as Counter Electrode with Inserting Copper on the Space between TiO<sub>2</sub> Particle's by Using Electroplating Method. *Materials Science Forum* 737: 85-92.