

EFEK PENAMBAHAN ATOM TEMBAGA (Cu) DAN PERAK (Ag) PADA MATERIAL AKTIF NANOMATERIAL ZnO SEL SURYA FOTOELEKTROKIMIA

Windayani*, Iwantono, Awitdrus, Zulkarnain
Program Studi S1 Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi:windayani677@gmail.com

ABSTRACT

ZnO material coated with Cu + Ag was successfully grown using seed mediated hydrothermal method at a temperature of 90 ° C for 8 hours with a variation of concentration of Ag, 10mM, and 20 mM. The growth of ZnO nanomaterials was carried out on the FTO substrate (Flourine Tin Oxide). The Samples were characterized using, Field Emission Scanning Microscope (FESEM), and X-ray Diffraction (XRD). The FESEM photos show ZnOnanorod coated with Cu + Ag have grown on FTO having a nanoflower shape that consructed from ZnO nanorods with their orientation < 90°. The XRD pattern shows five peaks at 2θ : 31.69 °; 34.36 °; 36,18 °; 47.52 °; and 56.4 °. Based on the results of the analysis of the OriginPro 8 program each peak in a row according to the crystal orientation (100), (002), (101), (012), and (110). The stongest line was found in the crystal plane (101). DSSC was fabricated using ZnO nanomaterial coated with Cu + Ag as active material, N719 dye, liquid electrolyte, and plastisol as catalyst on the counter electrode. The results of I-V measurements at halogen lamp with ilumination its intensity of 100 mW/cm² of the cells has producedthe highest efficiency value based on Cu coated ZnO was based DSSC 0,98% with a Cu concentration of 20mM. These results show that the addition of Cu layer can increase the efficiency of DSSC based on ZnO by 123% compared to ZnO without Cu based DSSC. Addition of Ag to active material of Cu coated ZnO nanomaterial did not have a positive effect on the efficiency of DSSC cells.

Keywords: DSSC, Seed Mediated Hydrothermal, Cu, ZnO nanomaterials.

ABSTRAK

Telah berhasil ditumbuhkan nanomaterial ZnO yang dilapisi dengan Cu + Ag menggunakan metode seed mediated hydrothermal pada suhu 90°C selama 8 jam dengan konsentrasi Ag 10mM, dan 20 mM. Proses penumbuhan nanomaterial ZnO dilakukan di atas substrat FTO (Flourine Tin Oxide). Sampel yang dikarakterisasi dengan menggunakan Field Emission Scanning Microscope (FESEM), dan X-ray Diffraction (XRD). Hasil Foto FESEM memperlihatkan nanomaterial ZnO yang memiliki bentuk nanoflower yang tersusun atas nanorod ZnO dengan orientasi sudut < 90°. Pola XRD memperlihatkan lima puncak difraksi terjadi pada 2θ : 31,69°; 34,36°; 36,18°; 47,52°; dan 56,4°. Berdasarkan hasil analisa program OriginPro 8 masing-masing puncak berturut-turut sesuai dengan bidang kristal yaitu : (100), (002), (101), (012), dan (110), sehingga intensitas puncak tertinggi (the strongest line) terdapat pada bidang kristal (101). DSSC difabrikasi menggunakan nanomaterial ZnO yang dilapisi Cu+Ag sebagai material aktif, dye N719, elektrolit cair, dan plastisol sebagai katalis pada elektroda lawan. Hasil pengukuran I-V pada intensitas penyinaran lampu halogen 100 mW/cm² dari sampel terbaik menghasilkan Nilai efisiensi tertinggi sel DSSC berbasis ZnO dilapisi Cu sebesar 0,98% dengan konsentrasi 20 mM. Hasil ini memperlihatkan bahwa penambahan lapisan Cu dapat meningkatkan efisiensi DSSC berbasis ZnO+Cu sebesar 123% dibandingkan dengan sel berbasis ZnO tanpa Cu. Penambahan Ag pada nanomaterial ZnO dilapisi Cu tidak berdampak positif terhadap efisiensi sel DSSC.

Kata Kunci: DSSC, Seed Mediated Hidrotermal, Cu, nanomaterial ZnO.

PENDAHULUAN

Energi cahaya matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui yang powerful, karena banyak keunggulan yang dimilikinya, diantaranya ramah lingkungan, bersih, murah dan gratis. Namun untuk memanfaatkan energi matahari memerlukan piranti yang dapat mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik, yaitu sel surya. Sel surya pertama adalah berbahan dasar material inorganik kristal silikon. Efisiensi tertinggi sel surya berbasis kristal silikon mencapai nilai 24%. Walaupun efisiensinya yang tinggi, namun fabrikasi sel surya generasi pertama ini memerlukan teknologi yang kompleks dan berbiaya tinggi. Dye sensitized solar cell (DSSC) merupakan sel surya generasi ketiga yang memiliki potensi ekonomi karena biaya produksinya relatif rendah dengan menggunakan teknik yang sederhana dan murah.

Nanomaterial semikonduktor saat ini banyak diteliti karena memiliki potensi aplikasi yang luas. Nanostruktur seng oksida (ZnO) adalah salah satu pilihan selain TiO₂ sebagai elektroda sel surya fotoelektrokimia, karena ZnO memiliki kelincahan elektron lebih tinggi dibandingkan TiO₂ [1]. Nanomaterial ZnO juga memiliki potensi aplikasi dalam fabrikasi perangkat canggih elektronik. Celah pita energi ZnO yang menggambarkan konduktivitas listrik suatu material berada pada rentang 3,1 - 3,7 eV [2].

Nanomaterial ZnO sudah banyak digunakan dalam aplikasi DSSC yang memiliki efisiensi $\pm 0,3\%$ [3], sehingga pengembangan DSSC dilakukan guna meningkatkan nilai efisiensi tersebut dengan menambahkan material lain agar mendapatkan transparansi, stabilitas, konduktivitas dan mobilitas elektron yang tinggi [4]. ZnO dapat di-*doping* dengan bahan logam golongan IIIA, diantaranya Indium (In) [5], Aluminium (Al) [6], Galium (Ga) [7] dan Boron (B) [8].

Penambahan tembaga (Cu) dan perak (Ag) pada DSSC berbasis material aktif

nanomaterial ZnO dengan metode pembenihan dan penumbuhan sejauh ini belum banyak dilakukan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terhadap penambahan Cu dan Ag pada nanomaterial ZnO dan menganalisa pengaruhnya terhadap sifat fisis yang berdampak pada efisiensi DSSC. Menurut [9] berdasarkan beberapa sifat fisis yang telah dikaji, khususnya penambahan Ag pada nanoflower ZnO, penggunaan material plasmonik ini menjanjikan mampu meningkatkan efisiensi DSSC. Penambahan ZnO dengan logam transisi menunjukkan bahwa sifat magnet, optik, dan listrik berubah dengan perubahan konsentrasi logam transisi. Logam transisi seperti Cu yang memiliki konduktivitas tinggi, harganya murah dan tersedia dikerak bumi [10].

Untuk mengkaji sifat fisis dan pengaruh penambahan Cu dan Ag pada nanomaterial ZnO untuk aplikasi DSSC maka perlu dilakukan studi kompresif. Penelitian ini mencoba mempelajari bagaimana penumbuhan ZnO yang dilapisi Cu dan Ag pada DSSC dengan variasi konsentrasi Ag yaitu: 10mM, dan 20mM.

METODE PENELITIAN

Proses Pembenihan dan Penumbuhan Nanomaterial ZnO

Proses pembenihan diawali dengan melarutkan 0,01 M *Zinc asetat dehydrate* (ZAD) kedalam 10 ml athanol, 200 μ L kemudian dilapiskan dengan FTO dengan teknik *spin coating* selama 30 detik dengan kecepatan 3000 rpm. Kemudian sampel dipanaskan diatas *hot plate* selama 15 menit pada suhu 100^oC. Proses pembenihan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Sampel di *annealing* selama 1 jam pada suhu 350^oC.

Larutan penumbuh ZnO dibuat dengan mencampurkan larutan 0,1 M *zincnitratehexahydrate* (ZNH), larutan 0,1 M *Hexamethylenetetramine* (HMT) dan larutan *aluminium nitrate nanohydrate*. Untuk membuat larutan penumbuh tersebut masing-

masing bahan ditimbang dengan berat 0,59494 gram ZNH dan 0,2803 gram HMT, kemudian dilarutkan dalam 20 ml *DI water*. Substrat dimasukkan kedalam botol dengan posisi membentuk sudut 90°. Botol dan substrat yang berisi larutan dimasukkan ke oven selama 8 jam pada suhu 100°C .

Proses Pelapisan Cu dan Ag pada Nanomaterial ZnO

Persentase konsentrasi larutan Cu adalah 20mM. Untuk membuat larutan tersebut bahan Cu ditimbang terlebih dahulu sebanyak 37,512 mg dilarutkan dalam 10 ml *DI water*. Kemudian sampel direndam di dalamnya selama 30 menit setelah itu dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 30 menit.

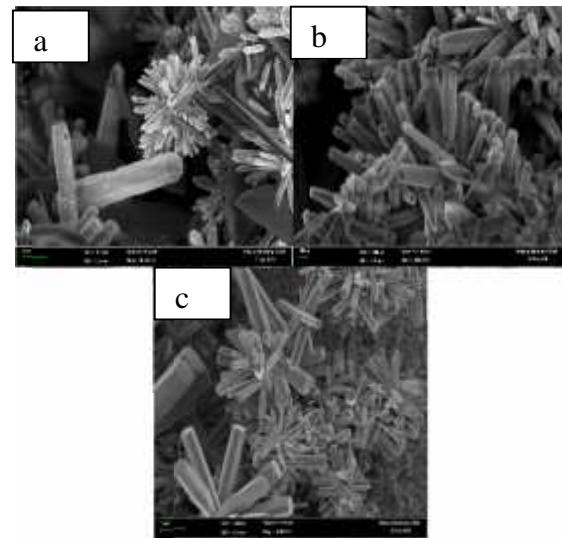
Selanjutnya larutan Ag dibuat dengan persentase konsentrasi larutan yang bervariasi. Konsentrasi yang digunakan pada proses pelapisan Cu dan bervariasi yaitu 10mM dan 20 mM. Untuk membuat larutan Ag tersebut bahan ditimbang terlebih dahulu sebanyak 8,493 mg; 16,987 mg; dan 25,480 mg dan dilarutkan dalam 10 ml *DI water*. Setelah itu proses dilanjutkan dengan menggantung sampel nanomaterial ZnO yang telah dilapisi dengan Cu di bibir botol kemudian dimasukkan larutan Ag yang telah dibuat sebanyak 10 mL, dan rendam sampel selama 30 menit setelah itu keringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 30 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Field Emmission Scanning Electron Microscopy dan Energy Dispersive X-Ray dan EDX

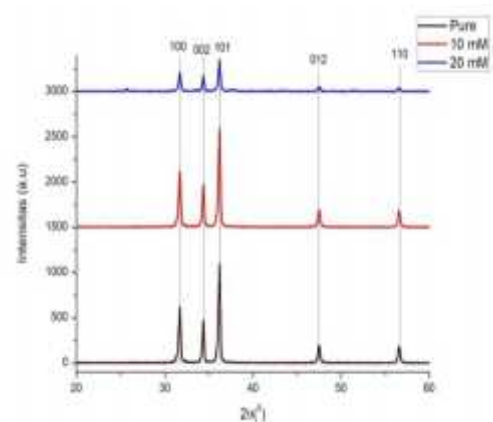
Gambar 1 memperlihatkan nanomaterial ZnO yang dilapisi material plasmonik Ag berbentuk nanorod dengan panampang heksagonal tanpa adanya Ag di permukaan nanomaterial ZnO. Nanomaterial ZnO yang dihasilkan untuk setiap sampel juga saling tumpang tindih, artinya orientasinya tidak berdiri tegak atau vertikal terhadap FTO. Material plasmonik Ag yang tersubstitusi dalam kisi nanostruktur ZnO

terlihat mempengaruhi struktur dari nanomaterial ZnO. Selain mempengaruhi struktur dari nanomaterial ZnO, keberadaan Ag dalam kisi ZnO juga berdampak terhadap ukuran dari nanostruktur ZnO. Semakin tinggi konsentrasi Ag maka ukurannya semakin besar. Nanomaterial ZnO dengan penambahan Cudengan konsentrasi 20 mM memiliki tingkat keseragaman, densitas, serta orientasi nanomaterial yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya.



Gambar 1. Foto FESEM dengan perbesaran 10.000x. Untuk nanomaterial ZnO dengan konsentrasi Ag (a.10 mM; b.20 mM dan c. Sampel tanpa Ag dengan konsentrasi Cu 20mM.

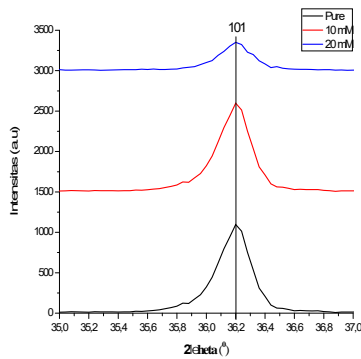
2. Hasil Analisa Grafik Sinar-X



Gambar 2. Pola XRD dari nanomaterial ZnO yang dilapisi Cu+Ag.

Gambar 2 menunjukkan pola XRD dari nanostruktur ZnO yang dilapisi dengan Cu+Ag dengan variasi konsentrasi Ag. Gambar tersebut memperlihatkan puncak-puncak difraksi muncul pada sudut 2θ : 31,69°; 34,36°; 36,18°; 47,52°; dan 56,4°. Hasil analisa *Origin pro8* menunjukkan bahwa puncak –puncak difraksi tersebut sesuai dengan bidang kristal (100), (002), dan (101) yang mengikuti pola standar bahan ZnO *Joint Committee on Power Diffraction Standart* (JCPDS) No.01-075-1553 (Lampiran 3). Sedangkan puncak difraksi

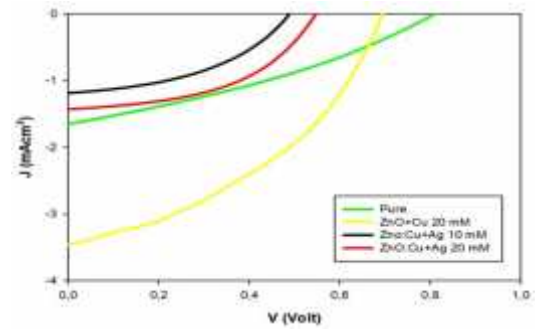
Pergeseran puncak ke arah 2θ yang lebih besar ditunjukkan pada Gambar 3 untuk rentang sudut 2θ dari 34,36°-34,38°.



Gambar 3. Pola XRD dari nanomaterial ZnO yang dilapisi Cu+Ag pada bidang orientasi (101).

3. Hasil Pengujian Performansi DSSC

Untuk mendapatkan informasi pengaruh lapisan Cu + Ag terhadap efisiensi DSSC, telah dilakukan pengukuran I-V dalam keadaan gelap (tidak disinari) dan dalam keadaan terang (disinari) di bawah cahaya lampu halogen 100 mW/cm² menggunakan perangkat I-V Gamry dengan perangkat lunak *ephe 200 software*. Gambar 4 memperlihatkan kurva karakteristik J-V dalam keadaan terang.



Gambar 4. Kurva J-V dari DSSC yang menggunakan nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu+Ag sebagai material aktif dalam kondisi disinari.

Tabel 1 menjelaskan hasil dari parameter fisis pada kurva karakteristik I-V yang dihasilkan. Pada tabel tersebut ditampilkan hasil perhitungan data pengukuran dan perhitungan DSSC berbasis pada nanostruktur ZnO murni dan nanostruktur ZnO yang dilapisi Cu dan ditambah Ag. Efisiensi tertinggi dihasilkan oleh sel berbasis ZnO dilapisi Cu adalah 0,98%

Tabel 1. Data hasil pengukuran dan perhitungan DSSC berbasis nanostruktur ZnO murni yang dilapisi Cu + Ag.

Sampel	V_{oc} (V)	J_{sc} (mAc m ⁻²)	FF (%)	FF (%)
ZnO Pure	0,81	1,64	0,33	0,44
ZnO+Cu ₂ 0 mM	0,70	3,46	0,405	0,98
Zno:Cu+Ag ₁ 0 mM	0,49	1,18	0,44	0,25
Zno:Cu+Ag ₂ 0 mM	0,55	1,43	0,49	0,38

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristekdikti melalui DRPM yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Dasar Unggul perguruan tinggi (PDUPT) Tahun 2018 atas nama Dr. Iwantono, M.Phil dengan kontrak nomor: 359/UN.19.5.1.3/PP/2018

KESIMPULAN

Penambahan Cu pada nanomaterial ZnO berpengaruh positif pada performansi DSSC dengan memberi efek peningkatan efisiensi sel dari 0,44% menjadi 0,98%. Sedangkan lapisan Ag tidak memberi pengaruh positif terhadap performansi sel DSSC, efisiensi sel justru turun ketika Ag ditambahkan pada ZnO. Penurunan nilai efisiensi terus terjadi dengan bertambahnya konsentrasi Ag.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gonzalez-Valls, I., Lira-Cantu, M. (2009). Vertically-aligned nanostructures of ZnO for excitonic solar cells:A review. *Energy & Environmental Science*, **2**(1), 19-34.
2. Gao,W. & Li, Z. W. (2004). ZnO Thin Film Produced by Magnetron Sputtering. *Elsevier*, **30**.
3. Iwantono, I., Nurwidya, W., Lestari, L. R., Naumar, F. Y., Nafisah, S., Umar, A. A., Rahman, M. Y. A., & Salleh, M. M. (2015). Effect of Growth Temperature and Time on the ZnO film Properties and the Performance of the Dye-Sensitized Solar Cell. *J Solid State Electrochem*.
4. Lin, S. S., Huang, J. L., & Saigalik, P. (2004). The properties of heavily Al-doped ZnO films before and after annealing in the different atmosphere. *J. Surface and Coatings Technology*, **185**(2-3): 254-263.
5. Park, Y. R., Nam, E., Jung, D., Suh. J., & Kim, Y. S. (2007). Hydrogenated In-Doped ZnO THIN Films For The New Anode Material Of Organic Light Emitting Devices: Synthesis And Application Test. *Journal Bull. Korean Chem.Soc*, **28**(12).
6. Prajapati, C. S., Kushwana, A., & Sahay, P. P. (2013). Effect of Al dopants on the structural, optical and gas sensing properties Of Spray-Deposited ZnO Thin Film. *Journal Materials Chemistry and Physics*, **142**, 276-285.
7. Hsiao, C. H., Huang, C. S., Young, S. J., & Member, IEEE. Chang S.J., Senior Member, IEEE, Guo, J. J., Liu, C.W., & Yang, T. Y. (2013). Field-Emission and Photoelectrical Characteristics of Ga-ZnO Nanorods Photodetector, *IEEE Transactions On Electron Devices*, **60**.
8. Yadav, S. C. & Uplane, M. D. (2012). Synthesis and properties of Boron doped ZnO thin films by spray CVD technique at low substrate temperature. *Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*.
9. Patil, S. S., M. G. Mali, M. S. Tamboli, D. R. Patil, M. V. Kulkarni, H. Yoon, H. Kim, S. S. Al-Deyab, S. S. Yoon, S. S. Kolekar, B. B., & Kale. (2015). Green Approach for Hierarchical Nanostructured Ag-ZnO and Their Photocatalytic Performance Under Sunlight. *Catalysis Today*.
10. Labhane, K. P., Huse, R. V., Patle, B. L., Chaudhari, L. A., & Sonawane, H. G. (2015). Synthesis of Cu Doped ZnO Nanoparticles: Crystallographic, Optical, FTIR, Morphological and Photocatalytic Study. *Journal of Material Science and Chemical Engineering*, **3**, 39-51.

