

## PENGARUH DOPING Ti TERHADAP SIFAT FISIS NANOROD ZnO DAN UNJUK KERJA DYE SENSITIZED SOLAR CELL

Nashiha Chalvi Syahra<sup>\*1</sup>, Iwantono<sup>\*2</sup>

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: <sup>1</sup>nashiha.chalvi3197@student.unri.ac.id; <sup>2</sup>iwantono@lecturer.unri.ac.id

### ABSTRACT

*Research on Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) has the potential to be developed. The DSSC arrangement consists of electrodes, semiconductors such as ZnO, dyes, counter electrodes and electrolytes. The purpose of this research is to improve the physical properties and efficiency of DSSC by doping Ti with concentration (0,02 M) in ZnO nanorods. ZnO nanorod has been successfully grown using the seed mediated hydrothermal method. The results of the synthesis were characterized using spectroscopy UV-Vis, X-Ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FESEM) and I-V characteristics. The UV-Vis spectrum shows that strong absorption occurs in the wavelength range of 300-369 nm. XRD analysis provides information on five diffraction peaks at an angle of  $2\theta$ :  $31,78^\circ$ ;  $34,43^\circ$ ;  $36,36^\circ$ ;  $47,55^\circ$  and  $56,61^\circ$ . The FESEM photo of the sample shows a ZnO nanorod with a hexagonal cross section. Determining the value of the efficiency of DSSC using I-V characteristics irradiated halogen lamp with an intensity of  $100 \text{ mW/cm}^2$ . The pure ZnO DSSC efficiency was 0,58%, while the ZnO nanorod DSSC efficiency was 0,98%.*

**Keywords:** ZnO nanorods, Titanium, Seed mediated hydrothermal, Dye Sensitized Solar Cells (DSSC).

### ABSTRAK

*Penelitian mengenai Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) sangat berpotensi untuk dikembangkan. Susunan DSSC terdiri dari elektroda, semikonduktor seperti ZnO, pewarna, elektroda lawan dan elektrolit. Tujuan penelitian ini meningkatkan sifat fisis dan efisiensi DSSC dengan mendoping Ti dengan konsentrasi (0,02 M) pada nanorod ZnO. Nanorod ZnO telah berhasil ditumbuhkan menggunakan metode seed mediated hydrothermal. Hasil dari sintesis dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis, X-Ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FESEM) dan karakteristik I-V. Spektrum UV-Vis menunjukkan penyerapan kuat terjadi pada rentang panjang gelombang 300-369 nm. Analisa XRD memberikan informasi lima puncak difraksi pada sudut  $2\theta$ :  $31,78^\circ$ ;  $34,43^\circ$ ;  $36,36^\circ$ ;  $47,55^\circ$  dan  $56,61^\circ$ . Foto FESEM dari sampel memperlihatkan nanorod ZnO dengan penampang heksagonal. Menentukan nilai efisiensi DSSC menggunakan karakteristik I-V yang disinari lampu halogen dengan intensitas  $100 \text{ mW/cm}^2$ . Efisiensi DSSC ZnO murni adalah sebesar 0,58%, sedangkan efisiensi DSSC nanorod ZnO 0,98%.*

**Kata kunci:** Nanorod ZnO, Titanium, Seed mediated hydrothermal, Dye Sensitized Solar Cells (DSSC).

### PENDAHULUAN

Cahaya matahari merupakan sumber energi terbesar yang tersedia di alam. Energi yang diberikan cahaya matahari berupa panas dan cahaya. Cahaya matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya. Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 telah menemukan sel surya generasi ketiga yaitu DSSC. Nilai efisiensi maksimal yang

telah diperoleh adalah sebesar  $\pm 14\%$  [1]. Penyusun utama dari DSSC adalah semikonduktor sebagai fotoanoda.

Semikonduktor yang digunakan adalah ZnO. Kelebihan dari ZnO adalah dapat disintesis dalam berbagai bentuk morfologi nanomaterial, diantaranya nanowire, nanotube, nanorod dan nanosheet [2]. Upaya untuk meningkatkan sifat fisis dan konduktivitas nanorod ZnO dapat

dilakukan dengan cara mendoping. Doping menggunakan logam transisi merupakan hal yang perlu dikembangkan. Hal ini disebabkan potensi penggunaan dari logam transisi dalam aplikasi spintronik disebabkan oleh ferromagnetik pada suhu kamar [3].

Logam transisi titanium merupakan logam yang memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, memiliki kemampuan dalam memuat zat warna dan juga memiliki struktur kristal yang sama dengan ZnO [4]. Doping titanium pada material aktif ZnO dengan menggunakan metode *seed mediated hydrothermal* masih jarang dilakukan.

Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian pada *nanorod* ZnO dengan didoping titanium. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan sifat fisis dari *nanorod* ZnO sehinggampu meningkatkan jumlah elektron yang tereksitasi dan meningkatkan kinerja sel surya DSSC.

## TINJAUAN PUSTAKA

Sel surya merupakan salah satu alternatif yang sangat berpotensi untuk dikembangkan [5]. Sel surya atau fotovoltaik adalah perangkat alat yang mampu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya generasi ketiga yaitu DSSC atau sel surya fotoelektrokimia pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991. Sel surya fotoelektrokimia merupakan sel surya generasi ketiga yang memanfaatkan teknologi nano. DSSC masih banyak dijadikan penelitian karena biaya produksinya yang murah, fabrikasinya yang sederhana dan aman terhadap lingkungan [6]. Nilai efisiensi tertinggi DSSC yaitu 14% [1]. Sel surya disusun seperti *sandwich* yang terdiri dari *Transparent Conducting Oxide* (TCO), semikonduktor, *dye*, elektrolit dan elektroda lawan [7]. Sel surya DSSC menggunakan *dye* dan menggunakan elektrolit cair untuk membawa ion-ion ke dalam material sel surya sebagai reaksi redoks [8].

Semikonduktor memiliki sifat konduktivitas listrik diantara konduktor dan isolator atau disebut dengan bahan setengah penghantar

listrik. Bahan semikonduktor yang digunakan sel surya fotoelektrokimia adalah semikonduktor yang energi gapnya setara dengan sinar UV seperti ZnO. Material semikonduktor ini mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan, seperti mobilitas elektron tinggi, transparansi yang baik dan luminisen pada suhu kamar yang kuat serta harganya relatif murah. Sintesis dari ZnO dapat dibentuk menjadi berbagai morfologi nanomaterial, diantaranya nanowire, nanotube, nanosheet [2]. Salah satu struktur nano dalam aplikasi DSSC adalah *nanorod* karena memberikan penampilan yang baik pada DSSC.

Meningkatkan efisiensi dan sifat fisis dari DSSC salah satunya dengan melakukan doping menggunakan logam Ti. Penelitian sebelumnya telah mendoping semikonduktor ZnO dengan unsur golongan trivalent seperti Al, Ga, In dan lain-lain. Namun, peneliti sekarang menggunakan logam transisi seperti Nb [9] dan Ti [4] sebagai bahan doping. Hal ini disebabkan logam transisi dapat digunakan dalam aplikasi spintronik dan bersifat ferromagnetik dalam suhu kamar [3].

Titanium merupakan logam transisi yang memiliki sifat konduktivitas listrik yang tinggi dan memiliki struktur kristal yang sama dengan ZnO [4]. Atom Ti dimasukkan kedalam kisi ZnO,  $Ti^{4+}$  menggantikan  $Zn^{2+}$  dan bertindak sebagai donor elektron yang menyediakan dua elektron bebas. Jumlah dari doping titanium pada ZnO dapat membuat lebih banyak elektron bebas, yang berguna untuk meningkatkan konduktivitas listrik pada DSSC [3].

## METODE PENELITIAN

Penumbuhan nanomaterial ZnO dilakukan diatas substrat FTO dengan metode *seed mediated hydrothermal* yang melalui dua tahap, yaitu pembenihan dan penumbuhan. Proses pembenihan dilakukan dengan melarutkan *Zinc Acetate Dihydrat* (ZAD) 0,1 M pada 10 ml etanol. Substrat FTO dicelupkan ke dalam larutan pembenih, kemudian diletakkan di atas *hot plate* dengan suhu 100 °C selama 15 menit. Sampel diannealing pada suhu 250 °C selama 1 jam. Proses penumbuhan dilakukan dengan

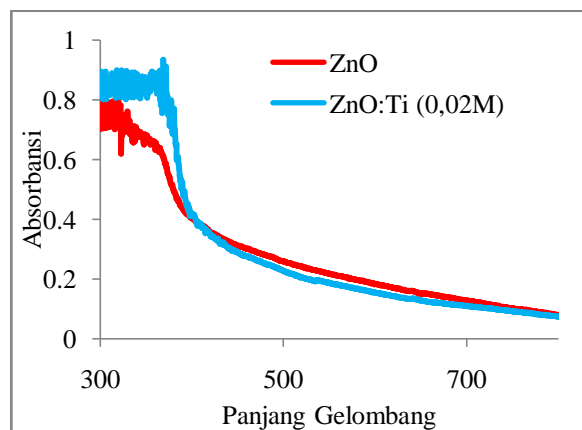
mencampurkan *Zinc Nitrate Hexhydrate* (ZNH) 0,2 M dalam 10 ml *DI water* dan *Hexamethylenetetramine* (HMT) 0,1 M dalam 10 ml *DI water*. Doping ZnO dilakukan dengan menambahkan 0,02 M *Titanium (IV) Isopropoxide* dengan *DI water* dan larutan doping dimasukkan 1 ml ke dalam larutan penumbuh. Substrat dimasukkan ke dalam *oven* selama 8 jam dengan suhu 90 °C. Sampel dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis, XRD dan FESEM.

Fabrikasi DSSC dilakukan dengan menyusun komponen berbentuk seperti *sandwich* yang tersusun dari elektroda lawan yaitu FTO yang dilapisi plastisol dan elektroda kerja yaitu FTO yang ditumbuhi nanomaterial ZnO yang didoping titanium. Performansi DSSC diukur dengan menggunakan karakterisasi I-V.

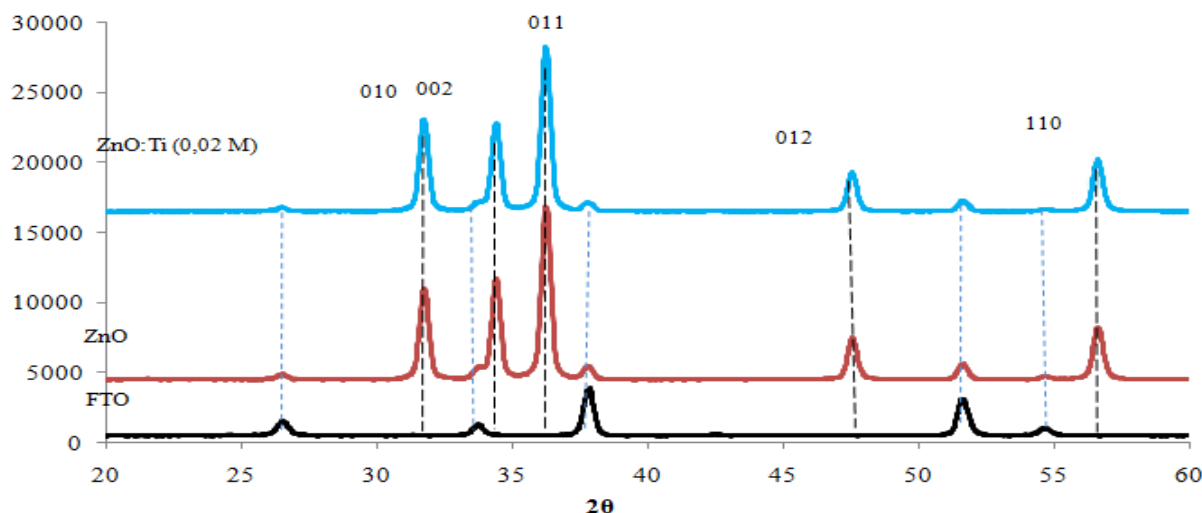
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum absorpsi UV-Vis *nanorod* ZnO murni dan dengan didoping Ti (0,02 M)

ditunjukkan pada Gambar 1. Spektrum tersebut menunjukkan penyerapan kuat terjadi pada rentang panjang gelombang 300-369 nm. Gambar 1 juga memperlihatkan kenaikan penyerapan setelah dilakukan doping pada *nanorod* ZnO. *Nanorod* ZnO murni menghasilkan penyerapan sebesar 0,82 a.u sedangkan ZnO:Ti (0,02 M) menghasilkan penyerapan sebesar 0,93 a.u. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [3].



**Gambar 1.** Spektrum absorpsi UV-Vis *nanorod* ZnO tanpa dan dengan didoping Ti 0,02 M.

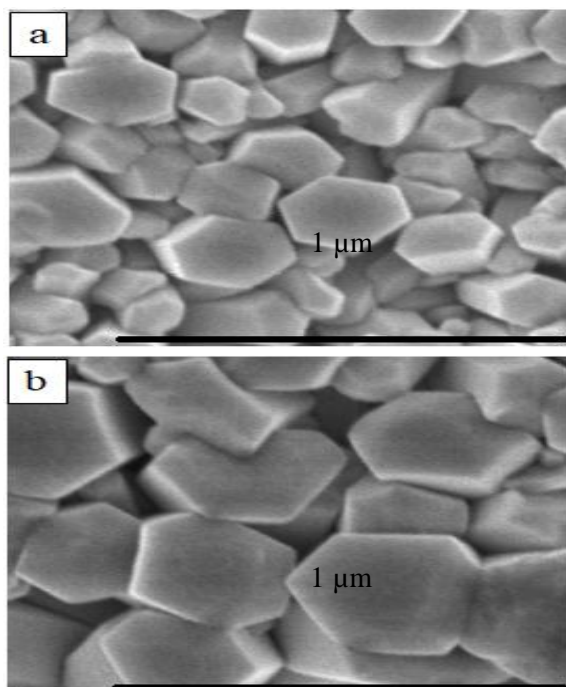


**Gambar 2.** Pola XRD dari sampel *nanorod* ZnO murni dan ZnO:Ti (0,02 M) (Tanda \* adalah puncak difraksi substrat FTO).

Gambar 2 merupakan analisa pola XRD. Gambar tersebut menunjukkan lima puncak difraksi yang tajam pada sudut  $2\theta$ :  $31,77^\circ$ ;  $34,43^\circ$ ;  $36,36^\circ$ ;  $47,55^\circ$  dan  $56,61^\circ$ . Hal ini menandakan bahwa sampel tersebut memiliki sifat kristalin. Analisa *software high scores* menggambarkan kelima puncak difraksi pada bidang kristal (010), (002), (011), (012) dan (110) dengan parameter

kisi  $a = 3,2490 \text{ \AA}$  dan  $c = 5,2050 \text{ \AA}$  yang diindeksikan pada bahan ZnO jenis wurtzite, heksagonal, sesuai dengan referensi standard data ICDS No 98-009-4002. Kedua sampel tersebut memiliki *strongest line* pada bidang orientasi kristal (011) dengan sudut  $2\theta = 36,26^\circ$ .

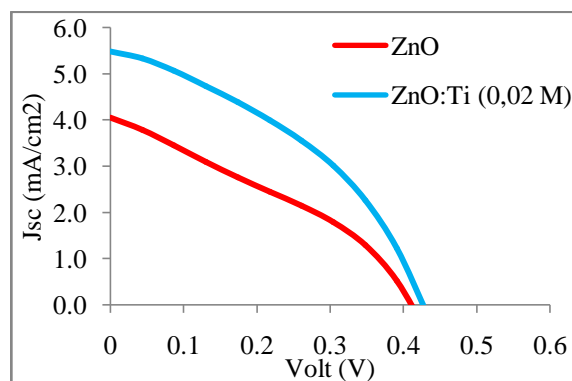
Gambar 3 memperlihatkan foto FESEM dari kedua sampel dengan perbesaran 20.000x. Gambar tersebut menunjukkan *nanorod* yang tumbuh di atas substrat memiliki ukuran partikel yang cukup seragam dan penampang bentuk heksagonal. Doping Ti yang memasuki kisi ZnO mempengaruhi ukuran *nanorod* ZnO.



**Gambar 3.**Foto FESEM (a) ZnO murni (b) ZnO:Ti 0,02 M.

Sampel yang didoping Ti memiliki ukuran *nanorod* yang lebih besar jika dibandingkan dengan *nanorod* ZnO murni, ukuran partikel yang cukup seragam dan memiliki penampang berbentuk heksagonal. Hal ini disebabkan karena, pengaruh tingginya konsentrasi larutan doping membuat *nanorod* ZnO yang terbentuk menjadi lebih tebal, karena Zn ion<sup>2+</sup> berdifusi lebih cepat ketika konsentrasi larutan pendoping meningkat [10].

Selanjutnya, *nanorod* ZnO murni dan doping Ti digunakan sebagai fotoanoda pada DSSC. Performansi DSSC dianalisa menggunakan karakteristik I-V yang disinari di bawah lampu halogen dengan intensitas 100 mW/cm<sup>2</sup>. Gambar 4 menunjukkan grafik I-V dari sampel yang sudah disinari dan nilai efisiensinya diperlihatkan pada Tabel 1.



**Gambar 4.**Kurva J-V pada DSSC yang didoping Ti pada saat disinari.

**Tabel 1.** Parameter pengukuran I-V dari DSSC yang menggunakan *nanorod* ZnO murni dan ZnO:Ti 0,02 M.

Sampel	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF (%)	η (%)
ZnO	4,11	0,41	34,14	0,58
ZnO:Ti (0,02 M)	5,52	0,42	41,94	0,98

Doping titanium menyebabkan adanya kenaikan pada nilai Jsc. Peningkatan ini terjadi karena daya serap dan proses transfer elektron yang lancar. Sifat optik yang baik ditunjukkan dengan peningkatan penyerapan cahaya. Hal ini dikarenakan bertambah lebarnya rentang spektrum serapan yang dimulai dari ultraviolet hingga cahaya tampak.

Kurva J-V yang didoping Ti 0,02 M memiliki luasan bidang yang lebih besar jika dibandingkan dengan sampel ZnO murni. Kenaikan nilai efisiensi ini dapat dikaitkan dengan penyerapan elektron pada data UV-Vis. Data tersebut menunjukkan sampel Ti 0,02 M memiliki penyerapan yang lebih besar jika dibandingkan dengan sampel ZnO murni sehingga, elektron yang tereksitasi ke pita konduksi semakin banyak. Hal ini menyebabkan meningkatnya nilai efisiensi dari DSSC.

## KESIMPULAN

*Nanorod* ZnO telah berhasil ditumbuhkan di atas FTO dengan metode

*seed mediated hydrothermal. Nanorod* ZnO dibuat dalam keadaan tanpa didoping dan yang didoping Ti 0,02 M. Spektrum absorpsi UV-Vis memperlihatkan penyerapan tertinggi terjadi pada rentang panjang gelombang 300-369 nm. Doping Ti membuat penyerapan naik menjadi 0,93 a.u. Spektrum XRD memperlihatkan puncak difraksi yang tinggi pada sudut  $2\theta:36,36^\circ$  dengan bidang orientasi (011). Foto FESEM memperlihatkan bahwa Ti berhasil masuk ke dalam kisi ZnO. Hal ini ditandai dengan semakin besarnya bentuk dari *nanorod* ZnO. Analisa I-V memperlihatkan peningkatan nilai efisiensi dari DSSC *nanorod* yang didoping Ti. Nilai efisiensi ZnO murni sebesar 0,58% dan *nanorod* ZnO didoping Ti 0,02 M menjadi 0,98%. Peningkatan efisiensi ini terjadi karena penambahan doping Ti mampu meningkatkan konduktivitas dari *nanorod* ZnO.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Asian Development Bank (ADB) melalui proyek *Advanced Knowledge and Skills for Sustainable Growth in Indonesia* (AKSI) Universitas Riau Tahun 2020 yang telah mendanai kegiatan penelitian ini.

## REFERENSI

1. Kakiage, K., Aoyama, Y., Yano, T., Oya, K., & Fujisiwa, J. H. M. (2015). Highly-efficient dye sensitized solar cells collaborative sensitization by silyl-anchor and carboxy-anchor dyes. *R. Soc. Chem.*, 51, 15894–15897.
2. Iwantono, Angelina, F., Pajrin, E., Umar, A. A., & Awitdrus. (2016). Penumbuhan nanostruktur ZnO yang di-doping Boron (B) menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu annealing dan efeknya pada performansi DSSC. *Seminar Internasional dan Rapat Tahunan*, Palembang, 22-24 Mei 2016, 1–5.
3. Kanmani, S. S., Rajamanickam, N., & Kamachandran, K. (2014). Influence of Ti dopant on the properties and dye sensitized solar cell performance of ZnO chunk-shaped nanostructures. *Org. Electron.*, 15(10), 2302–2310.
4. Rahman, M. U., Wei, M., Xie, F., & Khan, M. (2019). Efficient dye-sensitized solar cells composed of nanostructural ZnO doped with Ti. *Catalysts*, 9(3), 1–11.
5. Labib, F. M., Harjito., & Saputro, S. H. (2012). Sintesis lapis tipis seng oksida (ZnO) *nanorods* sebagai fotoanoda sel surya tersintesis zat warna. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(1), 85–91.
6. Dahlan, D., Leng, T. S., & Aziz, H. (2016). Dye sensitized solar cells (DSSC) dengan sensitizer dye alami daun pandan, akar kunyit dan biji beras merah (*black rice*). *Jurnal Ilmu Fisika*, 8(1), 1–8.
7. Phani, G., Tulloch, G., Vittorio, D., & Skryabin, I. (2001). Titania solar cells: New photovoltaic technology. *Renewable Energy*, 22(1-3), 303–309.
8. Grätzel, M. (2003). Dye-sensitized solar cells. *J. Photochem. Photobiol., C*, 4, 145–153.
9. Anuntahirunrat, J., Sung, Y. -M., & Pooyodying, P. (2019). Efficiency of Nb-doped ZnO nanoparticles electrode for dye-sensitized solar cells application. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, Phuket, Thailand, 2-5 Agustus 2017, 229, 1–6.
10. Ko, Y. H., Kim, M. S., & Yu, J. S. (2012). Controllable electrochemical synthesis of ZnO *nanorod* array on flexible ITO/PET Substrate and their structural and properties. *Appl. Surf. Sci.*, 259, 99–104.



Artikel ini menggunakan lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)