
Peningkatan Efisiensi Dye Sensitised Solar Cell dengan Memberikan Treatment Boron Pada Material Aktif Nanorod ZnO

Iwantono¹
Yogie Al Baihaki¹, Awitdrus¹, Akrajas A. Umar²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau Jl. H.R. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru 28293

²Institute of Microengineering and Nanoelectronics (IMEN) UKM Bangi 43600 Malaysia

*Email: iwan_tono@yahoo.co.uk

ABSTRAK

Pengembangan dye sensitized solar cell (DSSC) sebagai generasi ketiga sel surya masih terus dilakukan, terutama untuk meningkatkan nilai efisiensi transfer daya yang masih rendah. Peningkatan efisiensi sel DSSC dilakukan dengan berbagai modifikasi, baik modifikasi material aktif pada elektroda kerja, dye, elektroda lawan, maupun elektrolitnya. Dalam penelitian ini, upaya peningkatan efisiensi DSSC dilakukan dengan memberikan treatment boron pada material aktif nanorod ZnO. Penumbuhan nanorod ZnO dilakukan dengan metode seed-mediated hydrothermal pada suhu 90° C selama 8 jam. Kemudian sampel ditreatment dengan trymethyl borat (boron) pada suhu 90° C dalam 120 menit pada konsentrasi 60 mM dalam 25 ml DI water. Dye sensitizer yang digunakan pada penelitian ini adalah dye N719 berbasis ruthenium yang dilapiskan dengan metode spin coating dengan kecepatan 800 rpm selama 20 detik. Sampel dikarakterisasi dengan spektroskopi UV-Vis dan karakteristik I-V. Spektrum reflektansi UV-Vis memperlihatkan adanya tambahan puncak reflektansi ketika sampel direndam dalam dye dan intensitas reflektansi dan energy gap menurun dengan adanya atom boron yang ditambahkan. Sedangkan uji I-V pada keadaan gelap dan terang menghasilkan nilai efisiensi sel DSSC hanya sebesar 0,10% untuk sel tanpa treatment boron dan naik cukup signifikan menjadi sekitar 0,2% ketika atom boron ditambahkan pada nanorod ZnO.

Kata Kunci: *Nanorod B:ZnO, Seed-mediated hidrotermal, Dye sensitized solar cell, Efisiensi*

ABSTRACT

Development of dye sensitized solar cell (DSSC) as the third generation of solar cell is still in progress, in order to increase its efficiency of power transfer. The process to increase DSSC efficiency can be carried out by modifying active materials on working electrode, dye materials, counter electrode and electrolyte. In this current research, the active materials of ZnO nanorods coated on FTO (flourine tin oxide) working electrode was modified by treating the materials with 60 mM in 25 ml DI water of trymethyl borate solution at 90°C in 120 minutes. The treatment was taken soon after the growth process of ZnO nanorods by using the seed-mediated hydrothermal method at temperature of 90°C in 8 hours. The sample was then characterised by using UV-Vis spectroscopy. The DSSC was fabricated by arranging the materials as sandwich structure by using ruthenium based dye sensitizer of N719. The dye sensitizer was coated on the active materials using spin coating method at 800 rpm in 20 seconds. The performance of DSSC was measured by evaluated the I-V characteristics. UV-Vis spectra of the samples showed additional peak observed on the boron treated sample and reflectance intensity and the band gap energy tended to decrease when boron was added to the active materials. The cell efficiency increased significantly as boron was treated to the active materials from 0.10% (DSSC without boron) to 0.20% (boron treated cell).

Keywords: *B:ZnO Nanorods, Seed-mediated hydrothermal, Dye sensitized solar cells, Efficiency*

Pendahuluan

Sel surya fotoelektrokimia adalah alat yang digunakan sebagai pengubah cahaya matahari menjadi energy listrik dengan metode sambungan P-N dengan tambahan reaksi kimia (reaksi redoks). Sel surya fotoelektrokimia atau yang dikenal juga dengan dye sensitized solar cells (DSSC) merupakan sel surya generasi ketiga yang saat ini sering dikembangkan sebagai salah satu alternative yang menjanjikan karena memiliki beberapa keunggulan, seperti biaya pembuatan yang murah dan poses yang sederhana. DSSC tersusun atas beberapa komponen utama, yaitu elektroda kerja (kaca konduktif yang dilapisi material semikonduktor dan dye), elektrolit sebagai mediator dan elektroda lawan (kaca konduktif yang dilapisi material yang bersifat katalis (Martinson et al, 2008). Banyak parameter fisis dalam proses sintesis dalam proses sintesis nanomaterial ZnO yang dapat dikontrol diantaranya, konsentrasi larutan, waktu penumbuhan, dan suhu annealing. Sifat fisis tersebut mempengaruhi kualitas nanomaterial ZnO sebagai material aktif sel surya yang dihasilkan, diantaranya ukuran ZnO, sifat kristal dan tingkat absorpsi nanomaterial ZnO (Oskam, 2003).

Dibandingkan dengan generasi sebelumnya, efisiensi DSSC yang masih rendah merupakan issue utama pengembangan DSSC sehingga memerlukan berbagai modifikasi dan rekayasa. Untuk peningkatan efisiensi DSSC, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan penambahan zat pengotor pada elektroda kerja, seperti doping ZnO dengan golongan III A: Boron (Yamamoto et al, 2001 dan Rahman et al, 2015), Aluminium (Yun et al, 2010) dan Galium (Phan et al, 2013 dan Iwantono et al, 2016) yang mampu mengabsorpsi photon yang lebih banyak.

Pada penelitian ini upaya peningkatan efisiensi DSSC dilakukan dengan memberikan treatment atom boron pada material aktif nanorod ZnO. Sehingga diharapkan memberikan dampak positif dalam meningkatkan jumlah elektron yang tereksitasi dan yang mengalir pada rangkaian luar sebagai arus listrik.

Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah zinc nitrate hexahydrate (ZNH), zinc acetate dehydrate (ZAD), *Hexa-methyl-tetramine* (HMT), trimethyl borate, elektrolit, dye N719. Dalam penelitian ini penumbuhan nanorod ZnO dilakukan dengan metode seed-mediated hydrothermal yang terdiri dari dua proses: pembenihan dan penumbuhan, kemudian sampel ditreatment dengan trimethyl borat (boron). Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan spektroskopi UV-Vis dan uji performansi sel DSSC dilakukan dengan karakterisasi I-V.

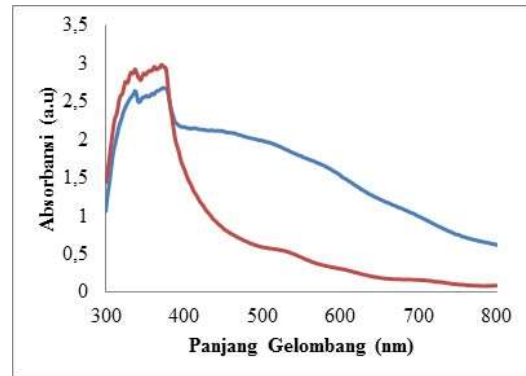
Penumbuhan nanorod ZnO dimulai dengan proses pembenihan dengan metoda *Seed mediated* diawali dengan menyiapkan larutan *zinc acetate dehydrate* (ZAD) 0,01 M ke dalam 15 ml ethanol, proses pelarutan dilakukan dalam ultrasonic bath. 200 μ l larutan ZAD kemudian diteteskan di atas permukaan substrat yang konduktif dan diputar di atas spin coater selama 30 detik dengan kecepatan 3000 rpm. Selanjutnya sampel dipanaskan di atas hot plate selama 15 menit pada suhu 100°C. sampel yang sudah dipanaskan dibenihkan kembali. sebanyak 3 kali pengulangan. Tahap terakhir sampel di-annealing di dalam furnace selama 1 jam pada suhu 350 °C. Setelah selesai proses pembenihan tahap selanjutnya adalah proses penumbuhan nanorod ZnO, proses ini menggunakan dua bahan kimia, yaitu zinc nitrate hexahydrate

(ZNH) 0,04 M dalam 25 ml DI water dan hexametyl tetramine (HMT) 0,14 M dalam 25 ml DI water. Selanjutnya sampel yang sudah dibenihkan dimasukkan ke dalam botol sintesis, bagian FTO yang sudah dibenihkan disusun menghadap ke dinding botol. Sampel ditumbuhkan di dalam oven pada suhu 90°C selama 8 jam. Sampel kemudian dibersihkan menggunakan DI Water, dan dikeringkan menggunakan dryer. Kemudian sampel ditreatment dengan trymethyl borat (boron) pada suhu 90° C dalam 120 menit pada konsentrasi 60 mM dalam 25 ml DI water.

Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis dan karakteristik I-V. Spektroskopi UV-Vis dilakukan untuk menentukan tingkat serapan dan tingkat reflektansi dari sampel, yang dilakukan pada panjang gelombang 300-800 nm. Fabrikasi sel DSSC dilakukan menyusun komponen sel membentuk susunan sandwich dan dengan membuat batas daerah yang akan diuji menggunakan parafilm dengan ukuran luas 0,23 cm². Selanjutnya efisiensi sel diukur dengan mengevaluasi kurva I-V Gamri EPHE dengan memberikan pencahayaan pada sel menggunakan lampu 100 mW/cm².

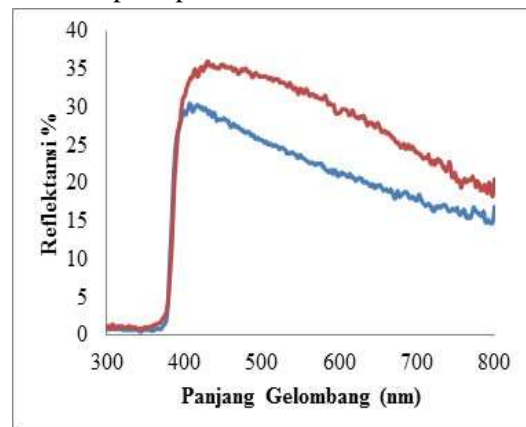
Hasil Dan Pembahasan

Spektrum absorpsi dari nanomaterial ZnO murni dan yang ditreatment boron dengan konsentrasi 0,06 M selama 120 menit ditunjukkan pada Gambar 1. Spektrum tersebut memperlihatkan puncak absorpsi kuat sampel terjadi pada rentang panjang gelombang sekitar 325-380 nm sedangkan pada daerah cahaya tampak ($\lambda > 400$ nm) absorpsi yang terjadi lebih lemah. Spektrum absorpsi nanomaterial ZnO memiliki puncak absorpsi yang tinggi yaitu 2,98 a.u pada panjang gelombang 371 nm, puncak tersebut memiliki kualitas yang baik dengan struktur heksagonal.



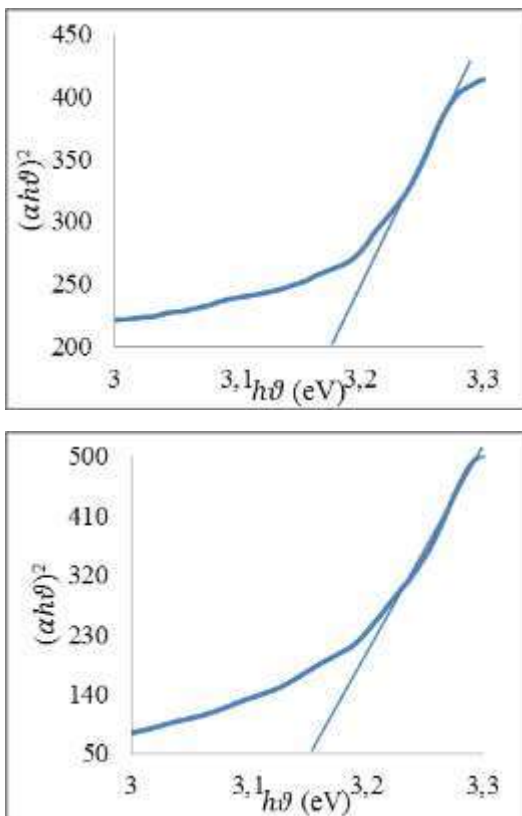
Gambar 1. Spektrum absorpsi UV-Vis dari nanorod ZnO ditreatment boron.

Gambar 2 memperlihatkan spektrum optis reflektansi dari nanorod ZnO murni dan yang ditreatment boron dengan konsentrasi 0,06 M pada waktu 120 menit dengan rentang panjang gelombang 300 nm sampai dengan 800 nm. Dapat dilihat dengan jelas bahwa pemantulan kuat terjadi pada rentang panjang gelombang 380-800 nm. Sedangkan pemantulan sangat lemah terjadi pada rentang panjang gelombang 300-380. Nilai persentasi pemantulan yang terjadi adalah 1-5% pada pemantulan lemah dan 18-32% pada pemantulan kuat.



Gambar 2. Spektrum reflektansi UV-Vis dari nanorod ZnO ditreatment boron

Nilai energi gap dari sampel nanorod ZnO diukur dengan teknik ekstrapolasi kurva transformasi linier $(\alpha h\nu)^2$ vs $(h\nu)$ dari nanostruktur ZnO yang di treatment boron, seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Sedangkan nilai energi gap yang dihasilkan dipaparkan pad Tabel 1.



Gambar 3. Kurva hasil transformasi linier $(\alpha h\nu)^2$ vs $(h\nu)$ dari nanostruktur ZnO yang ditreatment boron.

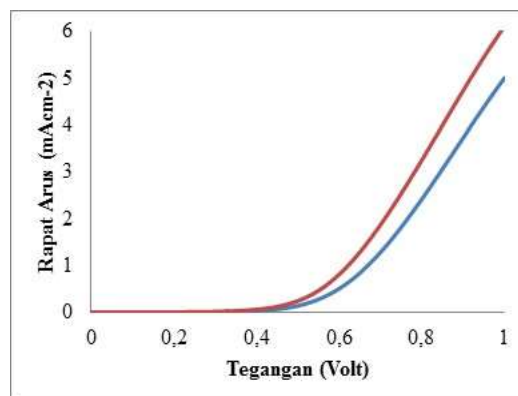
Tabel 1. Energi gap nanorod ZnO yang ditreatment boron

No	Jenis Sampel	Energi Gap (eV)
1	murni	3,16
2	120 menit	3,12

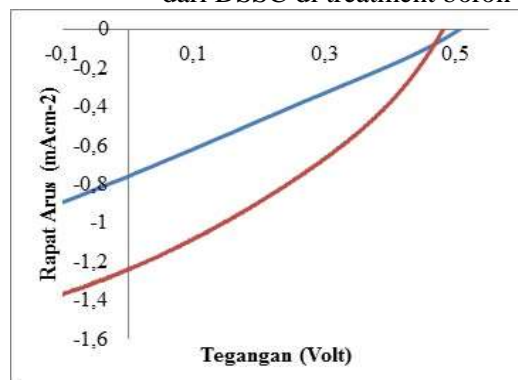
Uji performansi DSSC dilakukan dalam keadaan gelap dan dalam keadaan disinari cahaya lampu halogen 100 mW/cm². Informasi dari hasil pengukuran diolah menggunakan perangkat Gamry dengan perangkat lunak eph 200 software. Kurva I-V dalam keadaan gelap berbentuk lengkungan menyerupai karakterisasi dioda semikonduktor (Gambar 3). Dalam rentang tegangan ini material aktif memiliki karakterisasi dioda yang bersifat non-ohmik dengan tegangan cut-off nya terletak pada tegangan 0,4 Volt.

Gambar 4 menunjukkan grafik J-V dari sel saat disinari cahaya. Terlihat bahwa kurva

J-V dari sel berbasis nanorod znO yang ditreatment boron 0,06 M pada waktu 120 menit menghasilkan luasan bidang lebih besar dibandingkan sampel yang murni. Semakin luas bidang pada kurva J-V, maka mobilitas elektron semakin tinggi sehingga nilai efisiensi yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Nilai efisiensi dari DSSC berbasis nanorod ZnO murni adalah 0,10 % setelah ditreatment boron efisiensi meningkat menjadi 0,20%



Gambar 4. Kurva J-V dalam keadaan gelap dari DSSC di treatment boron



Gambar 5. Kurva J-V nanostruktur ZnO dalam keadaan disinari cahaya lampu halogen 100 mW/cm² dari DSSC di treatment boron

Tabel 2. Parameter fisis hasil pengukuran dan perhitungan DSSC berbasis nanorod ZnO yang ditreatment boron

Sampel	V _{oc} (V)	J _{sc} - mAcm ⁻²	FF	η (%)
Murni	0,50	0,76	0,26	0,10
120 m	0,48	1,24	0,33	0,20

Kesimpulan

Nanorod ZnO ditreatment boron telah berhasil ditumbuhkan di atas FTO sebagai material aktif DSSC menggunakan metode seed mediated hidrotermal dengan konsentrasi larutan treatment 0.06 M selama 120 menit pada suhu 90 °C. Spektrum absopsi UV-Vis memperlihatkan bahwa sampel yang dihasilkan berbentuk nanorod dengan puncak absorpsi terkuat terletak pada rentang panjang gelombang 320-380 dan memiliki penyerapan optium 2,98 a.u pada panjang gelombang 371 nm. Sedangkan pemantulan lemah terjadi pada rentang panjang gelombang 300-380. Nilai persentasi pemantulan yang terjadi adalah 1-5% pemantulan lemah dan 18-32% pada pemantulan kuat. Metode ekstrapolasi mengkonfirmasi bahwa kehadiran atom boron pada nanorod ZnO mampu menurunkan energi gap, sehingga memperbanyak elektron yang tereksitasi. Analisa kurva I-V dari DSSC menghasilkan nilai efisiensi sel setelah treatment boron meningkat tajam dari 0,10% (sel berbasis nanorod ZnO murni) menjadi 0,20%.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak DRPM Kementerian Ristek Dikti atas bantuan dana melalui Hibah Kompetensi Tahun 2017 atas nama Dr. Iwantono, M.Phil

Daftar Pustaka

Rahman A, 2011, Fabrikasi dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO untuk aplikasi Dye Sensitized Solar Cell, *Tesis, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia*,

Martinson B.F, Haman T. W, Pellinn T. J, Hupp J. T, 2008, New architectures for Dye-Sensitized Solar Cells, *Chemistry-A European Journal. 4: 4458-4467.*

Oskam G, 2003, Synthesis of ZnO and nanoparticles, *Journal Sol-gel science technology. 37:157-160*

Phani G, G Tulloch D, Vittorio, skryabin, L., 2001, Titania Solar Cell: New Photovoltaic Technology, *Renewable Energy, Vol. 22, 2001, 303-309.*

Green M.A, Emery K, Hishikawa Y, Warta W, Dunlop E.D, 2013, Solar cell efficiency Tables (Version 43). *Progress in photovoltaics: Reserch and Applications 22: 1-9*

Geatzel M, 2003, Dye-sensitized solar cells, *Journal of Photochemistry and Photobi*

Yun S, Lee J, Lim S, 2010, Hydrothermal synthetis of Al-doped ZnO nanorod arrays on Si substrate, *Science Direct Journal: Physica B, Vol. 405, 2010, 413-419.*

Phan D. T, Chung G. S, 2013, Effects of defects in Ga-doped ZnO nanorods formed by a hydrothermal method on CO sensing properties, *Sci Verse Science Direct, Sensors and Actuators B: Chemical Journal, Vol. 187, 2013, 191-197.*

Yamamoto Y, Saito K, Takashi K, Konagai M, 2001, Preparation of Boron-doped ZnO Thin Film By Photo-atomic Layer Deposition, *Journal Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 65, 2001, 125-132.*

Iwantono I, Erni W. P, Fitri Y. N, Fera A, Siti K.M.S, Umar A. A, 2016, Performance of Dye Sensitized Solar Cell Utilizing Ga-ZnO Nanorods: effect of Ga Concentration, *International Journal of Electro chemical Science Vol. 11, No. 9, 2016*

Rahman M. Y. A, Umar A. A, Roza L. S. A, Samsuri M, Salleh M. M, Iwantono I, Tugirin, 2015. Effect of Growth Solution Cocentration on the Performance of Boron Doped ZnO Dye Sensitized Solar Cells (DSSCs), *Journal of New Materials for Electrochemical Systems, Vol. 18, No. 4, 2015.*