



DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN FILM TIPIS $ZnO:Al$ BERBASIS DYE DARI BUAH NAGA MERAH

Nurdin Siregar, Pangihutan Gultom dan Motlan

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan,
Indonesia

pangicool7@gmail.com

Diterima: Januari 2019; Disetujui: Mei 2019; Dipublikasikan Juni 2019

ABSTRAK

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) telah berhasil difabrikasi menggunakan film tipis $ZnO:Al(5\%)$, yang dibuat dengan menggunakan metode *sol-gel* dengan *teknik Reflux* yang dideposisikan pada kaca ITO dengan teknik *spin coating*. Film tipis $ZnO:Al$ dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, UV-Vis. Ukuran kristal $ZnO:Al(5\%)$ sebesar 35 nm. Energi gap sebesar 3.50 eV. Nilai optimum Absorpsi dye sebesar 2.33a.u pada panjang gelombang 332nm. Nilai Efisiensi sebesar 0.158%.

Kata Kunci : Geolistrik, Konfigurasi Schlumberger, Lapisan Keras.

PENDAHULUAN

Sel surya (solar cell) merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat besar yang dapat dikonversi langsung menjadi energi listrik. Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69% dari total energi pancaran matahari. Sedangkan suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi mencapai 3×10^{24} joule pertahun, energi ini setara dengan 2×10^{17} Watt. Jumlah energi tersebut setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0.1 % saja permukaan bumi dengan perangkat solar sel yang memiliki efisiensi 10 % sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia (Mannan, 2015). Perkembangan Sel surya untuk konversi matahari ini sangat signifikan mulai dari sel surya silikon sampai pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* tersusun dari tiga komponen utama yaitu elektroda kerja (*working electrode*), elektroda pembanding (*counter electrode*) dan larutan elektrolit (Kyaw, 2012).

Elektroda kerja dibuat dari kaca ITO (*Indium Tin Oxide*) yang dideposisikan pada suatu semikonduktor tersensitasi zat warna (*dye*) yang berfungsi sebagai transport pembawa muatan. Material semi konduktor yang banyak dikembangkan saat ini untuk DSSC adalah Seng Oksida (ZnO).

ZnO merupakan material semikonduktor tipe-n yang mempunyai struktur *kristal wurtzite* (Fan,11) dengan energi *band gap* 3,37eV dan energi ikat eksitasi sekitar 60 meV (Siregar,2015). Meski demikian ZnO memiliki sifat optik serta struktur unit yang kurang bagus sehingga diperbaiki dengan cara diberi doping. Pemberian doping bertujuan untuk merubah sifat fisik, optik, dan elektrik dengan memasukkan bahan *pen-doping* kedalam struktur ZnO (yun, 2010). Aluminium merupakan merupakan *doping* logam yang tepat sebagai doping. menurut Sinaga (2009) menyatakan ZnO yang di doping dengan logam Al memiliki transmisi cahaya yang tinggi yaitu antara 70%-90%, menurut Sinaga (2009) menyatakan ZnO yang di *doping* dengan logam Al memiliki transmisi cahaya yang tinggi yaitu

antara 70%-90%, seperti yang dilakukan oleh Tarasov, (2011) penambahan *doping* logam Aluminium dapat meningkatkan *band gap* dari 3.3eV menjadi 3.4eV.

Pada DSSC dye berfungsi sebagai penyerap energy matahari. Menurut Nadeak, (2012) dye yang diekstrak dari daging buah Naga merah memiliki absorbansi sebesar 3,3 a.u pada panjang gelombang cahaya tampak. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan nilai efisiensi DSSC. elektroda berfungsi sebagai donor elektron yang menyebabkan timbulnya ruang saat molekul tereksitasi, elektroda lawan dibuat dari kaca ITO yang dilapisi karbon. Kedua elektroda tersebut dirangkai mengapit larutan elektrolit. Pasang elektrolit redoks yang biasa digunakan adalah *iodide/triiodide* (I-/I3). (Gratzel, 2013).

Metode sintesis Film tipis telah banyak dikembangkan, seperti chemical vapor deposition, DC and RF magnetron sputtering, electron beam evaporation, thermal plasma, pulsed aser deposition, metal organic chemical vapor deposition, spray pyrolysis, and metode sol-gel.(Jun, 2012). Deposisi Film tipis dengan metode sol-gel spin coating adalah cara yang mudah dan efektif dalam pembentukan lapisan film tipis (*Thin Film*) di atas substrat datar. Spin coating merupakan teknik pelapisan bahan dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat kemudian diputar dengan kecepatan konstan untuk memperoleh lapisan baru yang homogen. *Spin coating* melibatkan akselerasi dari genangan cairan diatas substrat yang berputar. Material pelapis dideposisi di tengah substrat. Pada saat sampel berputar terdapat adanya gaya sentrifugal dan pengaruh viskositas cairan yang membuat cairan tidak lepas dari chuck *spin coater*.

Penelitian mengenai DSSC telah banyak dilakukan dengan menggunakan berbagai semikonduktor dengan berbagai variasi, seperti yang dilakukan oleh Kyun,(2014) menggunakan persentasi doping Aluminium 1%, dengan hasil 5.20%. Menurut Iwanto dkk., pemberian doping pada ZnO menggunakan logam Al 2% dapat meningkatkan efisiensi DSSC hingga 0.479%. terjadi peningkatan efisiensi sebesar 0.319%

dibanding DSSC menggunakan *nanorod* ZnO murni (Iwanto, 2016).

Berdasarkan hal diatas tersebut, peneliti tertarik malakukan penelitian *Dye Sensitized Solar Cell* menggunakan ZnO yang dibuat dari *precursor Zinc Acetat Dehydrate* {Zn(CH3COOH).2H2O} yang didoping dengan logam aluminium (Al) sebanyak 5% dengan menggunakan dye dari ekstrak buah naga merah dengan metode *Sol-gel* dan teknik deposisi *Spin-coating*.

METODE PENELITIAN

1. Sintesis Film Tipis ZnO:Al

Penelitian ini di lakukan di Laboratorium Fisika Material UNPAD.

ZnO:Al disintesis menggunakan metode *sol-gel* dengan teknik *Reflux* lalu dideposisikan pada kaca ITO dengan teknik *spin coating*. Bahan penelitian yang digunakan adalah *Zinc Acetat Dehydrate* (MERCK), *Aluminium Chloride* (AlCl3) (MERCK), Isopropanol sebagai pelarut dan *Diethanolamine* sebagai stabilizer.

Sebanyak 3,98 gram *Zinc Acetat dehydrate* {Zn(CH3COOH).2H2O} dan 5% Wt Aluminium (Al) dilarutkan kedalam 35,47 ml sampel isopropanol. Selanjutnya distirrer dengan kecepatan 250 rpm pada suhu 70-85°C. Setelah 15 menit kemudian dimasukkan 1,72 ml *Diethanolamine* (DEA) sehingga larutan berwarna putih bening. Hasil sintesis ZnO:Al dideposisikan pada substrat ITO dengan teknik *spin coating*. Lalu kemudin dipanaskan dengan dua tahapan, *pre-heating* dengan suhu 2500C selama 5 jam, untuk menghilangkan pelarut yang tidak dibutuhkan seperti gugus asam, kemudian di post-heating selama 5 jam, guna memfasilitasi terbentuknya butir ZnO:Al. Masing masing pemanasan dengan waktu tahan 30 menit. Hasil Film tipis yang di post-hating akan dikarakterisasi dengan alat uji XRD, Uv-Vis.

2. Sintesis Larutan Dye

Sintesis larutan *dye* diambil dari buah Naga merah. Ekstraksi dilakukan dengan mencampurkan 50gr buah naga merah dengan 4mL asam asetat, aquades 25ml, etanol 21ml. lalu kemudian di campur hingga rata, lalu

didiamkan selama 24 jam dalam keadaan tertutup dan kedap cahaya, guna menghindari terjadinya evaporasi.

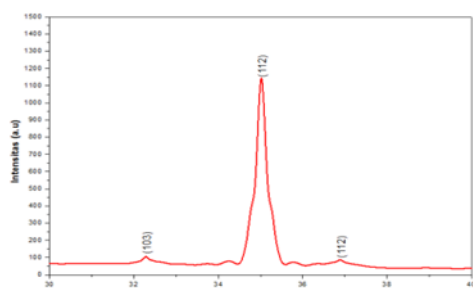
3. Perakitan DSSC

Film tipis ZnO:Al direndam dalam larutan dye selama 24 jam, lalu ditempelkan pada counter elektroda *platina* dengan menggunakan perekat *surilyn*, lalu dipanaskan pada hot plate dengan suhu 70-800C agar *surilyn* menempel dengan sempurna. Selanjutnya injeksi larutan elektrolit melalui lubang kecil yang terdapat pada elektroda lawan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Struktur Kristal Film Tipis ZnO:Al

Gambar 1. menunjukkan hasil XRD sampel film tipis ZnO:Al(5%).



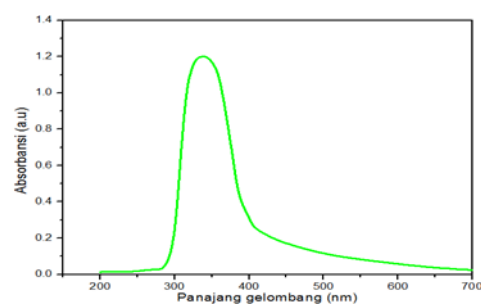
Gambar 1. Hasil uji XRD ZnO:Al(5%)

Sistem kristal pada sampel dapat diidentifikasi dengan menggunakan *free software cellcalc.exe* dan *software OriginPro 8.1*.

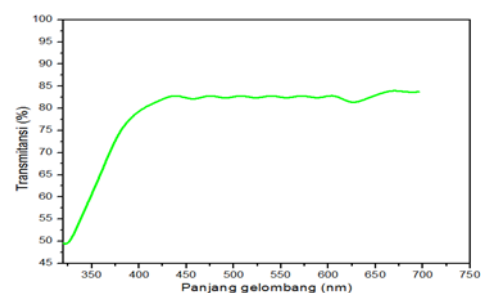
Pada Gambar.1 Tampak adanya peak pada sudut 2theta antara 30-400. puncak pertumbuhan terorientasi pada bidang (103) berbentuk hexagonal pada $2\theta=32,4$, bidang (112) pada $2\theta=35^\circ$ dan bidang (112) pada $2\theta=37^\circ$. dengan puncak kristal terorientasi pada bidang (002). Hasil ini sesuai dengan penelitian Lai,(2015) dimana terbentuk peak 2theta antara 30-400, begitu pula dengan Purwaningsih, (2005). Besar kristal yang terbentuk sebesar 35nm. hasil ini tidak berbeda jauh dibanding penelitian yang dilakukan oleh Lu, (2011) dengan besar kristal 40nm. menurut penelitian Aprillia,(2009) dimana penambahan doping Al(0.5%) dapat menurunkan ukuran kristal secara signifikan.

2. Sifat Optik Film Tipis ZnO:Al

Gambar 2. merupakan grafik absorbansi ZnO:Al(5%), dimana peak ZnO:Al terorientasi pada panjang gelombang 300-400nm yang merupakan daerah cahaya tampak. Hal ini sesuai dengan penelitian Iwanto, (2016) dengan peak pada rentang panjang gelombang 300-400nm.

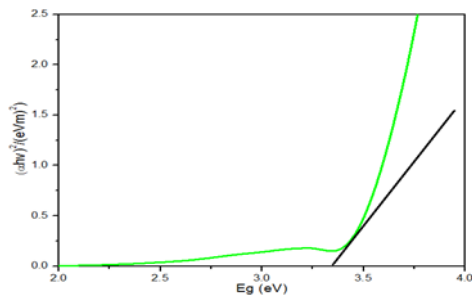


Gambar 2. Grafik absorbansi ZnO:Al(5%)



Gambar 3. Grafik transmitansi ZnO:Al(5%)

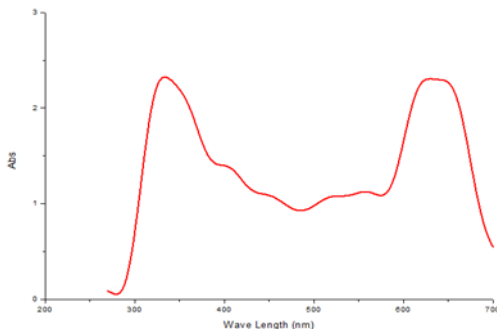
Gambar 3. menunjukkan adanya penurunan transmitansi cahaya pada panjang gelombang 275-400 nm dengan nilai maksimum transmisi 82% pada panjang gelombang 413 nm. Hasil ini hampir sama dengan yang diperoleh Caglar, (2008) dengan nilai transmitansi berada diantar rentang 300-400 nm. Menurut Purwaningsih, (2005) Besar, atau kecil nya nilai transmitansi pada film tipis dapat dipengaruhi oleh beberapa factor, seperti jumlah atom doping yang masuk kedalam kisi ZnO, ukuran butir kristal, permukaan lapisan bertekstur, kekasaran permukaan, pembentukan senyawa lain yang tumbuh pada waktu yang sama dengan lapisan ZnO doping, dan kerapatan lapisan pada film tipis.



Gambar 4. Nilai energi gap ZnO:Al(5%)

Gambar.4 menunjukkan nilai celah energi film tipis ZnO:Al (5%) dengan menggunakan metode Tauc Pot didapat nilai celah energy sebesar 3.32eV. hal ini sedikit lebih tinggi dibanding dengan hasil yang diperoleh Iwanto pada persentase doping 2% sebesar 3.22eV, juga dibanding hasil yang diperoleh Durr,(2015) dengan menggunakan doping 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dengan hasil, 3,102; 3,115; 3,118, 3,115; 3,109; 3,109.

3. UV-Vis Larutan Dye



Gambar 5. Hasil Uv-Vis dye buah naga merah

Gambar 5. Menunjukkan bahwa dye hasil ekstrak daging buah Naga merah dapat menyerap spectrum cahaya dari panjang gelombang 300nm-800nm. Hal ini sesuai dengan yang diharapkan, karena cahaya tampak terjadi pada panjang gelombang 400nm-800nm, dengan daya serap optimum pada panjang gelombang 322nm sebesar 2.33 a.u. lebih rendah dibanding dengan hasil yang diperoleh oleh Nadeak dkk. (2012) dengan dye yang diekstrak dari daging buah Naga merah sebesar 3,3 a.u.

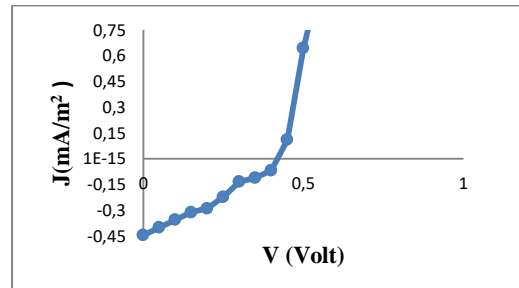
4. Efisiensi DSSC

Persentase efisiensi dapat diperoleh dengan membandingkan daya yang dihasilkan

prototipe DSSC (Pmax) dengan daya yang diberikan oleh sumber cahaya (Pin), atau dapat juga dengan menggunakan persamaan.1 berikut

$$\eta (\%) = \frac{(I_{sc}) \times (V_{oc}) \times FF \times 100}{P_{in}} \quad (1)$$

Gambar.6 memperlihatkan hubungan antara densitas arus dan tegangan pada pengukuran DSSC dengan kondisi terang. tampak bahwa arus meningkat secara eksponensial terhadap kenaikan tegangan.



Gambar.6 Grafik Karakterisasi I-V DSSC Pada Kondisi Terang

Pada pengukuran dengan menggunakan daya input 36.5(W/mm²), didapat nilai efisiensi sebesar 0.158%, hal ini lebih kecil dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh Iwanto dkk, (2016) pemberian doping Al 2% diperoleh hasil efisiensi DSSC sebesar 0.479%, dan lebih rendah dari hasil yang diperoleh Kyun,(2014) dengan efisiensi 5,20% dengan menggunakan 1% Aluminium, juga lebih kecil dibanding dengan hasil yang diperoleh Lee, (2010) dengan efisiensi 0.6% dengan menggunakan 6% Al.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) telah difabrikasi dengan menggunakan material semikonduktor ZnO yang didoping dengan Aluminium 5% berbasis dye alami buah Naga merah dan counter elektroda Platina. Film tipis ZnO:Al disintesis dengan teknik refluks, dan metode *Sol-Gel*, dan dicoating dengan menggunakan teknik *Spin-Coating*. Hasil pengujian XRD menunjukkan bahwa gugus ZnO:Al bentuk kristal hexagonal pada ukuran 35nm. hasil Uv-Vis menunjukkan celah energy ZnO:Al sebesar 3.32eV. Efisiensi ZnO:Al sebesar 0.158%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprillia, A., Fernando, H., Bahtiar, A., Safriani, L., Hidayat, R., (2009), Influences of Al dopant atoms to the structure and morphology of Al doped ZnO nanorod thin film. *Journal of Physics: Conf. Series* 1080 (2018)
- Durri, S., Susanto, H., (2015), Karakterisasi Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO doping Al yang di Deposisi diatas Kaca dengan Metode Sol-Gel Teknik Spray-Coating, *Jurnal Fisika Indonesia* Vol 19. No.55 hal: 38-40
- Gratzel, M., (2013), Demonstrating Electron Transfer And Nanotechnology : A Natural Dye Sensitized Nanocrystalline Energy Converter, *Journal Of Chemical Education* Vol.75 No.6, hal: 752
- Iwanto, i., Angelina, F., Nurrahmawati, P., Naumar, F, Y., Umar, A, A., (2016), Optimalisasi Efisiensi Dye Sensitized Solar Cells dengan penambahan doping pada material Aktif Nanorod ZnO menggunakan Metode Hidrotermal, Vol.06 hal: 36-43
- Jun, M,C., Park, S,U., Koh, J, H., (2012), Comparative studies of Al-doped ZnO and Ga-doped ZnO transparent conducting oxide thin films. *Journal of Springer* Vol.7 hal: 639
- Kyaw, A, K, K., Tantang, H., Wu, T., Ke, L., Wei, J., Demir, H.V., Zhang, Q., and Sun, X,W., (2012), Dye sensitized solar cell with a pair of carbonbased electrodes, *Journl. Phys, D* Vol. 45, pp. 165103.
- Kyun, H, K., Kazuomi, U., Yoshio, A., dan Midori, K., (2014), Structural Properties of Zinc Oxide Nanorods Grown on Al-Doped Zinc Oxide Seed Layer and Their Applications in Dye-Sensitized Solar Cells, *Journal of Materials* Vol.4 hal: 2522-2533
- Lai, F., Yang, J., Kou, S., (2015), Efficiency Enhancement of Dye-Sensitized Solar Cells' Performance with ZnO Nanorods Grown by Low-Temperature Hydrothermal Reaction, *Journal of Materials* Vol.8 hal: 8860-8867
- Lu, Z., Zhou, J., Wang, A., Wang, N., Yang, X., (2011), Synthesis of aluminium-doped ZnO nanocrystals with controllable morphology and enhanced electrical conductivity, *Journal Mater Chem* Vol.21 hal : 4161-4167.
- Mannan, S., (2015), Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Efisien, Handal dan Ramah Lingkungan Di Indonesia, Ponegoro: UNDIP
- Mujdat Caglar, A., Saliha Ilican, A., Yasemin Caglar, A., Fahrettin Yakuphanoglu, (2018), The effects of Al doping on the optical constants of ZnO thin films prepared by spray pyrolysis method, *Journal Mater Sci Mater Electron* Vol.19 hal: 704-708.
- Nadeak, S, M, R., Susanti, D, (2012), Variasi Temperatur Dan Waktu Tahan Kalsinasi Terhadap Unjuk Kerja Semikonduktor Tio2 Sebagai Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Dye Dari Ekstrak Buah Naga merah. Vol.1 hal:2301-9271.
- Purwaningsih, S, Y., Karyono., Sudjatmoko., (2005), Efek Doping Al pada sifat Optik dan Listrik Lapisan Tipis ZnO Hasil Deposisi dengan DC Sputtering, *Journal Fisika Dan Aplikasinya* Vol.1 No.1.
- Sinaga, P., (2009), Pengaruh Temperatur Annealing Terhadap Struktur Mikro, Sifat Listrik dan Sifat Optik dari Film Tipis Oksida Konduktif Transparan ZnO:Al yang dibuat Dengan Teknik Screen Printing. *Jurnal Pengajaran MIP* Vol.14, No.2
- Tarasov, K., Raccurt, O., (2011), A wet chemical preparation of transparent conducting thin films of Al-doped ZnO nanoparticles, *Journal of Nanores* Vol.13, hal: 6717-6724.
- Yun, S., Lee, J., Yang, J., dan Lim, S, (2010), Hydrothermal synthesis of al-doped ZnO nanorod arrays on si substrate. *Physica B: Condensed matter* Vol.405, No.1 hal: 413-419.