

## PEMBUATAN LAPISAN FOTOKATALIS ZINC OXIDE (ZnO) DENGAN TEKNIK SPRAY COATING DAN APLIKASINYA PADA PENGERING JAGUNG

Eko Hidayanto\*, Heri Sutanto, K. Sofjan Firdausi dan Zaenal Arifin

Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Semarang 50275

\*Korespondensi Penulis, Email: ekohidayanto@fisika.undip.ac.id

### Abstract

ZnO thin film has been deposited on the glass with a spray coating technique. Gel of ZnO 0.5 M was synthesized by dissolving 0.5 M zinc acetate dehydrate in isopropanol and monoethanolamine solution at room temperature with the molar ratio of MEA and ZnAc is 1:1. The solution was stirred using a magnetic stirrer at 70°C for 30 minutes to get the clear and homogeneous ZnO gel. ZnO gel is placed on the spray hole and sprayed on a heated glass substrate till 40°C. Then, the spraying layer spraying was allowed to stand for 3 days to strengthen the contact with glass layer. Deposition results of ZnO layer is transparent with transmittance values of 71.4 % and decreases with a decrease in wavelength imposed on the layer. The energy dispersive X-ray (EDX) results show the composition of zinc (Zn) is less than the oxygen (O) with a ratio Zn : O = 38.44 % : 61.56 %. The scanning electron microscopy (SEM) results show ZnO thin film has a smooth and homogeneous surface with a grain size of 57 nm. The test results demonstrate ZnO layer has a band gap value of 3.01 eV. The drying corn shows that directly drying using sunlight has a faster rate compared using ZnO glass. Surface morphology of the layer of dried corn using ZnO glass has brighter color and lice compared to directly drying on sunlight.

**Keywords:** Photocatalyst, ZnO, Thin Film, Spray Coating, Corn, Drying

### Abstrak

Telah dideposisi lapisan tipis ZnO di atas kaca dengan teknik spray coating. Gel ZnO 0,5 M disintesis dengan melarutkan Zinc acetate dehydrate ke dalam larutan isopropanol dan monoethanolamine pada temperatur ruang dengan perbandingan molar dari MEA dan ZnAc yaitu 1:1. Larutan diaduk menggunakan pengaduk magnetik pada temperatur 70°C selama 30 menit hingga didapatkan gel ZnO yang jernih dan homogen. Gel ZnO diletakkan pada spray hole dan disemprotkan pada substrat kaca yang telah dipanasi sampai temperatur 40°C. Lapisan hasil penyemprotan selanjutnya didiamkan selama 3 hari untuk memperkuat kontak lapisan dengan kaca. Hasil deposisi lapisan ZnO bersifat transparan dengan nilai transmittansi sebesar 71,4% dan semakin menurun dengan penurunan panjang gelombang yang dikenakan pada lapisan. Hasil pengujian komposisi dengan energi dispersif of sinar X (EDX) menunjukkan bahwa komposisi seng (Zn) lebih sedikit daripada oksigen (O) dengan perbandingan Zn:O = 38,44% : 61,56%. Hasil uji citra Scanning electron microscopy (SEM) menunjukkan lapisan tipis ZnO mempunyai permukaan yang halus dan homogen dengan ukuran grain sebesar 57 nm. Hasil uji sifat optik menunjukkan lapisan ZnO mempunyai nilai celah pita energi ZnO sebesar 3,01 eV. Hasil uji pengeringan jagung menunjukkan bahwa pengeringan dibawah sinar matahari secara langsung mempunyai laju pengeringan yang lebih cepat dibandingkan dengan dibawah kaca ZnO. Permukaan morfologi jagung yang dikeringkan dibawah lapisan ZnO menunjukkan warna yang lebih cerah dan bebas kutu dibandingkan dengan pengeringan dibawah sinar matahari langsung.

**Kata kunci:** Fotokatalis, ZnO, Lapisan Tipis, Spray Coating, Jagung, Pengering

## Pendahuluan

Aplikasi semikonduktor oksida fotokatalis banyak dimanfaatkan dalam bidang lingkungan dan pertanian. Proses fotokatalis menggunakan semikonduktor berstruktur nano adalah salah satu teknologi untuk mengoksidasi senyawa organik seperti pewarna [1]. Bahan semikonduktor oksida fotokatalis yang sering digunakan dalam mendegradasi limbah cair tersebut adalah  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  [2].  $\text{ZnO}$  memiliki efisiensi fotokatalis lebih tinggi dari  $\text{TiO}_2$  karena proses penyerapan sinar UV yang kuat dari spektrum matahari. Selain itu,  $\text{ZnO}$  adalah bahan fotokatalis yang efisien untuk proses detoksifikasi limbah air karena menghasilkan  $\text{H}_2\text{O}_2$  lebih efisien daripada fotokatalis lain [3,4]. Dengan kemampuan fotokatalis  $\text{ZnO}$  pada proses detoksifikasi tersebut,  $\text{ZnO}$  digunakan untuk meningkatkan kualitas produk pertanian khususnya jagung dengan cara permukaan jagung basah hasil panen dikeringkan dibawah sinar ultra violet (UV) matahari secara langsung.

Penumbuhan lapisan tipis  $\text{ZnO}$  telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti dengan berbagai metode antara lain *Metal-Organic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD) [5], *Molecular Beam Epitaxy* (MBE) [6], *Pulsed-Laser Deposition* (PLD) [7], *Magnetron Sputtering* [8], *Electron Beam Evaporation* [9], dan metode sol-gel dengan teknik *spin coating* dan *spray coating* [10]. Pembuatan lapisan tipis dengan metode sol-gel memiliki beberapa keuntungan, antara lain biayanya murah, tidak menggunakan ruang dengan kevakuman tinggi, komposisinya homogen, ketebalan lapisan bisa dikontrol dan struktur mikronya cukup baik, sehingga metode ini dapat digunakan sebagai alternatif lain dalam pembuatan lapisan tipis yang murah dan dilakukan pada kondisi tekanan atmosfer [11].

Dalam penelitian ini, dilakukan deposisi lapisan tipis  $\text{ZnO}$  di atas kaca menggunakan metode sol-gel dengan teknik *spray coating*. Deposisi lapisan tipis  $\text{ZnO}$  dilakukan dengan molaritas 0,5M tanpa sintering. Hasil deposisi selanjutnya dilakukan pengujian sifat mikrostruktur dan optiknya. Selain itu, dilakukan uji aplikasi foto katalis  $\text{ZnO}$  pada sistem pengering jagung dengan iradiasi sinar UV matahari secara langsung.

## Metode Penelitian

Lapisan tipis  $\text{ZnO}$  dideposisi di atas substrat preparat gelas menggunakan metode sol-gel teknik *spray-coating*. Gel  $\text{ZnO}$  disintesis dengan melarutkan *Zinc acetate dehydrate* ke dalam larutan isopropanol dan *monoethanolamine* pada temperatur ruang dengan perbandingan molar dari MEA dan  $\text{ZnAc}$  yaitu 1:1. Kemudian larutan diaduk menggunakan pengaduk magnetik pada temperatur  $70^\circ\text{C}$  selama 30 menit hingga didapatkan larutan yang jernih dan homogen. Selanjutnya *gel ZnO* diletakkan pada *spray hole* dan disemprotkan pada kaca dan pada waktu bersamaan dengan pemanasan kaca dengan hair dryer hingga temperatur  $40^\circ\text{C}$ . Lapisan hasil penyemprotan selanjutnya di diamkan dengan dikeringkan secara alami selama 3 hari.

Morfologi permukaan lapisan  $\text{ZnO}$  diuji dengan Scanning Electron Microscopy (SEM), dan komposisinya dengan energy dispersive spectroscopy (EDS). Uji sifat optik lapisan  $\text{ZnO}$  dan kemampuan foto degradasi pewarna MB dengan ultra violet visible (UV-Vis) spectro photometer. Uji aplikasi kemampuan foto katalis  $\text{ZnO}$  dilakukan pada sistem pengering jagung dengan foto katalis lapisan tipis seluas  $85 \times 75 \text{ cm}^2$  dibawah sinar UV matahari.

### Hasil dan Pembahasan

Deposisi lapisan tipis ZnO dengan teknik penyemprotan sederhana telah mampu menghasilkan lapisan tipis yang transparan dan rata. Hasil uji spektrum EDX lapisan tipis ZnO yang dideposisi di kaca diperlihatkan pada gambar 1.

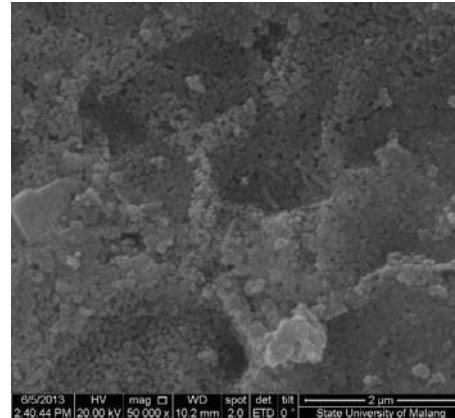
Element	Wt%	At%
OK	28.16	61.56
ZnK	71.84	38.44
Matrix	Correction	ZAF

Gambar 1. Hasil uji komposisi lapisan tipis ZnO dengan EDX.

Atom-atom penyusun lapisan tipis ZnO pada substrat kaca adalah seng (Zn) dan oksigen (O). Hasil uji komposisi atom lapisan tipis ZnO dalam %At (persen atomik bahan) terdiri dari 38,44% seng (Zn) dan 61,56% oksigen (O). Lapisan ZnO memiliki komposisi atom oksigen (O) yang lebih banyak daripada seng (Zn), ini mengindikasikan pada lapisan ZnO terdapat sejumlah atom impuritas. Hasil penelitian ini juga menginformasikan bahwa metode sol-gel teknik deposisi penyemprotan/spray coating telah realibel digunakan sebagai metode deposisi lapisan tipis dari bahan-bahan berbasis oksida.

Pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy) dilakukan untuk mengetahui citra morfologi permukaan dan ketebalan lapisan tipis ZnO. Hasil pengujian SEM dengan perbesaran 50.000 $\times$  untuk lapisan yang dideposisikan diperlihatkan pada gambar 2. Lapisan ZnO di atas kaca tersusun dari sekumpulan butiran yang berbentuk batang yang halus dan hampir homogen dengan ukuran grain/bulir kristal 57 nm. Hal ini memperlihatkan bahwa ZnO telah berhasil dideposisikan dan melapisi permukaan kaca dengan permukaan yang hampir homogen dan halus. Pola keteraturan bulir kristal/grain juga mengindikasikan bahwa sifat mikrostruktur lapisan mempunyai

kualitas kristal yang baik. Metode sol-gel teknik penyemprotan mampu menghasilkan lapisan ZnO dengan bulir kristal/grain berukuran nano meter dan ketebalan dibawah 1  $\mu$ m.



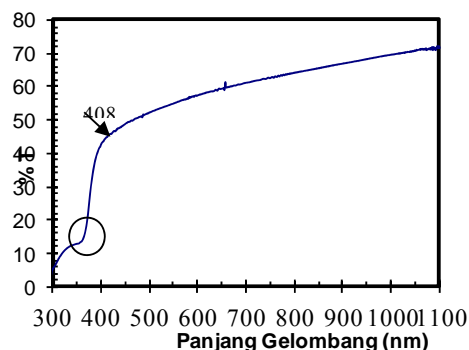
Gambar 2. Citra SEM morfologi lapisan tipis ZnO yang dideposisi di atas kaca.

Pengujian sifat optik ZnO dilakukan dengan menggunakan alat UV-Vis Spektrofotometer Lamda 25 Perkin Elmer dan dalam rentang panjang gelombang antara 300 nm hingga 1100 nm. Dari pengujian ini didapatkan nilai transmitansi yang digunakan untuk mendapatkan nilai dari celah pita energi dari lapisan tipis ZnO hasil deposisi. Transmitansi mula-mula sebesar 71,4% mengindikasikan bahwa lapisan tipis hasil deposisi bersifat transparan (sesuai gambar 1). Hasil pengujian sifat optik (gambar 3) lapisan tipis ZnO secara umum menunjukkan bahwa transmitansi lapisan tipis semakin menurun dengan penurunan panjang gelombang yang mengenai lapisan ZnO dan terjadi penurunan tajam saat panjang gelombang sebesar 408 nm (tanda panah) mengenai lapisan hingga semakin mengecil pada panjang gelombang sebesar 300 nm. Hal ini menunjukkan terjadi transisi pita ke pita energi yang mengindikasikan serapan energi terjadi pada saat panjang gelombang tersebut. Selain itu dari hasil

pengujian sifat optik diperoleh fenomena trapping elektron pada panjang gelombang  $\sim 364$  nm, seperti ditunjukkan pada lingkaran pada gambar 4a. Fenomena trapping elektron ini diakibatkan karena sebagian energi foton diserap dan digunakan untuk memindahkan elektron-elektron trapping/ sementara menuju ke pita konduksi. Dari pengujian transmitansi ini dapat digunakan untuk menentukan nilai celah pita energi (gambar 3) dengan menggunakan persamaan

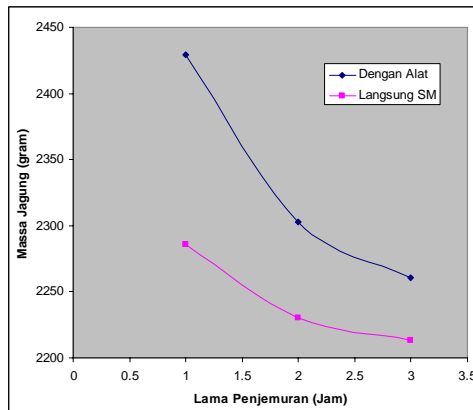
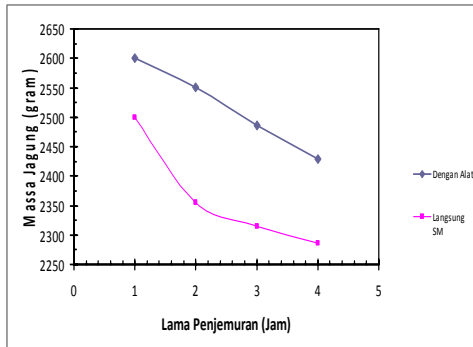
$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^{1/2}$$

dengan  $\alpha$  adalah koefisien absorpsi,  $h\nu$  adalah energi foton (eV) dan A adalah konstanta. Dari plotting grafik diperoleh tersebut diperoleh nilai celah pita energi dari lapisan tipis ZnO hasil deposisi sebesar 3,01 eV. Adanya penurunan nilai celah pita energi lapisan ZnO (referensi  $E_g$  ZnO=3,2 eV) dikarenakan komposisi ZnO tidak stokiometrik dan masih terdapat atom impuritas yang menyebabkan transisi pita ke pita energi tidak berada tepat pada pita valensi ke pita konduksi tetapi pada atom impuritas yang bertindak sebagai *shallow donor* (donor dangkal) dan adanya trapping elektron seperti diperoleh dari hasil uji transmitansi lapisan tipis ZnO. Dari hasil nilai celah pita energi ini menunjukkan bahwa lapisan tipis foto katalis ZnO efektif digunakan dalam aplikasi foto degradasi limbah cair berwarna pada rentang panjang gelombang 400 nm sampai 300 nm (yang bersesuaian dengan daerah spektrum ultra violet-UV).



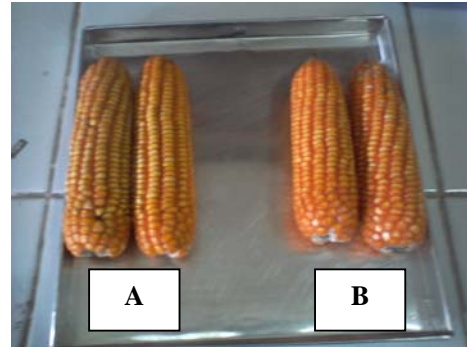
Gambar 3. Hasil uji UV Vis lapisan tipis ZnO.

Hasil pelapisan ZnO digunakan untuk membuat sistem penering jagung dengan tambahan pemanas elektrik hingga mampu menghasilkan pemanas hingga temperatur ruangan  $50^{\circ}\text{C}$ . Hasil pengujian laju pengeringan dengan alat dan sinar matahari langsung menunjukkan bahwa penyinaran sinar matahari secara langsung mampu mengeringkan jagung lebih cepat dibandingkan dengan lapisan seng oksida seperti diperlihatkan pada gambar 4. Pengeringan dengan lapisan seng oksida menghasilkan permukaan jagung tidak pudar, seperti yang tampak jika dikeringkan sinar matahari secara langsung. Hal ini disebabkan karena pengaruh sinar UV yang langsung mengenai obyek dapat merusak permukaan benda/jagung.



Gambar 4. Hasil laju perbandingan pengeringan dengan alat dan dengan sinar matahari langsung.

Untuk lebih meyakinkan kemampuan foto katalis seng oksida (ZnO) dalam membunuh bakteri dilakukan dengan uji total plate counter (TPC) di BPIK Sronol, Semarang. Dari hasil uji menunjukkan bahwa bakteri pada sampel air dengan seng oksida tidak ada (mati) dibandingkan dengan yang tanpa ZnO terdapat bakteri hingga 1200 bakteri/ml. Hasil ini menunjukkan peran foto katalis seng oksida mampu membunuh bakteri dan jika sinar matahari menembus seng oksida dan dibawahnya ada jagung maka permukaan jagung akan terbebas dari bakteri yang akhirnya tidak akan rusak jika disimpan. Hasil pengujian terhadap jagung setelah disimpan selama 3 bulan ditunjukkan gambar 5 berikut.



Gambar 5. Hasil Foto Pengeringan Jagung Setelah Disimpan 3 bulan  
 (A) Pengeringan langsung dengan Sinar Matahari  
 (B) Pengeringan dengan Alat & Fotokatalis ZnO

Dari hasil ini menunjukkan bahwa pengeringan dibawah lapisan seng oksida (ZnO) dengan sinar matahari telah mampu meningkatkan mutu jagung dilihat dari warna jagung setelah disimpan selama 3 bulan. Warna bercak-bercak putih dan kurang mengkilap pada jagung yang hanya dikeringkan dibawah sinar matahari (Gambar 5A) menunjukkan kualitasnya yang lebih rendah dan dimungkinkan tidak bertahan lama untuk disimpan (potensi rusak karena kutu jagung tinggi).

### Kesimpulan

Lapisan tipis foto katalis ZnO telah berhasil dibuat di atas kaca dengan teknik spray coating. Lapisan tipis ZnO hasil deposisi bersifat transparan dan mempunyai permukaan yang halus dan homogen dengan ukuran grain 57 nm. Hasil pengujian EDX menunjukkan bahwa komposisi seng (Zn) lebih sedikit daripada oksigen (O) dengan perbandingan Zn:O = 38,44% : 61,56%. Hasil uji komposisi menunjukkan bahwa lapisan tipis ZnO tidak stokiometrik dan masih terdapat impuritas. Hasil uji UV Vis spectrophotometer diperoleh nilai celah pita energi ZnO sebesar 3,01 eV karena terdapat impuritas dan adanya trapping elektron pada lapisan. Pengeringan jagung dibawah sinar

matahari secara langsung mempunyai laju pengeringan yang lebih cepat dibandingkan dengan dibawah lapisan ZnO. Hasil pengujian morfologi jagung hasil pengeringan yang disimpan selama 3 bulan menunjukkan bahwa jagung yang dikeringkan dibawah lapisan fotokatalis ZnO mempunyai permukaan yang bagus dan segar serta bebas kudu dibandingkan dengan pengeringan langsung dibawah sinar matahari tanpa ZnO.

#### Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada DP2M Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, tahun 2013 melalui skim Ipteks bagi Masyarakat (IbM).

#### Daftar Pustaka

- [1] Allen, N.S., et al. 2008, *Photocatalytic titania based surfaces: environmental benefits, Polymer Degradation and Stability*.1632–1646.
- [2] Sakthivel,S. et al. 2003, *Solar photocatalytic degradation of azo dye comparison of photocatalytic efficiency of ZnO and TiO<sub>2</sub>*, *Solar Energy Materials and Solar Cells*77(65–82).
- [3] Carraway, E.R.A. et al. 1994, *Photocatalytic oxidation of organic acids on quantum-sized semiconductor colloids*. *Environmental Science and Technology* 28 (786–793).
- [4] Minamidate, Y.et al. 2010, *Synthesis and Characterization of Plate-Like Ceria Particles for Cosmetic Application*, *Materials Chemistry and Physics* 123, Science Direct, 516–520.
- [5] Lee, Woong. et al. 2004, *Catalyst-free growth of ZnO nanowires by metal-organic chemical vapour deposition (MOCVD) and thermal evaporation*. Original Research Article *Acta Materialia*, Volume 52, Issue 13, Pages 3949-3957
- [6] Hang-Ju. Ko. et al. 2002, *A challenge in molecular beam epitaxy of ZnO: control of material properties by interface engineering*.Original Research Article *Thin Solid Films*, Volume 409, Issue 1 Pages 153-160
- [7] Zhao, Jun-Liang. et al. 2005, *Structural, optical and electrical properties of ZnO films grown by pulsed laser deposition (PLD)*. Original Research Article *Journal of Crystal Growth*, Volume 276, Issues 3–4, Pages 507-512
- [8] Gao, Wei. et al. 2004, *ZnO thin films produced by magnetron sputtering*. Original Research Article *Ceramics International*, Volume 30, Issue 7, Pages 1155-1159
- [9] Choi, Won Seok. et al. 2009, *Optical and structural properties of ZnO/TiO<sub>2</sub>/ZnO multi-layers prepared via electron beam evaporation*. Original Research Article *Vacuum*, Volume 83, Issue 5, 878-882
- [10] Firdaus, C.M., dkk. 2012, *Characterization of ZnO and ZnO: TiO<sub>2</sub> Thin Films Prepared by Sol-Gel Spray-Spin Coating Technique*. Original Research Article *Procedia Engineering*, Volume 41, 2012, Pages 1367-1373
- [11] Cheng, X.L. 2004, *ZnO nano particulate thin film: preparation, characterization and gas-sensing property*. Elsevier *Sensor and Actuators B* 102: p. 248-252.