

# Analisis Sifat Optis Lapisan Tipis ZnO, TiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan Tanpa Lapisan Penyangga yang Dideposisikan Menggunakan Metode Sol-Gel Spray Coating

Wilda Amananti, Heri Sutanto

Jurusan Fisika Universitas Diponegoro

Jl. Prof Soedarto. S.H. Tembalang - Semarang

Amananti\_wilda@yahoo.com

**Abstrak** – Pada penelitian ini lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan tanpa lapisan penyangga telah berhasil di deposisi di atas substrat kaca menggunakan metode sol-gel dengan teknik spray coating. Sifat optik lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan tanpa lapisan penyangga dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kualitas lapisan tipis TiO<sub>2</sub>:ZnO yang ditumbuhkan di atas substrat kaca lebih baik dari pada lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dan lapisan tipis yang ditumbuhkan pada lapisan penyangga ZnO lebih baik daripada lapisan tipis yang ditumbuhkan langsung pada substrat kaca. Selain itu dengan adanya lapisan penyangga dapat memperkecil celah pita energi lapisan tipis. Besarnya celah pita energi lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, ZnO/TiO<sub>2</sub>, ZnO/TiO<sub>2</sub>:ZnO masing masing secara berturut-turut adalah 3,2 eV; 3,12 eV; 3,08 eV; 3,04 eV dan 3,0 eV.

**Kata kunci:** sol-gel, spray coating, ZnO, TiO<sub>2</sub>, Celah pita energi

**Abstract** – In this study, a thin layer of TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>: ZnO, with and without a buffer layer deposition has been successfully deposited on glass substrate using sol-gel method with a spray coating technique. The optical properties of thin layers of TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>: ZnO, with and without a buffer layer was characterized using UV-Vis spectrophotometer. The results showed that thin layer quality of TiO<sub>2</sub>: ZnO grown on the glass substrate is better than a thin layer of TiO<sub>2</sub> and a thin layer grown on ZnO buffer layer is better than a thin layer grown directly on glass substrates. In addition to the buffer layer can reduce the energy band gap of thin layer. The magnitude of the energy band gap of thin layers of TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>: ZnO, ZnO / TiO<sub>2</sub>, ZnO / TiO<sub>2</sub>: ZnO each respectively is 3.2 eV; 3.12 eV; 3.08 eV; 3.04 eV and 3.0 eV.

**Key words:** sol-gel, spray coating, ZnO, TiO<sub>2</sub>, Energy band gap

## I. PENDAHULUAN

Lapisan tipis merupakan material dengan ketebalan tidak lebih dari 10  $\mu\text{m}$  yang melapisi suatu substrat. Pembuatan lapisan tipis semikonduktor pada suatu substrat merupakan inovasi untuk mendapatkan semikonduktor fotokatalis yang mudah ditangani dalam aplikasi fotokatalis. Keuntungan dari lapisan tipis ini adalah tidak mengalami kesulitan ketika dilakukan pemisahan lapisan tipis semikonduktor dari larutan zat yang didegradasi, sehingga lapisan tipis dapat digunakan lebih dari satu kali pakai [7].

TiO<sub>2</sub> dapat dibuat sebagai bahan untuk pembuatan lapisan tipis. TiO<sub>2</sub> dikenal menjadi kandidat material yang baik untuk degradasi polutan lingkungan karena aktivitas fotokatalis tinggi, tidak beracun dan stabil dalam larutan air serta biaya yang relatif rendah [9]. TiO<sub>2</sub> dalam bentuk lapisan tipis lebih menguntungkan dari pada TiO<sub>2</sub> dalam bentuk serbuk karena lebih mudah dalam penyimpanan dan aplikasinya dalam berbagai tempat, karena lapisan tahan gores dan tidak mudah larut dalam air maupun gas.

Penggunaan material TiO<sub>2</sub> dalam bentuk film tipis juga masih ditemukan kendala-kendala dalam aplikasinya yaitu terjadinya reaksi rekombinasi yang sangat cepat, sehingga proses fotodegradasi yang terjadi di permukaan

fotokatalis TiO<sub>2</sub> tidak dapat berkerja secara maksimal [2]. Kelemahan TiO<sub>2</sub> tersebut dapat diperbaiki dengan menggunakan perpaduan antara TiO<sub>2</sub> dengan suatu oksida lain. Salah satu oksida yang banyak digunakan adalah ZnO karena sama-sama semikonduktor yang memiliki penyerapan optik di daerah ultraviolet dengan celah pita energi hampir sama dengan TiO<sub>2</sub> [10]. Penggunaan ZnO ini diharapkan mampu menghambat proses rekombinasi pada fotokatalis TiO<sub>2</sub>, sehingga dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis dari TiO<sub>2</sub>. Senada dengan pernyataan yang diungkapkan oleh Ortega yang melaporkan bahwa penggabungan semikonduktor yang berbeda telah direkomendasikan untuk mendisain sistem fotokatalitik untuk mengurangi laju rekombinasi dari masing-masing semikonduktor tunggal [5].

Berbagai macam sistem, termasuk sistem penggabungan ZnO/semikonduktor, penggabungan dua atau lebih material semikonduktor dengan tingkat energi yang tepat termasuk lapisan ZnO berbasis multi-layer dapat menjadi solusi [8]. Lapisan tipis multi-layer menunjukkan sifat fisik yang berbeda dengan lapisan tipis monolayer konvensional. Kualitas lapisan tipis yang ditumbuhkan pada lapisan penyangga tampak lebih baik daripada lapisan tipis yang ditumbuhkan langsung pada substrat [8]. TiO<sub>2</sub> yang digabung dengan ZnO dapat

meningkatkan efektifitas fotokatalis karena efek dari penggabungan sifat fotokatalisnya. Oleh karena itu, menggabungkan dua bahan-bahan tersebut ke dalam struktur terintegrasi bisa meningkatkan fungsi kerja dari sebuah material fotokatalis [1].

Pada penelitian ini dilakukan studi pembuatan lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan tanpa lapisan penyangga ZnO menggunakan teknik *spray coating* pada temperatur 450 °C. Pengaruh penambahan ZnO terhadap karakteristik sifat optis lapisan TiO<sub>2</sub>:ZnO dan pengaruh lapisan penyangga terhadap karakteristik sifat optis lapisan tipis ZnO/TiO<sub>2</sub> dan ZnO/TiO<sub>2</sub>:ZnO akan dikaji dalam paper ini.

## II. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Penelitian dilakukan melalui 3 tahap, yaitu: proses pembuatan larutan TiO<sub>2</sub> dan ZnO dengan metode *sol-gel*, proses pelapisan (deposisi) lapisan TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO dengan dan tanpa lapisan penyangga ZnO di atas substrat kaca dengan metode *spray coating*, karakterisasi lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan tanpa lapisan penyangga ZnO menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Proses pembuatan larutan TiO<sub>2</sub> dan ZnO dilakukan dengan menggunakan metode *sol-gel* dengan molaritas larutan sebesar 0,5 M. Pembuatan larutan ZnO dilakukan dengan melarutkan *zinc acetate dehydrate* (Strem Chemical, 99,998%) ke dalam larutan *isopropanol* (Merck, 99,8%) lalu ditambahkan *monoethanolamine* (Merck, 99,8%) dan diaduk selama 30 menit dengan suhu 70°C sampai larutan (prekursor) homogen. Pembuatan larutan TiO<sub>2</sub>, pertama *titanium tetraisopropoxide* (Aldrich, 97%) dilarutkan ke dalam campuran berisi *isopropanol* dan etanol pada temperatur ruang. Setelah 30 menit, larutan dititrasi dengan campuran asam asetat, etanol, dan air murni dan diaduk selama 60 menit pada temperatur ruang.

Proses pelapisan TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO dengan dan tanpa lapisan penyangga di atas substrat kaca menggunakan teknik *spray coating*. Sebelum proses deposisi, substrat kaca dibersihkan terlebih dahulu sesuai standar RCA (*Radio Corporation of America*) untuk menghilangkan kotoran organik. Substrat kaca yang telah dibersihkan diletakkan di atas *hot plate* pada temperatur 450 °C selama 10 menit kemudian larutan TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO disemprot di atas substrat kaca dan untuk lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>:ZnO dengan lapisan penyangga,

ZnO terlebih dahulu disemprot di atas substrat kaca pada suhu 250 °C kemudian suhu dinaikan sampai 450 °C didiamkan selama 30 menit, kemudian masing-masing larutan TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>:ZnO disemprotkan di atas lapisan ZnO tersebut. Lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO dengan dan tanpa lapisan penyangga tersebut, dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Mini 1240SA (Shimadzu) dengan rentang panjang gelombang sinar ultraviolet sampai cahaya tampak (200-800 nm) untuk mengetahui nilai transmitansi dan absorbansi setelah itu dianalisis untuk mendapatkan nilai celah pita energinya.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

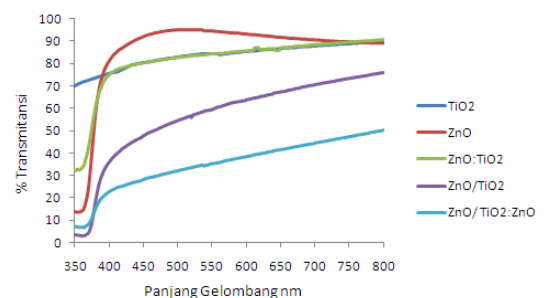
Deposisi lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan tanpa lapisan penyangga ZnO yang dideposisikan di atas substrat kaca dengan teknik *spray coating* telah dilakukan dan hasil deposisi dapat ditunjukkan pada gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil substrat kaca yang terlapisasi lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan tanpa lapisan penyangga ZnO terlapisasi dengan baik, rata dan tebal. Ketebalan lapisan memberikan pengaruh terhadap beberapa sifat optik material, seperti absorbansi dan transmitansi. Semakin tebal (tidak transparan) lapisan yang terbentuk, akan menyebabkan nilai absorbansi dan nilai konstanta peredaman semakin besar dan nilai transmitansi semakin kecil [4].

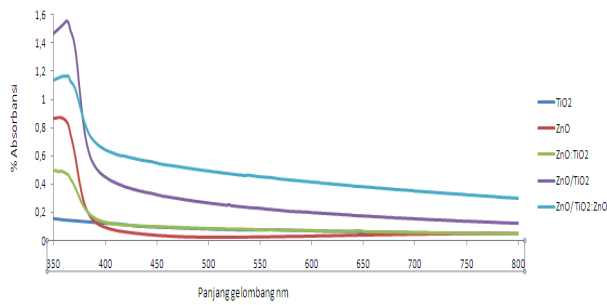
Gambar 2 menunjukkan bahwa lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, dan TiO<sub>2</sub>:ZnO tanpa lapisan penyangga ZnO memiliki nilai transmitansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan lapisan penyangga. Hal ini menunjukkan lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, dan TiO<sub>2</sub>:ZnO tanpa lapisan penyangga lebih transparan dan dapat melewatkan cahaya tampak dengan intensitas yang lebih tinggi.



**Gambar 1.** Lapisan tipis (A) TiO<sub>2</sub>, (B) ZnO, (C) ZnO/TiO<sub>2</sub>, (D) TiO<sub>2</sub>:ZnO dan (E) ZnO/TiO<sub>2</sub>:ZnO yang dideposisikan di atas substrat kaca



**Gambar 2.** Spektrum Transmittansi UV-Vis lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, ZnO/TiO<sub>2</sub> dan ZnO/TiO<sub>2</sub>:ZnO



**Gambar 3.** Spektrum absorpsi UV-Vis lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, ZnO/TiO<sub>2</sub> dan ZnO/TiO<sub>2</sub>:ZnO

Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin tidak transparan lapisan akan menyebabkan nilai absorpsi semakin besar dan nilai transmitansi semakin kecil [11].

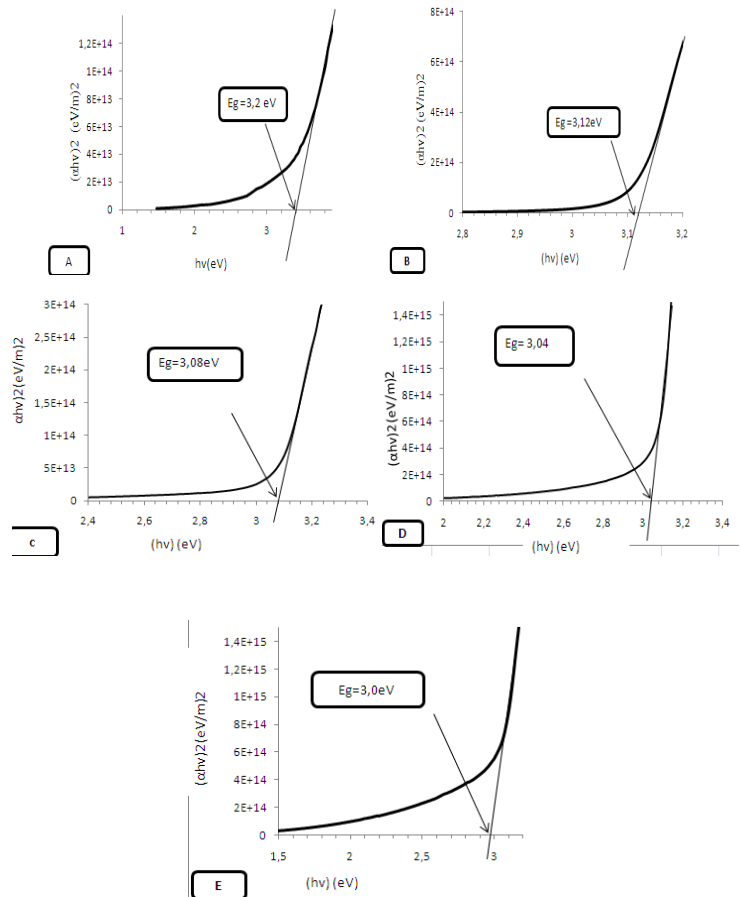
Gambar 3 menunjukkan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>:ZnO tanpa lapisan penyangga mengalami penyerapan pada wilayah UV (300nm-380nm). Nilai rata-rata absorpsi lapisan tipis TiO<sub>2</sub> terlihat lebih rendah dibandingkan dengan lapisan tipis TiO<sub>2</sub>:ZnO yang disebabkan adanya penambahan ZnO pada TiO<sub>2</sub>. Apabila dilihat dari bentuk fisik lapisan tipis TiO<sub>2</sub>:ZnO terlihat lebih tebal dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub>. Semakin tebal lapisan maka nilai absorpsi akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan banyaknya atom-atom bahan yang terlibat dalam proses penyerapan berkas cahaya.

Puncak absorpsi lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>:ZnO dengan lapisan penyangga bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih besar berada pada sekitar panjang gelombang 380nm-400nm (kearah cahaya tampak) dibandingkan dengan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>:ZnO tanpa lapisan penyangga. Hal ini sebabkan pelapisan yang dilakukan dua kali untuk membentuk lapisan ZnO/TiO<sub>2</sub> dan ZnO/TiO<sub>2</sub>:ZnO, sehingga lapisan permukaan TiO<sub>2</sub> dan TiO<sub>2</sub>:ZnO dengan lapisan penyangga lebih tebal jika dibandingkan lapisan TiO<sub>2</sub> maupun TiO<sub>2</sub>:ZnO tanpa lapisan penyangga yang hanya sekali pelapisan.

Celah pita energi TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan tanpa lapisan penyangga diperoleh melalui pengeplotan data absorpsi menggunakan persamaan transisi langsung. Plot  $(\alpha h\nu)^2$  vs  $h\nu$  ditunjukkan pada gambar 4, dengan mengekstrapolasi bagian linier dari kurva ke garis absorpsi nol memberikan nilai celah pita energi untuk transisi langsung.

**Tabel 1.** Celah pita energi lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan tanpa lapisan penyangga.

| Sampel                                 | Eg (eV) |
|--|---------|
| TiO <sub>2</sub>                       | 3,20    |
| ZnO                                    | 3,12    |
| TiO <sub>2</sub> :ZnO                  | 3,08    |
| ZnO/TiO <sub>2</sub>                   | 3,04    |
| ZnO/TiO <sub>2</sub> :TiO <sub>2</sub> | 3,00    |



**Gambar 4.** Celah pita energi lapisan tipis (A) TiO<sub>2</sub>, (B) ZnO, (C) TiO<sub>2</sub>:ZnO, (D) ZnO/TiO<sub>2</sub> dan (E) ZnO/TiO<sub>2</sub>:ZnO

Gambar 4 memperlihatkan adanya penurunan nilai celah pita energi dengan adanya lapisan penyangga ZnO. Besarnya nilai celah pita energi untuk masing masing sampel diberikan oleh tabel 1.

Penurunan celah pita energi terjadi seiring dengan pergantian molekul ZnO pada TiO<sub>2</sub>, karena secara teori celah pita energi TiO<sub>2</sub> murni lebih kecil dibandingkan dengan celah pita energi ZnO murni [4]. Oleh karena lebar celah pita mengecil, maka hanya dibutuhkan energi foton yang untuk mengeksitasi elektron dari pitavalensi ke pita konduksi yang akan mengakibatkan meningkatnya aktifitas fotokatalis.

#### IV. KESIMPULAN

Lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>:ZnO, dengan dan tanpa lapisan penyangga telah berhasil ditumbuhkan di atas substrat kaca dengan metode *spray coating*. Dengan adanya penambahan ZnO pada TiO<sub>2</sub>, nilai absorpsinya meningkat, %transmitansinya menurun, dan dengan adanya lapisan penyangga dapat menurunkan celah pita energi. Hasil pengujian menunjukkan kualitas lapisan tipis yang ditumbuhkan pada lapisan penyangga lebih baik daripada lapisan tipis yang ditumbuhkan langsung pada substrat.

## PUSTAKA

- [1] Deng, J., Yu Bo, Lou, Z., Wang, L., Wang, R., Zhang, T., 2013, *Facile Synthesis and Enhanced Ethanol Sensing Properties of The Brush-Like ZnO-TiO<sub>2</sub> Heterojunctions Nanofibers*, Sensors and Actuators B vol. 184 hal. 21– 26.
- [2] Diebold, U., 2002, *The Surface Science of Titanium Dioxide*, New Orleans: Surface Science Report vol. 48 hal. 53-229.
- [3] Firdaus, C.M., Rizam M.S.B.S., Rusop M., dan Hidayah S.R.. 2012. *Characterization of ZnO and ZnO:TiO<sub>2</sub> Thin Films Prepared by Sol-Gel Spray-Spin Coating Technique*. Procedia Engineering 41 1367 – 1373.
- [4] Maddu, A., dkk, 2010, *Pengaruh Ketebalan terhadap Sifat Optik Lapisan Semikonduktor Cu<sub>2</sub>O yang Dideposisikan dengan Metode Chemical Bath Deposition*, Pusat Penelitian Fisika – LIP, Departemen Fisika – FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Indonesia.
- [5] Ortega, R.D., Meléndez, M, A., dan Pena, A.P. 2014. *Semiconducting properties of ZnO/TiO<sub>2</sub>composites by electrochemical measurements and their relationship with photocatalytic activit*. Electrochimica Acta 140 541– 549.
- [6] Pant, H.R., Pant B., Sharma R.K., Amarjargal A., Kim H.J., Park C.H., Tijing L.D., dan Kim C.S. 2013. *Antibacterial and Photocatalytic Properties of Ag/TiO<sub>2</sub>/ZnO Nano-Flowers Prepared by Facile One-Pot Hydrothermal Process*. Ceramics International 39 1503– 1510.
- [7] Rahmawati, Fitria, Sayekti, W., dan Pamularsih, A.W., 2006, *Synthesis of Thin Film of TiO<sub>2</sub> on Graphite Substrate by Chemical Bath Deposition*, Indo. J. Chem. 6 (2), 121-126.
- [8] Talebian, N., Nilforoushan, Salehi Z., 2012, *Effect of Heterojunction on Photocatalytic Properties of Multilayered ZnO-Based Thin Films*, Ceramics International vol. 38 hal. 4623–4630.
- [9] Tian, J., Chen L., Yin Y., Wang X, Dai J., Zhu Z., Liu X., dan Wu P. 2009. *Photocatalyst of TiO<sub>2</sub>/ZnO Nano Composite Film: Preparation, Characterization, and Photodegradation Activity of Methyl Orange*. Surface & Coatings Technology 204 205–214.
- [10] Tian, J., Wang J., Dai J., Wang X., dan Yin Y. 2009. *N-Doped TiO<sub>2</sub>/ZnO Composite Powder and Its Photocatalytic Performance for Degradation of Methyl Orange*. Surface & Coatings Technology 204 723–730.
- [11] Trimuda, G.E. dan Maddu A. 2010. *Pengaruh Ketebalan terhadap Sifat Optik Lapisan Semikonduktor Cu<sub>2</sub>O yang Dideposisikan dengan Metode Chemical Bath Deposition (CBD)*. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH, Volume 28.