

## Pengaruh perlakuan panas terhadap sifat optik lapisan tipis ZnO di atas ITO

Anggita Kharisma Dewi<sup>1</sup>, Didik Aryanto<sup>2</sup>, Upik Nurbaiti<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Semarang 50229 Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kawasan Puspitek Serpong, Gd. 440-442, Tangerang Selatan, Banten 15314 Indonesia

### Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima:  
25 Mei 2020

Disetujui:  
15 Juni 2020

Dipublikasikan:  
01 Juli 2020

Keywords:

ZnO thin film, sol-gel, transmittance, optical band-gap

### ABSTRAK

Lapisan tipis ZnO telah terdeposisi pada substrat kaca ITO (*Indium Tin Oxide*) dengan metode sol-gel spin-coating. Zink asetat digunakan sebagai prekursor, isopropanol sebagai pelarutan etanolamine sebagai penstabil. Perlakuan anil setelah deposisi dilakukan dengan variasi temperatur 300, 400 dan 500°C selama 1 jam di udara untuk mempelajari efek anil pada sifat optik. Karakterisasi sifat optik meliputi, transmitansi, absorbansi dan celah pita optik (*optical band gap*) dari lapisan tipis ZnO dilakukan dengan menggunakan UV-Vis Spektroskopi. Film tipis ZnO yang terbentuk memiliki transmitansi di atas 80% pada daerah cahaya tampak. Selain itu, absorbansi maksimum diperoleh pada panjang gelombang rendah dalam rentang 300-390 nm untuk semua lapisan tipis ZnO yang dianil pada temperatur berbeda. Peningkatan temperatur anil pada lapisan tipis ZnO berakibat pada bertambah lebar celah pita optik, yaitu dari 3.0 eV ke 3.3 eV. Sifat optik dari lapisan tipis ZnO yang dideposisikan dengan metode sol-gel spin-coating sangat dipengaruhi oleh perlakuan anil setelahnya.

### ABSTRACT

ZnO thin film has been deposited on ITO (*Indium Tin Oxide*) glass substrate by sol-gel spin-coating method. Zinc acetate is used as a precursor, isopropanol as a solvent and ethanolamine as a stabilizer. The annealing treatment after deposition was accomplished with variations in temperature of 300, 400 and 500°C for 1 hour in air to study the effects of annealing on optical properties. Characterization of optical properties including, transmittance, absorbance and optical band gap of the ZnO thin film was arranged using UV-Vis Spectroscopy. ZnO thin film constructed has a transmittance above 80% in visible light. In addition, maximum absorbance is obtained at low wavelengths in the range of 300-390 nm for all thin films of ZnO annealed at different temperatures. The rise in annealing temperature of the ZnO thin film lead to an increase in the width of the optical band gap, ie from 3.0 eV to 3.3 eV. The optical properties of ZnO films deposited by the sol-gel spin-coating method are strongly influenced by subsequent annealing treatment.

## PENDAHULUAN

*Zinc Oxide* (ZnO) merupakan semikonduktor tipe-n dari struktur heksagonal yang memiliki sifat piezoelektrik, semikonduktor dan sifat optik yang unik sehingga dapat dijadikan sebagai sensor, piranti elektronik, tabir surya, fotoelektronik dan lain-lain (Kayani dkk., 2015). ZnO merupakan material yang memiliki keunikan dengan sifat fisik dan sifat kimia, yaitu memiliki daerah penyerapan radiasi yang tinggi. ZnO diklasifikasikan sebagai material semikonduktor dalam golongan II–VI yang berada diantara perbatasan sifat semikonduktor ionik dan kovalen. Struktur nano yang dimiliki oleh ZnO dengan variasi morfologi seperti nanorods, nanowires, nanobelts dan nanotubes telah dipelajari secara meluas karena sifat khusus-nya, termasuk memiliki bandgap serta emisi ultraviolet (UV) yang kuat. Hal tersebut menyebabkan tingginya energi ikatan eksiton sebesar 60 meV pada temperatur ruang (Zhang dkk., 2013). Namun, ZnO memiliki kecenderungan bersifat kovalen dengan band gap cukup lebar (3,37 eV) (Radzimska dkk., 2014). Selain itu, ZnO dalam bentuk lapisan tipis memiliki transmitansi yang tinggi sekitar 90% pada panjang daerah cahaya tampak (Kim dkk., 2010). Hal tersebut menjadikan lapisan tipis ZnO, sangat baik digunakan untuk aplikasi di bidang elektronik, fotoelektronik, sensor dan fotokatalis (Montero-Munoz dkk., 2017). Kelebihan dari ZnO dibandingkan dengan bahan semikonduktor celah pita optik lebar lainnya adalah dapat dioperasikan dalam lingkungan yang keras dan bertemperatur tinggi. Di samping itu, ZnO memiliki harga yang relatif murah, tidak beracun, memiliki stabilitas yang tinggi dalam plasma hidrogen dan siklus panas serta tahan terhadap radiasi (Wen dkk., 2011).

Beberapa metode yang digunakan untuk mendeposisikan lapisan tipis ZnO diantaranya metode kimiawi basah, sputtering (Dave dkk., 2016), *Chemical Vapor Deposition* (CVD) (Liang, 2019), sol gel, spray pyrolysis, physical vapor deposition, solvothermal dan hydrothermal (Lee dkk., 2008). Di antara metode tersebut, sol-gel merupakan metode yang lebih sederhana, dengan temperatur kristalisasi yang cukup rendah dan biaya yang relatif rendah (Li dkk., 2008). Metode ini terdiri atas sebuah larutan koloid yang disebut dengan sol yang berperan sebagai prekursor untuk sebuah jaringan polimer atau partikel terpisah yang disebut dengan gel (Chaharmahali, 2012). Dalam prosesnya, salah satu parameter yang mempengaruhi kualitas dari lapisan tipis yang dihasilkan dengan metode sol-gel spin-coating adalah perlakuan panas atau anil setelah deposisi lapisan di atas substrat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur anil yang diberikan terhadap sifat optik lapisan tipis ZnO yang telah disintesis dengan teknik sol-gel spin-coating dan dideposisikan di atas substrat kaca ITO. Deposisi lapisan tipis ZnO menggunakan konsentrasi 0,5 M dengan variasi temperatur anil. Hasil deposisi diinvestigasi menggunakan spektroskopi UV-Vis untuk mengetahui sifat optik lapisan tipis ZnO.

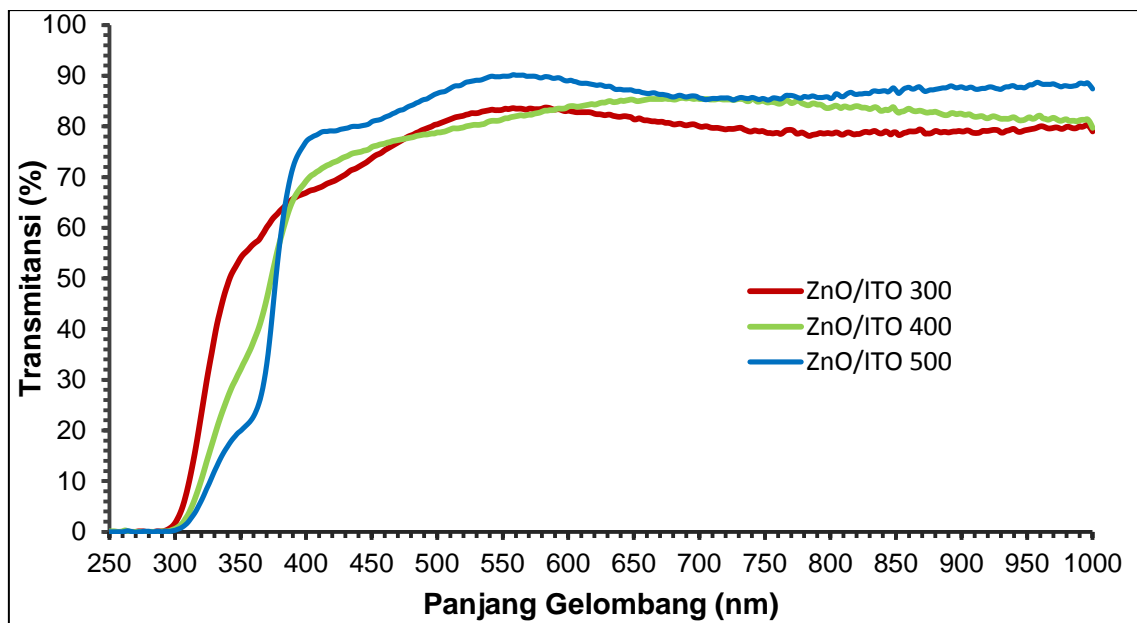
## METODE

Lapisan tipis ZnO dideposisikan di atas kaca ITO menggunakan metode sol-gel spin-coating. Larutan atau sol untuk lapisan tipis dipreparasi dengan zinc acetate dihydrate, isopropanol dan ethanolamine sebagai prekursor, pelarut dan penstabil. Konsentrasi dari solusi prekursor dan perbandingan molar dari zinc acetate dihydrate dan ethanolamine adalah 1:1. Larutan atau sol distirer pada temperatur 60°C selama 1 jam dengan kecepatan 300 rpm sehingga dihasilkan larutan atau sol yang transparan. Larutan atau sol yang dihasilkan selanjutnya didiamkan selama 24 jam sebelum dilapiskan di atas kaca ITO dengan spin-coating. Sebelum proses deposisi, substrat kaca ITO dibersihkan dengan metode *Radio Corporation of Amerika* (RCA) dimana kaca ITO dibersihkan menggunakan ethanol selama 10 menit dan aseton selama 5 menit dalam sistem pencucian ultrasonik yang berfungsi menghilangkan pengotor organik. Selanjutnya substrat kaca ITO dibilas menggunakan *Deionized (DI) water* dan kemudian dikeringkan. Selanjutnya, deposisi lapisan tipis ZnO dengan menggunakan VTC-100 spin coater system selama 50 detik dengan kecepatan putaran

4000 rpm. Setelah terlapisi oleh larutan atau sol ZnO, substrat diletakkan pada hotplate dengan temperatur 110 °C selama 10 menit untuk mengeringkan lapisan tipis. Proses deposisi dilakukan dengan tiga kali pengulangan untuk mendapatkan lapisan tipis yang rata. Tahap terakhir, lapisan tipis di atas kaca ITO diberikan perlakuan anil dengan temperatur yang bervariasi, yaitu 300, 400 dan 500°C selama 1 jam. Lapisan tipis ZnO yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi dengan UV-Vis Spektroskopi UH5300 Hitachi untuk mempelajari efek temperatur anil terhadap sifat optiknya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengujian UV-Vis pada rentang antara panjang gelombang 250 nm hingga 1000 nm dari Spektrofotometer UV-Vis UH5300 Hitachi ditunjukkan pada Gambar 1. Spektrum transmitansi UV-Vis dari film tipis ZnO yang dianil pada berbagai variasi temperatur menunjukkan transmitansi yang baik di wilayah panjang gelombang sinar tampak (rata-rata diatas 80%). Transmitansi film yang dianil pada temperatur 500°C untuk panjang gelombang >400 nm lebih tinggi daripada film yang dianil pada temperatur 300°C dan 400°C. Hal ini dimungkinkan karena adanya kekosongan ruang yang dimiliki oleh film pada perlakuan temperatur anil 300°C dan 400°C lebih banyak daripada film dengan perlakuan temperatur anil 500°C. Dari kurva transmitansi film yang diperlihatkan Gambar 1 teridentifikasi bahwa transmitansi tertinggi pada temperatur 300°C, 400°C dan temperatur 500°C berturut-turut adalah sebesar 83,7%, 85,6% dan 90,2%. Nilai transmitansi tertinggi dari masing-masing temperatur annealing menunjukkan kualitas struktur kristal yang dimiliki oleh sampel. Hasil menunjukkan bahwa sampel yang memiliki transmitansi tertinggi adalah sampel yang diberi perlakuan anil pada temperatur 500°C. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi proses pembentukan struktur kristal yang baik pada temperatur anil 500°C. Semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula transmitansi yang dihasilkan. Hal ini berarti bahwa pembentukan kristal atau rekristalisasi lapisan tipis menghasilkan struktur kristal yang semakin baik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilaporkan oleh Zi-Neng dkk (2012).



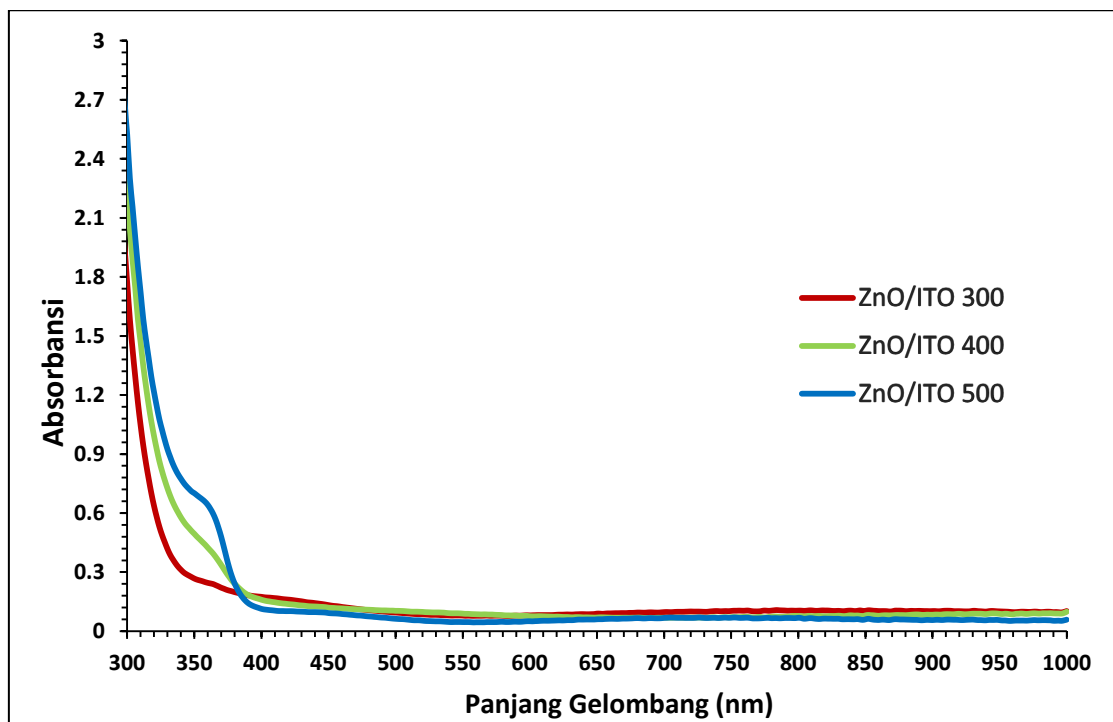
Gambar 1. Spektrum transmitansi lapisan tipis ZnO/ITO pada temperatur annealing 300°C, 400°C, dan 500°C

Spektrum absorpsi UV-Vis pada rentang panjang gelombang 300-1000 nm dari film tipis ZnO dengan perlakuan temperature annealing 300°C, 400°C, dan 500°C ditunjukkan pada Gambar 2. Kurva absorpsi tersebut didapatkan dengan menggunakan Persamaan 1.

$$A = 2 - \log T \quad (1)$$

dimana T adalah data transmitansi yang telah diperoleh.

Informasi yang diharapkan dari kurva absorpsi ini adalah memperoleh keterangan seberapa banyak cahaya yang telah diserap oleh sampel pada panjang gelombang tertentu, seperti yang dikemukakan Rashid dkk (2018). Puncak penyerapan diamati pada rentang panjang gelombang mikro (untuk setiap sampel pada 360-380 nm) yang merupakan pita karakteristik untuk ZnO murni (Chieng dkk., 2012). Tidak hadirnya puncak lain dalam ketiga spektrum tersebut menandakan bahwa produk yang disintesis hanya ZnO. Selain itu, pada kurva juga menunjukkan kehadiran puncak kecil pada sampel film yang dianil pada temperatur 500°C yang teramati pada panjang gelombang yang berbeda. Hal ini dimungkinkan terjadi karena adanya perubahan morfologi lapisan film tipis temperature 500°C, dalam hal ini kesempurnaan struktur kristalnya (Zak dkk., 2011).



Gambar 2. Spektrum absorpsi lapisan tipis ZnO/ITO pada temperatur annealing 300°C, 400°C, dan 500°C

Absorbansi pada rentang panjang gelombang di bawah 400 nm mengindikasikan adanya absorpsi pada celah pita intrinsik ZnO, karena transisi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Dapat dilihat bahwa intensitas puncak UV bertambah seiring dengan meningkatnya temperatur anil dan puncak sedikit menonjol dengan intensitas maksimum di wilayah UV diamati untuk film tipis ZnO yang dianil pada temperatur 500°C. Teramati pula bahwa absorpsi bergeser ke panjang

gelombang yang lebih tinggi, disebabkan adanya peningkatan ukuran butir sampel film tipis seiring dengan kenaikan temperatur anil. Puncak absorpsi hanya terdeteksi pada sampel dengan temperatur anil 500°C dan terjadi pada panjang gelombang 360 nm sedangkan pada dua sampel lain tidak terdeteksi. Dengan demikian maka puncak absorpsi yang terdeteksi ini dapat dikaitkan dengan keberadaan ukuran partikel yang lebih besar dan panjang gelombang yang tertinggi dalam spektrum UV-Vis (Tauc, 1974).

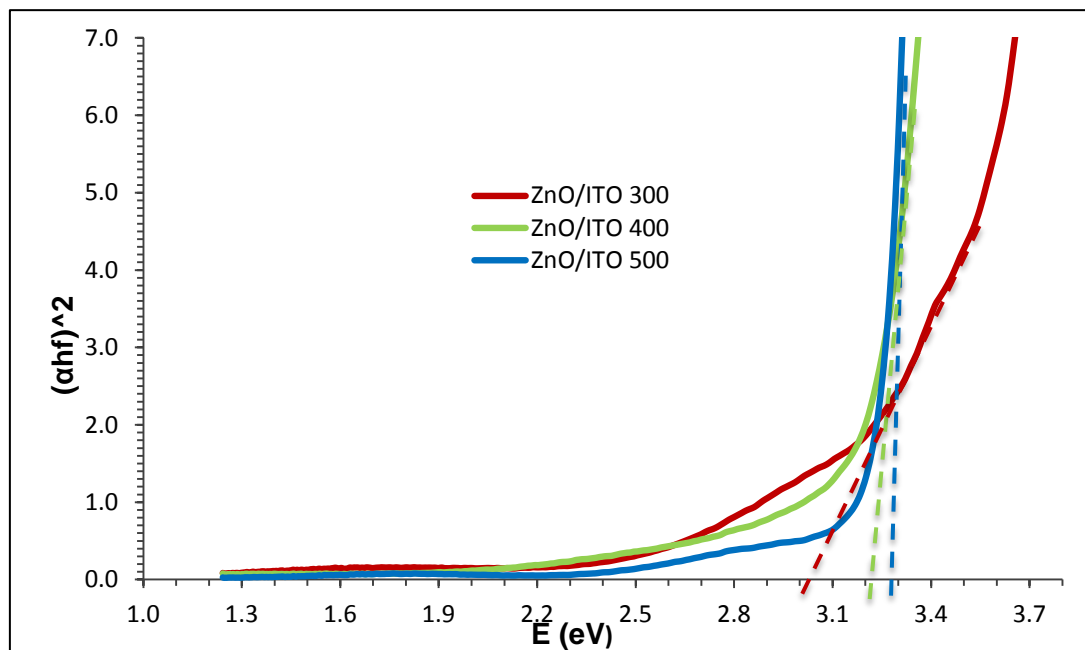
Energi celah pita sampel ditentukan dengan mengekstrapolasi bagian linear dari grafik pada Gambar 3 (Kumar dkk., 2013). Sedangkan kurva hubungan antara  $(\alpha hf)^2$  terhadap besar energi ( $h\nu$ ) tersebut merupakan hasil plotting, dengan  $\alpha$  merupakan koefisien absorpsi dan  $h\nu$  merupakan energi dari foton (Rashid dkk., 2018). Sementara nilai  $\alpha$  dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$\alpha = 2,303 \frac{A}{t} \quad (2)$$

dengan A merupakan nilai absorpsi yang dihitung dari Persamaan 1 dan t merupakan ketebalan dari lapisan yang terbentuk. Sumbu-x adalah nilai energi yang akan digunakan untuk menentukan nilai *bandgap* dari grafik Tauc Plot. Nilai energi diperoleh dari Persamaan 3.

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (3)$$

Celah pita energi yang dihasilkan dari sampel lapisan tipis ZnO adalah sebesar 3,0 eV, 3,2 eV dan 3,3 eV berturut-turut untuk sampel dengan perlakuan temperatur annealing 300°C, 400°C dan 500°C. Semakin besar temperatur annealing yang diberikan maka celah pita energi yang terbentuk juga semakin besar. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa lebar celah semakin besar dan jarak antara pita konduksi ke pita valensi semakin lebar sehingga menyebabkan energi foton yang dibutuhkan elektron untuk berpindah akan semakin besar. Penyebab adanya pelebaran celah dari pita energi adalah adanya efek dari ukuran kuantum dari struktur nanokristalin dari lapisan tipis tersebut yang terbentuk karena proses annealing (Rashid dkk., 2018).



Gambar 3. Grafik Tauc Plot lapisan tipis ZnO/ITO pada temperatur annealing 300°C, 400°C, dan 500°C

## SIMPULAN

Sintesis lapisan tipis dengan metode sol-gel dilakukan dengan teknik stirrer menggunakan tiga variasi temperatur dan beberapa parameter optik telah dipelajari. Meskipun semua sampel mempunyai sifat transmitansi yang baik (80%) namun temperatur annealing sangat berpengaruh terhadap sifat optik dari lapisan tipis ZnO. Hasil pengukuran transmitansi dan perhitungan celah pita memperlihatkan adanya hubungan kesebandingan terhadap kenaikan temperatur. Pada temperatur 300°C didapatkan transmitansi maksimum 83,7% dengan celah pita sebesar 3,0 eV, sedangkan temperatur 400°C dan 500°C berturut-turut didapatkan transmitansi maksimum 85,6 dan 90,2% dengan celah pita sebesar 3,2 dan temperatur 3,3 eV. Hasil analisis puncak absorbansi dari perlakuan temperatur juga mendukung penelitian ini untuk menyimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur yang diberikan maka semakin baik struktur kristal lapisan tipis yang terbentuk.

## REFERENSI

- Balta, A. K., Guldali, O. E., Eker, N., & Okur, I. (2015). MgO and ZnO Composite Thin Films Using the Spin Coating Method on Microscope Glasses. *Materials Sciences and Applications*, 06 (01), 40-47.
- Chaharmahali. (2012). *The Effect of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles on the Surface Chemistry, Structure and Fouling Performance of Polymer Membranes*. Sydney: University of New South Wales.
- Dave, P. Y., Patel, K. H., Chauhan, K. V., Chawla, A. K., & Rawal, S. K. (2016). Examination of Zinc Oxide Films Prepared By Magnetron Sputtering. *Procedia Technology*, 23, 328-335.
- Efendi, N. H., & Susanto, H. (2014). Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Optik Lapisan Zink Oxide (ZnO) yang Dideposisi Diatas Substrat Kaca Dan Aplikasinya Untuk Mendegradasi Pewarna Methylene Blue. *Younger Physics Journal*, 03 (02), 135-142.
- Gong, W., Mowlem, M. C., Kraft, M., & Morgan, H. (2009). A Simple, Low-Cost Double Beam Spectrophotometer for Colorimetric Detection of Nitrite in Seawater. *IEEE Sensors Journal*, 09 (07), 862-869.
- Kayani, Z. N., Saleemi, F., & Batool, I. (2015). Synthesizes and Characterization of ZnO Nanoparticles. *Materials Today*, 5619-5621.
- Khan, J., Nasir, H., Mahboob, S., & Abdel-Reheem, M. A. (2014). Synthesis And Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles By Modified Sol-Gel Methods. *Asian Journal of Chemistry*, 26 (20), 7069-7070.
- Khizar, H., Gondal, M., Khaled, M., & Ahmed, S. (2011). Nano ZnO Synthesis By Modified Sol-Gel Method And Its Application In Heterogeneous Photocatalytic Removal of Phenol From Water. *Applied Catalysis A General*, 393 (01), 122-129.
- Kim, C. E., Moon, P., Kim, S., & Jang, H. W. (2010). Effect of carrier concentration on optical bandgap shift in ZnO:Ga thin film. *Tin Solid Film* (518).
- Kolodziejczak-Radzimska, A., & Jesionowski, T. (2014). Zinc Oxide From Synthesis to Application. *Journal Materials*, 7, 2833-2881.
- Kumar, S., Venkateswarlu, P., Rao, V., & Rao, G. (2013). Synthesis, Characterization And Optical Properties of Zinc Oxide Nanoparticles. *International Nano Letters*, 3, 1-6.
- Lee, S., Jeong, S., Kim, D., Hwang, S., Jeon, M., & Moon, J. (2008). ZnO Nanoparticles With Controlled Shaped And Sizes Prepared Using A Simple Polyol Synthesis. *Superlattices and Microstructures*, 43 (4), 330-339.
- Li, J., Srinivasan, S., He, G., Kang, J., Wu, S., & Ponce, F. (2008). Synthesis And Luminiscence Properties of ZnO Nanostructures Produced By The Sol-Gel Method. *Journal of Crystal Growth*, 310 (03), 599-603.
- Liang, Y. (2019). Chemical Vapor Deposition Synthesis of Ge Doped ZnO Nanowires And The Optical Property Investigation. *Physics Letters A*, 383, 2928-2932.

- Montero-Munoz, M., Ibarra, J. E., Paez, J. R., & Ramirez, A. E. (2017). Shape-control of Zinc Oxide Nanoparticles: Enhancing Photocatalytic Activity Under UV Irradiation. *Journal of Physics Conference Series*, 792 (1).
- Ng, Z. N., Chan, K. Y., & Tohsophon, T. (2012). Effects of Annealing Temperature On ZnO And AZO Films Prepared By Sol-Gel Technique. *Applied Surface Science*, 258 (24), 9604-9606.
- Purwanto, R., & Prajitno, G. (2013). Variasi Kecepatan dan Waktu Pemutaran Spin Coating dala Pelapisan TiO<sub>2</sub> Untuk Pembuatan dan Karakterisasi Prototipe DSSC dengan Ekstraksi Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana*) sebagai Dye Sensitizer. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, 02 (01), 2337-2520.
- Kolodziejczak-Radzimska, A., & Jesionoeski, T. (2014). Zinc Oxide From Synthesis to Application. *Materials*, 7, 2833-2881.
- Rashid, A. R., Hazwani, T. N., Mukhtar, W. M., & Taib, N. A. (2018). Influence of Annealing Temperature On Optical Properties of Al Doped ZnO Nanoparticles Via Sol-Gel Methods. *Malaysia: AIP Conference Proceedings*.
- Razmjou, A., Mansouri, J., & Chen, V. (2011). The Effect of Mechanical And Chemical Modification of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles On The Surface Chemistry, Structure And Fouling Perfromance of PES Ultrafiltration Membranes. *Journal of Membrane Science*, 378 (01), 73-84.
- Sujana, M., Chattopadyay, K., & S. Anand. (2008). Characterization and Optical Properties of Nano-Ceria Synthesized By Surfactant Mediated Precipitation Technique In Mixed Solvent System. *Applied Surface Science*, 254 (22), 7405-7409.
- Tauc, J. (1974). *Amorphous and Liquid Semiconductors Plenum*. London: Springer.
- Wen, L., Wong, K. M., Fang, Y., & Wu, M. (2011). Fabrication and Characterization of Well-Aligned, High Density ZnO Nanowire Arrays and Their Realizations in Schottky Device Applications Using A Two-Step Approach. *Journal of Materials Chemistry*, 21 (20), 7090-7097.
- Chieng, B. W., & Loo, Y. Y. (2012). Synthesis of ZnO Nanoparticles By Modified Polyol Method. *Materials Letters*, 73, 78-82.
- Wu, H., & Pan, W. (2005). Preparation of ZnO Nanofibers By Electrospinning. *Journal of the American Ceramic Society*, 89 (2), 699-701.
- Zak, A., Abrishami, M., Majid, W., Yousefi, R., & Hosseini, S. (2011). Effects of Annealing Temperature On Some Structural And Optical Properties of ZnO Nanoparticles Prepared By A Modified Sol-Gel Combustion Method. *Ceramics International*, 37, 393-398.
- Zhang, X. H., Xie, S. Y., Jiang, Z. Y., Zhang, X., Tian, Z. Q., Xie, Z. X., Huang, R. B., Zheng, L. S. (2003). Rational Design and Fabrication of ZnO Nanotubes from Nanowire Templates in a Microwave Plasma System. *Journal Physics Chemistry B*, 107 (37), 10114-10118.
- Zi-Neng, Chan, K. Y., & Tohsophon, T. (2012). Effects of Annealing Temperature on ZnO and AZO Films Prepared by Sol-Gel Technique. *Applied Surface Science*, 258.