

BIOSINTESIS LAPISAN TIPIS ZnO DOPING MAGNESIUM DENGAN EKSTRAK TEMU KUNCI (*BOESENBERGIA PANDURATA*)

M. Labib Mu'tashim Huda¹, Lalu Suhaimi*¹ dan Rita Desiasni¹

¹Teknik Metalurgi, Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral, Universitas Teknologi Sumbawa, Indonesia

lalu.suhaimi@uts.ac.id

ABSTRAK

Lapisan tipis ZnO merupakan material yang banyak dikembangkan dan memiliki banyak manfaat salah satunya dibidang lingkungan. Lapisan tipis ZnO dapat diaplikasikan sebagai teknologi fotokatalis dalam mengatasi pencemaran air. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh doping magnesium pada lapisan tipis ZnO dengan ekstrak temu kunci (*Boesenbergia pandurata*). Variasi doping magnesium yang digunakan yaitu 1,5% dan 2,5%. Prosedur penelitian diawali dengan ekstrak temu kunci, lalu pembuatan larutan bibit dengan konsentrasi 1 M. Selanjutnya pembuatan lapisan bibit dengan metode *spin coating*, lalu sampel di *annealing* pada suhu 150°C selama 10 menit. Lapisan bibit kemudian ditumbuhkan selama 4 jam pada suhu 90°C. Lapisan tipis ZnO dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), Spektrofotometri UV-Vis. Hasil analisis XRD menunjukkan puncak difraksi ZnO dan struktur kristal berbentuk heksagonal. Ukuran kristal ZnO yang didapatkan meningkat. Hasil SEM menunjukkan morfologi lapisan tipis ZnO berbentuk *spherical* dan terjadi aglomerasi. Ukuran rata-rata butir ZnO meningkat seiring meningkatnya doping. Nilai absorbansi yang didapatkan relatif tinggi dan nilai celah pita meningkat dari 3,36 eV menjadi 3,43 eV sesuai dengan peningkatan doping Magnesium. Hasil pengujian fotokatalis menunjukkan lapisan tipis ZnO mampu mereduksi polutan sebagai material *waste water remediation*.

Kata kunci: Biosintesis; Fotokatalis; Lapisan Tipis; Magnesium; *Spin coating*; Temu Kunci; ZnO.

ABSTRACT

ZnO thin film is a material that has been widely developed and has many benefits, one of which is in the environmental field. ZnO thin films can be applied as a photocatalyst technology in dealing with water pollution. The aim of the research was to determine the effect of magnesium doping on ZnO thin films with fingerroot extract (Boesenbergia pandurata). The variations of magnesium doping used were 1,5% and 2,5%. The research procedure began with the extract of fingerroot extract, then prepared a seed solution with a concentration of 1 M. Then the seed layer was prepared using the spin coating method, then the sample was annealed at 150°C for 10 minutes. The seed layer was then grown for 4 hours at 90°C. ZnO thin films were characterized using XRD (X-Ray Diffraction), SEM (Scanning Electron Microscopy), UV-Vis Spectrophotometry. The results of the XRD analysis showed diffraction peaks of ZnO and a hexagonal crystal structure. The ZnO crystal size obtained increased. The SEM results showed that the morphology of the ZnO thin layer was spherical and agglomeration occurred. The average grain size of ZnO increases with increasing doping. The absorbance value obtained was relatively high and the bandgap value increased from 3,36 eV to 3,43 eV according to the increase in doping of Magnesium. The results of the photocatalyst showed that a ZnO thin film was able to reduce pollutants as a waste water remediation material.

Keywords: Biosynthesis; Fingerroot; Magnesium; Photocatalyst; Spin coatings; Thin Films; ZnO.

PENDAHULUAN

Pencemaran air oleh limbah hasil industri merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sering terjadi di banyak negara, termasuk Indonesia. Tingkat pencemaran air di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, dan diperlukan alternatif yang efektif untuk mencegah dan mengurangi pencemaran tersebut. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi pencemaran air limbah industri adalah dengan memanfaatkan sifat fotokatalitik dari material semikonduktor. Salah satu semikonduktor yang kini menjadi perhatian para peneliti sebagai material fotokatalis adalah Seng Oksida (ZnO). Semikonduktor yang berbasis fotokatalis ini memiliki kemampuan degradasi polutan yang lebih efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan.

Metode yang umum digunakan dalam penelitian pembuatan lapisan tipis ZnO yang didoping dengan unsur logam adalah metode kimia dan fisika seperti spin coating, sol-gel, pattering magnetron frekuensi radio, evaporasi *termal* dan *pulsed*. Teknik-teknik di atas berperan pada karakteristik struktural, morfologi, optik atau listrik dari lapisan. Namun metode kimia dan fisika memiliki beberapa kekurangan, salah satunya adalah penggunaan bahan kimia yang berbahaya dapat menimbulkan resiko keselamatan dan masalah lingkungan jika tidak ditangani dengan benar. Dalam mengatasi kekurangan ini, para ilmuwan tertarik dengan metode sintesis hijau dalam memfabrikasi ZnO nanostruktur dikarenakan lebih ramah lingkungan dan ekonomis (Çolak dan Karaköse, 2017). Menurut Sufwan Durri *et al.* (2015), penggunaan doping dapat meningkatkan kemampuan fotokatalis pada material ZnO untuk mengubah sifat sifat dengan memberi doping logam, non-logam atau logam mulia.

Penggunaan ekstrak tumbuhan dalam persiapan nanostruktur oksida logam sangat meningkat. Metode biosintesis yang ramah lingkungan memiliki tingkat respon progresif yang lebih tinggi dari pada zat konvensional. Menurut Shankar *et al.* (2004), senyawa-senyawa metabolit sekunder yang berperan dalam biosintesis nanopartikel antara lain seperti flavonoid dan triterpenoid. Tumbuhan yang dapat digunakan untuk membuat ZnO nanostruktur yaitu temu kunci (*Boesenbergia pandurata*). Temu Kunci (*Boesenbergia pandurata*) mengandung berbagai saenyawa seperti saponin, flavonoid, pinostrolein, dan lain-lain. (Atun *et al.*, 2017).

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan biosintesis ZnO nanostruktur menggunakan ekstrak temu kunci (*Boesenbergia Pandurata*) dengan menggunakan variasi konsentrasi doping Mg untuk membuat material *waste water remediation*. Pembuatan lapisan tipis ZnO doping Mg (ZnO:Mg) diatas substrat kaca dengan menggunakan metode *spin coating*.

Karakterisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan XRD, SEM, dan Spektrofotometri UV-Vis.

METODOLOGI

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan lapisan tipis ZnO dengan penambahan variasi konsentrasi doping magnesium menggunakan ekstrak temu kunci (*Boesenbergia pandurata*) untuk mendapatkan material yang berfungsi sebagai *waste water remediation*. Penambahan variasi doping magnesium yang digunakan yaitu 1,5% dan 2,5%. Metode yang digunakan dalam membuat lapisan tipis adalah metode *spin coating*.

Alat utama yang digunakan dalam penelitian adalah gelas ukur, gelas kimia, timbangan analitik, *hotplate stirrer*, spatula besi, spatula kaca, cawan petri, *furnace*, mesin *spin coating*, corong, kertas saring, kertas label, aluminium foil, pipet 1 ml, pincet besi, dan *magnetic stirrer*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Zinc Oxide (ZnO), Temu Kunci (*Boesenbergia pandurata*), Magnesium nitrat ($Mg(NO_3)_2$), aquadest, NaOH, dan substrat kaca merk *Microscope Slides* CAT No 7101.

Proses dimulai dengan mengekstrak bubuk temu kunci 300 gram ke dalam 900 ml aquadest. Selanjutnya pembuatan larutan bibit dengan cara melarutkan ($Zn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$) 1 M dengan larutan ekstrak temu kunci. Larutan bibit yang telah dibuat selanjutnya digunakan pada proses pembuatan lapisan tipis dengan menggunakan metode *spin coating*. Setelah proses pembuatan lapisan tipis dilakukan, selanjutnya dilakukan proses *growing* atau pertumbuhan lapisan tipis nanostruktur ZnO. Sampel yang telah dilapisi bibit nanostruktur ZnO direndam kedalam larutan bibit selanjutnya dimasukan kedalam *furnace* dengan suhu $90^\circ C$ selama 4 jam. Sampel yang telah ditumbuhkan selanjutnya dikarakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat mikrostrukturnya, sedangkan untuk melihat struktur kristalnya menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dan Spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui puncak gelombang absorbansi dari sampel pada panjang gelombang tertentu.

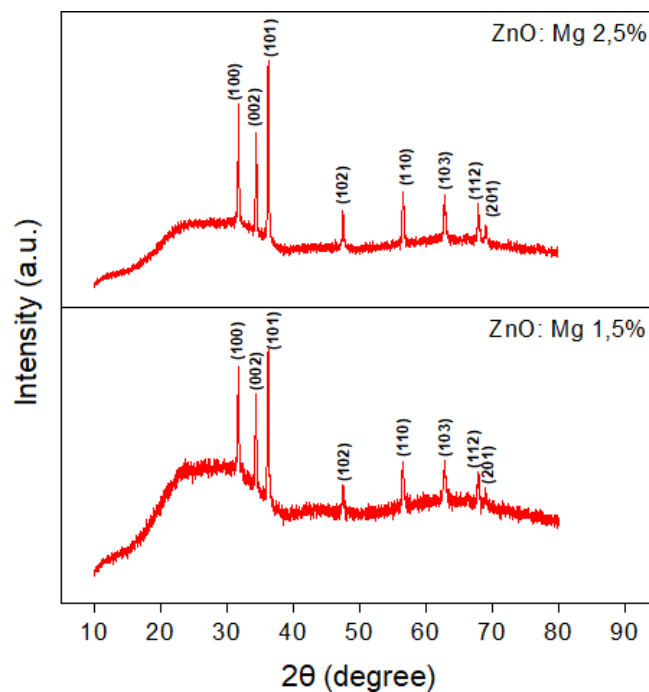
Pengujian fotodegradasi larutan *Methylene Blue* (MB) oleh lapisan tipis ZnO dengan variasi konsentrasi doping magnesium 1,5% dan 2,5%. Konsentrasi *Methylene Blue* yang digunakan pada pengujian fotokatalis adalah 10 ppm sebanyak 50 ml. Selanjutnya lapisan tipis ZnO dengan variasi doping magnesium direndam didalam larutan warna MB dan dijemur dibawah

sinar matahari dengan waktu penyinaran 2 jam, 4 jam, dan 6 jam, sehingga total waktu lamanya penyinaran adalah 6 jam. Selanjutnya hasil fotodegradasi larutan warna MB dianalisis dengan Spektrofotometri UV-Vis dalam panjang gelombang tertentu.

PEMBAHASAN

A. Hasil Karakterisasi XRD (*X-Ray Diffraction*)

Hasil analisis XRD menggunakan *software X'pert High Score Plus* (HSP) sehingga diperoleh informasi data mengenai struktur kristal. Data tersebut dikonfirmasi dengan data *Cristallography Open Database* (COD) sebagai referensi database kisi kristal.



Gambar 1. Hasil Karakterisasi XRD Lapisan Tipis ZnO variasi doping Magnesium 1,5% dan 2,5%.

Analisis kuantitatif dari data XRD dengan menggunakan *X'pert High Score Plus* (HSP) dikonfirmasi dengan data *Cristallography Open Database* (COD) dengan kode referensi 01-080-0075 dan 01-089-1397 menunjukkan struktur kristal dari ZnO berbentuk Hexagonal. Pada sampel dengan perlakuan doping Magnesium 1,5% puncak difraksi terbentuk pada 2θ : 31,78°; 34,41°; 36,20°; 47,50°; 56,54°; 62,81°; 67,89° dan 69,09° yang masing-masing bersesuaian dengan bidang kristal (100), (002), (101), (102), (110), (103), (112), dan (201). Pada sampel dengan perlakuan doping Magnesium 2,5% puncak difraksi terbentuk pada 2θ : 31,77°; 34,41°; 36,26°; 47,52°; 56,58°; 62,81°; 67,90° dan 69,09° yang

masing-masing bersesuaian dengan bidang kristal (100), (002), (101), (102), (110), (103), (112), dan (201).

Hasil pola XRD dari Gambar 1. memperlihatkan intensitas puncak utama XRD ((100), (002), (101)) berubah dengan konsentrasi doping Magnesium. Pada konsentrasi doping Magnesium 1,5% dan 2,5%, intensitas puncak (101) lebih tinggi dari pada intensitas (100) dan (002). Pada Tabel 1. memperlihatkan intensitas puncak pada bidang kristal (100) mengalami kenaikan dan nilai FWHM mengalami penurunan.

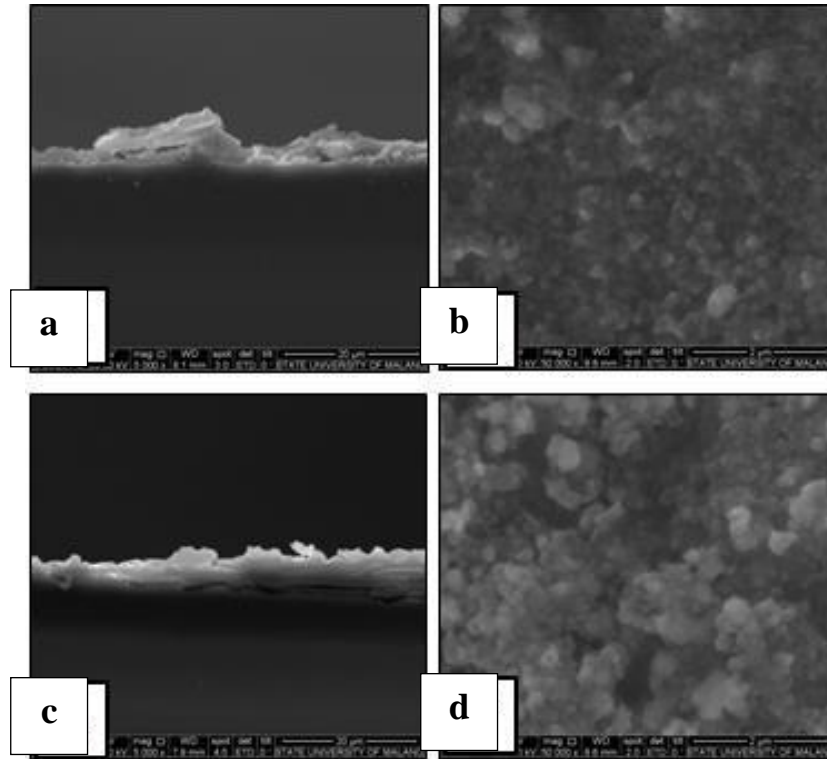
Tabel 1. Data analisis XRD pada bidang kristal (100)

Nama Sampel	Posisi Puncak (Deg)	FWHM	Ukuran Kristal (nm)
Doping Mg 1,5%	31,78	0,17	48,5
Doping Mg 2,5%	31,77	0,13	63,5

Hasil perhitungan menunjukkan ukuran kristalit mengalami kenaikan dari perlakuan doping Magnesium 1,5% dan 2,5% yaitu masing-masing sebesar 48,5 nm dan 63,5 nm. Hal ini menunjukkan bahwa kristalinitas sampel meningkat dengan meningkatnya doping Magnesium yang digunakan. Hasil penelitian ini relevan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Rouchdi *et al.*, (2017) yang berhasil menumbuhkan Lapisan tipis ZnO dengan perlakuan doping Magnesium yang mana semakin meningkatnya konsentrasi doping Magnesium maka ukuran kristal akan semakin besar.

B. Hasil Karakterisasi SEM (*Scanning Electron Miscroscopy*)

Hasil uji karakterisasi SEM terlihat bahwa lapisan tipis ZnO dapat tumbuh dipermukaan lapisan tipis dengan perlakuan variasi konsentrasi doping Magnesium 1,5% dan 2,5%. Morfologi permukaan dari lapisan tipis ZnO dapat diamati pada Gambar 2.

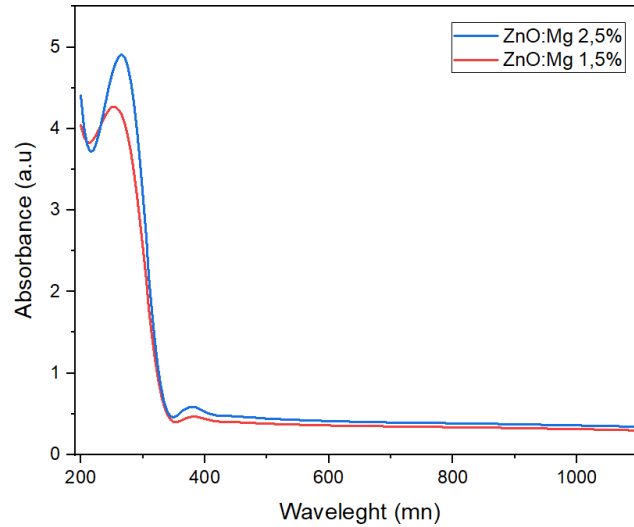


Gambar 2. Hasil Karakterisasi SEM variasi doping Magnesium : (a) Mg 1,5% perbesaran 5.000 kali, (b) Mg 1,5% perbesaran 50.000 kali, (c) Mg 2,5% perbesaran 5.000 kali, dan (d) Mg 2,5% perbesaran 50.000 kali

Gambar 2. menunjukkan bentuk dari morfologi ZnO hasil biosintesis di atas substrat kaca. Hasilnya menunjukkan morfologi ZnO pada perlakuan variasi doping Magnesium 1,5%, dan 2,5% berbentuk *spherical* dan terjadi aglomerasi. Selanjutnya, dilakukan perhitungan ukuran butir dengan menggunakan *software ImageJ* untuk menganalisis citra gambar SEM. Diperoleh ukuran rata-rata butir ZnO pada perlakuan doping Magnesium 1,5% dan 2,5% yaitu masing-masing sebesar 28,9 nm dan 35,7 nm. Hasil penelitian ini relevan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Huang *et al.*, (2012) bahwa semakin meningkatnya konsentrasi doping Magnesium maka rata-rata ukuran partikel meningkat dan semua lapisan tipis memiliki sifat *polycrystalline*.

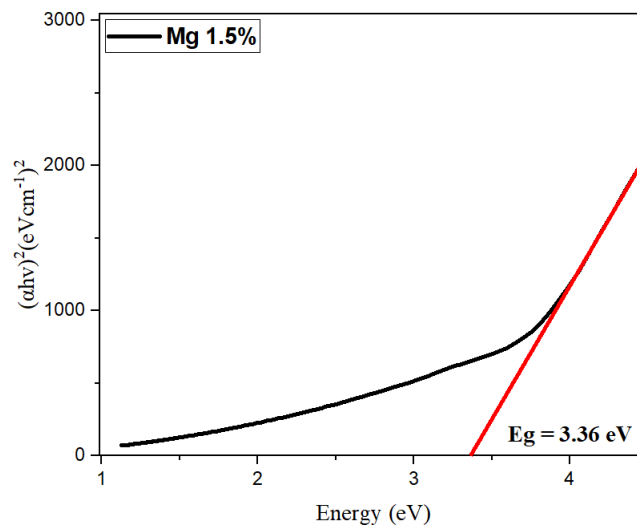
C. Hasil Karakterisasi Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis melibatkan penggunaan energi elektromagnetik dalam rentang ultraviolet (UV) dan cahaya tampak (Vis) untuk menganalisis molekul. Panjang gelombang sinar ultraviolet antara 200-400 nm dan sinar cahaya tampak antara 400-750 nm.

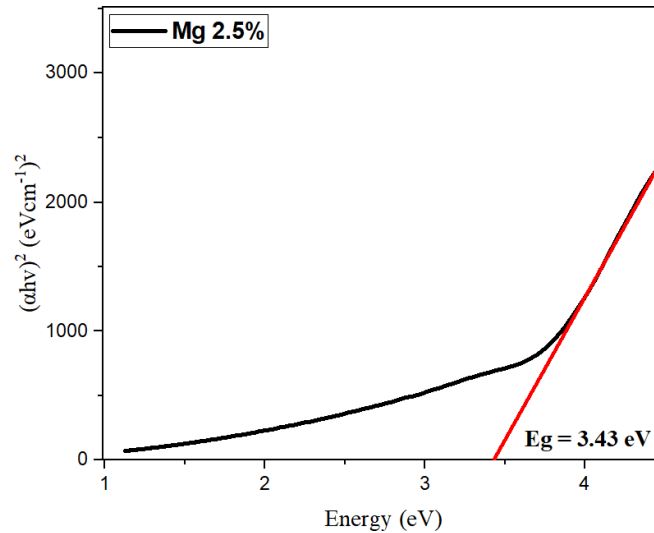


Gambar 3. Absorbansi UV-Vis lapisan tipis ZnO pada perlakuan konsentrasi doping Magnesium 1,5% dan 2,5%

Gambar 3. menunjukkan lapisan tipis ZnO pada perlakuan konsentrasi doping Magnesium 1,5% dan 2,5% yang memiliki puncak spektrum absorbansi relatif kuat masing-masing pada 255 nm dan 265 nm. Hal ini menunjukkan lapisan tipis ZnO memiliki nilai absorbansi pada daerah ultraviolet yaitu pada 200-400 nm. Sifat optik lain yang bisa didapat dari pengujian Spektrofotometri UV-Vis selain nilai absorbansi yaitu nilai celah pita (E_g). Salah satu metode yang digunakan untuk mengestimasi nilai celah pita adalah metode plot Tauc. Metode ini melibatkan penggunaan persamaan Tauc Plot, yang menghubungkan absorbansi (α) dengan energi foton ($h\nu$). Nilai celah pita lapisan tipis ZnO dengan doping Magnesium ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Celah pita lapisan tipis ZnO pada variasi doping Magnesium 1,5%



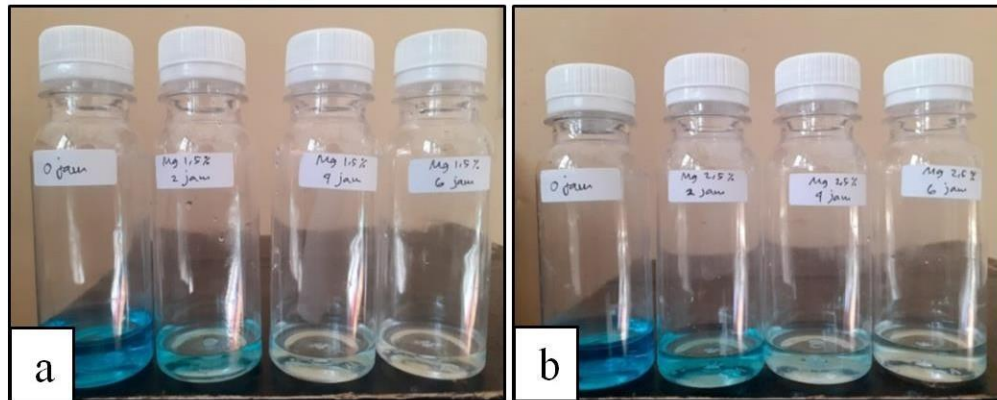
Gambar 5. Celah pita lapisan tipis ZnO pada variasi doping Magnesium 2,5%

Nilai *band gap* (celah pita) yang didapatkan dari lapisan tipis ZnO dengan variasi konsentrasi doping Magnesium 1,5% dan 2,5% masing-masing adalah 3,36 eV dan 3,43 eV. Semakin meningkatnya konsentrasi doping magnesium, maka nilai celah pita akan meningkat. Hasil yang didapat pada penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fang *et al.*, (2013) yaitu dengan peningkatan konsentrasi doping Magnesium, ukuran kristalin dan juga nilai dari celah pita akan meningkat.

D. Hasil Pengujian Fotokatalis

Pengujian fotokatalis lapisan tipis ZnO dengan doping magnesium dilakukan dengan larutan *Methylene Blue* (MB) 10 ppm. Pengujian fotokatalis dilakukan didalam wadah yang berisikan lapisan tipis ZnO dengan variasi konsentrasi doping Magnesium 1,5% dan 2,5% dengan memberikan larutan MB masing-masing 50 ml. Penyinaran dilakukan dibawah sinar matahari langsung yang mengandung sinar UV selama 6 jam.

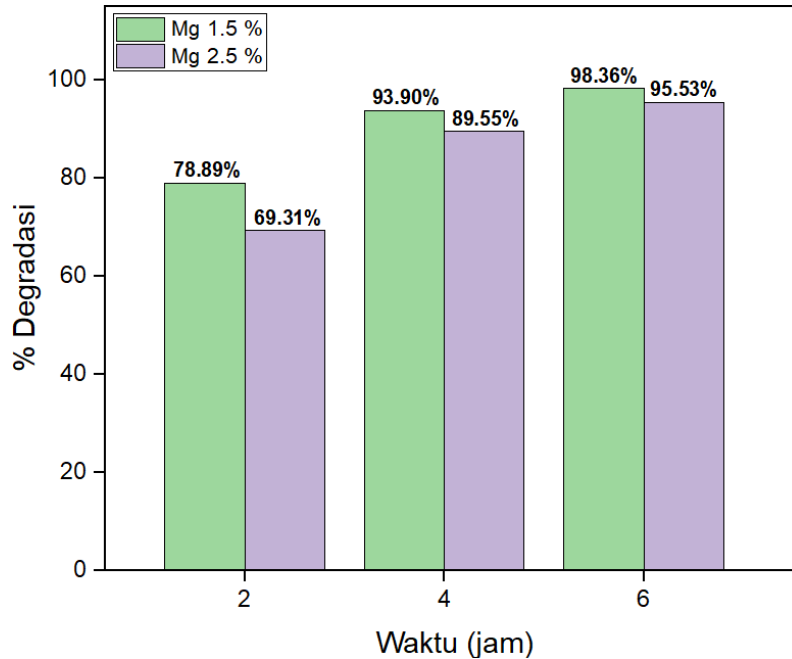
Dari hasil yang diperoleh dari pengujian fotokatalis menunjukkan bahwa lapisan tipis ZnO dengan doping magnesium mampu mereduksi polutan organik. Hal tersebut dapat dilihat dari perubahan sampel air pewarna MB yang dijemur dibawah sinar UV menunjukkan terjadinya degradasi warna menjadi jernih, menandakan keberhasilan dari proses uji fotokatalis yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengujian Fotokatalis larutan MB pada lapisan tipis ZnO dengan variasi konsentrasi doping Magnesium : (a) Magnesium 1,5% dan (b) Magnesium 2,5%

Gambar 6 menunjukkan hasil fotokatalis pada larutan MB selama 6 jam dibawah sinar UV. Cahaya UV yang didapatkan dari matahari mampu mengeksitasi elektron dari lapisan tipis ZnO. Proses eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dalam lapisan tipis ZnO yang disinari dengan sinar UV dapat menghasilkan reaktivitas tinggi pada permukaan ZnO. Eksitasi elektron ini menciptakan pasangan elektron dan lubang (defek elektronik) di dalam ZnO. Lubang ini dapat berperan sebagai pusat reaksi oksidasi, sementara elektron bebas dapat terlibat dalam reaksi reduksi. Reaksi oksidasi terjadi ketika lubang di permukaan ZnO bereaksi dengan senyawa organik seperti MB, mengoksidasi senyawa organik tersebut. Proses ini melibatkan transfer elektron dari lubang ke senyawa organik, menghasilkan pembentukan produk oksidasi dan regenerasi lubang di permukaan ZnO. Hasilnya, senyawa organik seperti MB terdegradasi menjadi produk yang lebih sederhana, dan larutan tersebut menjadi jernih.

Setelah dilakukan pengujian fotokatalis pada lapisan tipis ZnO dengan larutan MB, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap larutan MB yang telah disinari dengan sinar UV dengan Spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui besarnya persentase degradasi kejernihan larutan MB. Sehingga didapatkan hasil dari pengujian untuk melihat persentase degradasi pada larutan MB yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Persentase degradasi larutan warna MB pada uji fotokatalis dari setiap variasi selama 6 jam

Gambar 7 menunjukkan persentase dari degradasi larutan warna MB pada uji fotokatalis yang disinari selama 6 jam pada selang waktu 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Nilai absorbansi *methylene blue* dengan konsentrasi 10 ppm selama waktu penyinaran 2 jam, 4 jam, dan 6 jam menunjukkan semakin lama waktu penyinaran, nilai absorbansi yang dihasilkan semakin kecil. Hal tersebut menunjukkan persentase degradasi dari MB semakin besar. Dari hasil persentase degradasi yang didapatkan, hasil degradasi paling optimum terdapat pada variasi konsentrasi doping magnesium 1,5% dengan persentase degradasi larutan MB sebesar 98,36% pada lama waktu penyinaran 6 jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : Hasil analisis dari pengujian pada lapisan tipis ZnO dengan variasi konsentrasi magnesium menunjukkan lapisan tipis ZnO dengan struktur kristal heksagonal dan ukuran kristal yang meningkat. Morfologi dari lapisan tipis ZnO diatas substrat kaca berbentuk *spherical* dan terjadi aglomerasi pada setiap variasi. Nilai absorbansi yang didapatkan relatif tinggi pada daerah ultraviolet. Sedangkan, nilai celah pita yang didapatkan meningkat dari 3,36 eV menjadi 3,43 eV.

Pengujian fotokatalis pada lapisan tipis ZnO dengan perlakuan konsentrasi doping Magnesium pada limbah larutan *Methylene Blue* (MB) dengan penyinaran sinar matahari selama 6 jam menunjukkan bahwa lapisan tipis ZnO mampu mereduksi polutan organik. Hal tersebut dapat dilihat dari larutan warna *Methylene Blue* yang terdegradasi menjadi lebih jernih. Aktivitas fotokatalis semakin meningkat yang ditandai dengan besarnya persentase degradasi pada larutan MB. Variasi konsentrasi doping Magnesium 1,5% memiliki persentase degradasi paling maksimal dari variasi yang lainnya pada lama waktu penyinaran 2 jam, 4 jam, dan 6 jam dengan nilai persentase 98,36% pada lama waktu penyinaran 6 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Atun, S. A. S. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Nanopartikel Ekstrak Etanol Temu Kunci (*Boesenbergia pandurata*) pada Berbagai Variasi Komposisi Alginat. *Jurnal Elemen Kimia*, 6(1), 19-26.
- Çolak, H., & Karaköse, E. (2017). Green synthesis and characterization of nanostructured ZnO thin films using *Citrus aurantifolia* (lemon) peel extract by spin-coating method. *Journal of Alloys and Compounds*, 690, 658–662.
- Durri, S., & Sutanto, H. (2015). Karakterisasi Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO doping Al yang di Deposisi diatas Kaca dengan Metode Sol-Gel Teknik Spray-Coating (Halaman 38 s.d. 40). *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55), 38–40.
- Fang, D., Li, C., Wang, N., Li, P., & Yao, P. (2013). Structural and optical properties of Mg-doped ZnO thin films prepared by a modified Pechini method. *Crystal Research and Technology*, 48(5), 265–272.
- Huang, K., Tang, Z., Zhang, L., Yu, J., Lv, J., Liu, X., & Liu, F. (2012). Preparation and characterization of Mg-doped ZnO thin films by sol-gel method. *Applied Surface Science*, 258(8), 3710–3713.
- Rouchdi, M., Salmani, E., Fares, B., Hassanain, N., & Mzerd, A. (2017). Synthesis and characteristics of Mg doped ZnO thin films: Experimental and ab-initio study. *Results in Physics*, 7(January), 620–627.
- Shankar, S.S., Rai, A., Ahmad, A. & Sastry, M. (2004). Rapid synthesis of Au, Ag, and bimetallic Au core-Ag shell nanoparticles using neem (*Azadirachta indica*) leaf broth. *Journal of Colloid and Interface Science*. 275(2), 496-502.