

Pengaruh Variasi Penambahan Doping Mg Terhadap Struktur Dan Morfologi TiO₂**Ridwan Yusuf Lubis dan Miftahul Husnah**

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

ridwanyusuflubis@uinsu.ac.id

Diterima: Desember 2022. Disetujui: Januari 2023. Dipublikasikan: Februari 2023.

ABSTRAK

Air merupakan salah satu kebutuhan manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari. Belakangan ini pencemaran air merupakan hal serius yang harus ditangani dalam upaya penjernihan agar dapat digunakan. Metode fotokatalis merupakan salah satu metode yang digunakan dalam upaya penjernihan air. Salah satu material fotokatalis yang sering digunakan adalah TiO₂ dikarenakan sifat yang tidak beracun, ketersediaan melimpah dan memiliki nilai *bandgap* yang rendah. Untuk menurunkan nilai *bandgap* dari TiO₂ dengan cara menambahkan doping logam transisi seperti Mg yang sudah terbukti dapat menurunkan nilai *bandgap* tanpa mengubah struktur TiO₂ sebagai matriks. Metode pencampuran TiO₂ dan doping Mg menggunakan metode *solid state reaction*. Doping Mg dicampurkan dengan variasi $x = 0$ (A), 2 (B), 4 (C) dan 6 (D) wt%. Hasil analisa XRD dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa muncul puncak pada sudut 2-theta berkisar di 25,5330° – 25,3930°. Terjadi penurunan sudut puncak ke sebelah kiri yang disebabkan telah tercampurnya doping Mg terhadap matriks TiO₂. Ukuran kristal bertambah besar seiring dengan meningkatnya jumlah doping Mg yang dicampurkan kedalam TiO₂ berkisar 3,4859Å – 3,5048Å. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa penyebaran pada sampel D lebih merata dan tidak banyak terjadi aglomerasi sehingga memiliki permukaan yang lebih luas di banding sampel dengan jumlah variasi doping yang lebih rendah. Semakin banyak doping Mg yang dicampurkan maka kualitas dari material fotokatalis semakin bagus.

Kata Kunci: Fotokatalis, TiO₂, Mg**ABSTRACT**

Water is one of the human needs in carrying out daily activities. Lately, air pollution is a serious matter that must be addressed in purification efforts so that it can be used. The photocatalyst method is one of the methods used in air purification efforts. One of the photocatalyst materials that is often used is TiO₂ because it is non-toxic, abundantly available and has a low bandgap value. To reduce the bandgap value of TiO₂ by adding transition metal doping such as Mg which has been proven to reduce the bandgap value without changing the structure of TiO₂ as a matrix. Mixing method of TiO₂ and Mg doping using solid state reaction method. Doping Mg was mixed with a variation of $x = 0$ (A), 2 (B), 4 (C) and 6 (D) wt%. XRD analysis results from the test results can be seen that the peak appears at the 2-theta angle ranging from 25.5330° – 25.3930°. There was a decrease in the left peak angle due to the mixing of Mg to the TiO₂ matrix. The crystal size increased along with the amount of doping Mg mixed with TiO₂ ranging from 3.4859Å – 3.5048Å. The SEM test results show that the distribution of sample D is more even and there is not much

agglomeration so that it has a wider surface than the sample with a lower number of doping variations. The more Mg doping is mixed, the better the quality of the photocatalyst material.

Keywords: Photocatalys, TiO₂, Mg

PENDAHULUAN

Pada era ini nanoteknologi dan nanomaterial telah menjadi subjek penelitian yang sangat menarik bagi ilmuwan dan akademisi. Ukurannya yang sangat kecil memberikan sifat mekanik, biologis, termal dan kimia yang unik dan menjadi material yang sangat berpotensi untuk aplikasi industri.

Nano material TiO₂ merupakan salah satu kandidat yang sangat berpotensi dalam aplikasi energi surya berdasarkan sifat optoelektronik dan fotokimianya, terutama kemampuan fotovoltiknya untuk mengefisienkan konversi energi dari radiasi matahari.

Nanomaterial TiO₂ telah menarik perhatian banyak peneliti. TiO₂ merupakan material semikonduktor dengan celah pita yang lebar dan sangat banyak diaplikasikan terhadap berbagai industri seperti penjernihan air atau udara dan sel surya. Lebar celah pita energi dari TiO₂ berkisar 3,2 eV dan dapat menahan sebagian besar energi cahaya matahari yang tidak tergunakan. Sekarang ini beberapa pendekatan telah diadopsi agar material fotokatalis TiO₂ bisa aktif pada cahaya tampak.

Efektivitas dari TiO₂ dapat dirubah dengan cara mengubah morfologi atau penambahan komponen pada struktur TiO₂. Perubahan morfologi TiO₂ termasuk perubahan formasi ukuran kristalnya. Cahaya tampak dapat mengaktifkan TiO₂ dengan cara menambahkan doping logam atau nonlogam.

Untuk meningkatkan nilai absorpsi cahaya dari TiO₂ ke zona cahaya tampak, berbagai jenis doping telah ditambahkan kedalam oksida material untuk meningkatkan efisiensi penyerapannya.

Doping logam dan nonlogam ditambahkan kedalam TiO₂ dapat mengubah sudut bandgap nya atau permukaan dari TiO₂.

Biasanya modifikasi berhasil jika menggunakan doping logam transisi, tetapi logam transisi menyebabkan ketidakstabilan termal fasa anatase dari TiO₂.

Doping logam terbaik adalah apabila logam dopign tersebut menyatu dengan matriks dari TiO₂ tetapi tetap menjaga permukaan dari kristalnya. Tidak menyatunya logam transisi pada TiO₂ menyebabkan kisi kristal dari TiO₂ menyebabkan level energi baru antara pita valensi dengan pita konduksi.

Mg merupakan material logam alkali yang sering digunakan untuk mendoping TiO₂ anatase untuk meningkatkan fotoaktivitasnya. Telah ditemukan bahwa Mg merupakan salah satu doping terbaik yang dapat menggantikan atom Ti karena radius ionik nya yang berdekatan. Doping Mg tidak akan mengubah struktur dari TiO₂.

Pada dasarnya, proses sol-gel didesain sebagai prosedur sintesis material padat dengan reaksi kimia dalam cairan pada suhu rendah. Metode sol-gel telah menjadi metode yang banyak digunakan dalam beberapa dekade belakangan ini. Metode ini biasanya mudah dalam menjaga ukuran dari nanopartikel pada dispersi dalam larutan kemudian menjadi padatan. Selanjutnya partikel koloid bisa menyatu bersama dengan kondensasi untuk mendapatkan gel.

Energi cahaya tampak lebih besar dari energi bandgap material eksitasi elektron untuk meloncat dari pita valensi ke pita konduksi. Nilai band gap dari TiO₂ anatase 3,2 eV, sehingga cahaya UV dibutuhkan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan menciptakan hole. Tetapi cahaya UV hanya terdiri 5% dari radiasi matahari sehingga bagian terbanyak dari radiasi matahari tidak dimanfaatkan. Dengan percobaan untuk memproduksi nano material yang dapat aktif dengan radiasi matahari agar mencapai nilai sebanyak 40% penyerapan .

TiO₂ memiliki 3 jenis struktur kristal, anatase, rutile dan brookite. Struktur kristal rutile dan anatase cukup stabil dan sering digunakan sebagai bahan dasar material fotokatalis. Struktur anatase lebih reaktif dibandingkan dengan struktur rutile, memiliki ukuran partikel yang lebih kecil sehingga anatase memiliki permukaan yang lebih luas. Nilai bandgap yang lebih kecil sehingga memiliki nilai fotokatalik yang lebih tinggi.

METODE PENELITIAN

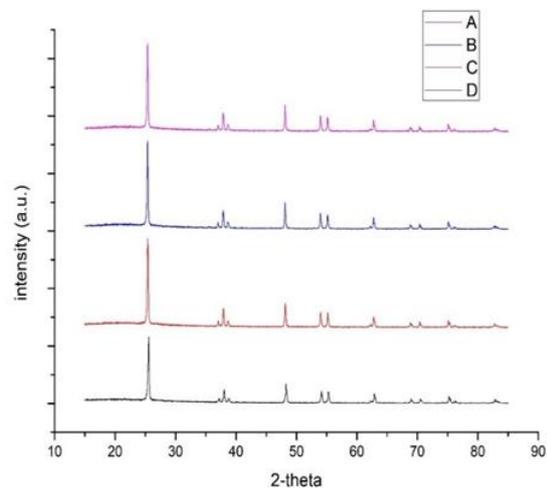
Penelitian ini menggunakan metode sol-gel dengan material TiO₂ sebagai material semikonduktor yang digunakan sebagai matriks material fotokatalis dan Mg sebagai doping logam transisi. TiO₂ yang digunakan sebanyak 10 gr kemudian dicampurkan dengan logam transisi Mg dengan variasi 0, 2, 4, dan 6 wt%. Dicampurkan menggunakan hotplate magnetic stirrer selama 2 jam dengan penambahan etil alkohol yang dititrisasi sebanyak 10 ml. TiO₂ dan Mg dicampur dengan aquades sebanyak 100 ml dengan suhu 80°C.

Campuran TiO₂ dan Mg terjadi kemudian dibiarkan agar mengendap di ruang gelap selama 24 jam kemudian endapan dari sampel tersebut dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 115 °C selama 2 jam. Sampel yang sudah kering selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis XRD

Sampel yang sudah kering kemudian dilakukan pengambilan data dengan alat uji XRD agar diketahui TiO₂ dan Mg berhasil tercampur tanpa mengubah strukturnya. Sampel dengan variasi doping 0, 2, 4 dan 6 wt% diberi nama A, B, C dan D.



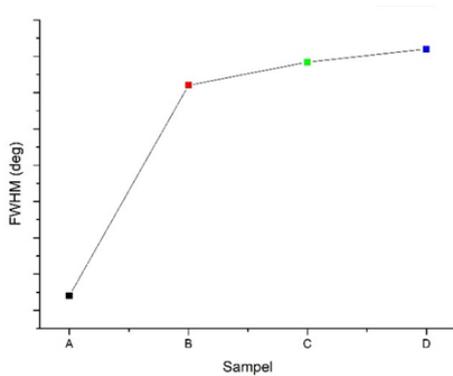
Gambar 1. Gabungan XRD

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa puncak sudut 2-theta yang muncul pada semua sampel A, B, C dan D memiliki sudut puncak yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada terjadi perubahan struktur pada pencampuran TiO₂ dengan doping Mg. Pencampuran TiO₂ dan Mg berhasil dilakukan dengan atom Mg telah berhasil menggantikan sebagian atom Ti yang berada pada matriks TiO₂.

Tabel 1. Sudut puncak, FWHM, intensitas dan ukuran kristal

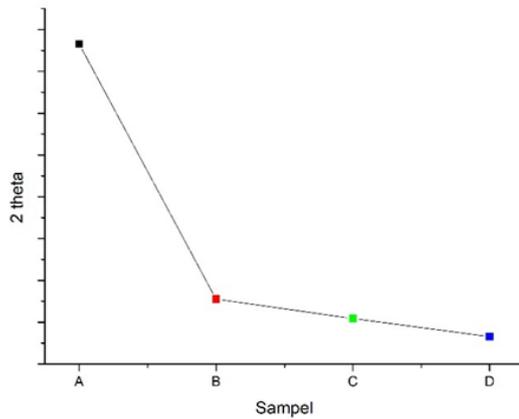
Sam- pel	2-theta (deg)	FWHM (deg)	Height (cps)	D (ang.)
A	25,5330	0,1470	8336	3,4859
B	25,4110	0,1760	11109	3,5023
C	25,4017	0,1792	10935	3,5037
D	25,3930	0,1810	10655	3,5048

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat pada sudut 2-theta terjadi pergeseran sudut puncak ke sebelah kiri (nilai yang lebih kecil). Hal ini mengkonfirmasi bahwa doping Mg telah berhasil menggantikan atom Ti. Pergeseran sudut puncak ke kiri terjadi karena radius ionik dari Mg lebih kecil dibandingkan dengan Ti sehingga saat doping Mg menggantikan atom Ti, maka ukuran kristal dari TiO₂ mengalami pengecilan begitu juga dengan panjang kisinya.



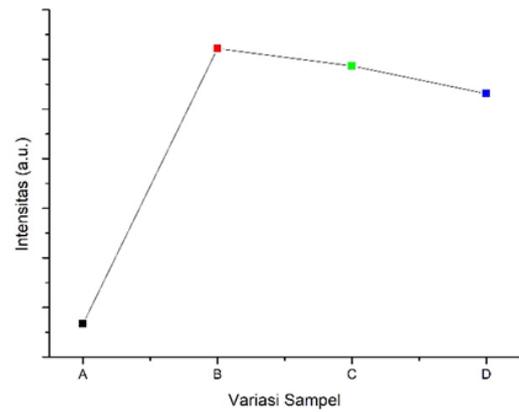
Gambar 2. Perubahan nilai FWHM

Perubahan nilai FWHM yang dapat dilihat pada Gambar 2. menunjukkan bahwa ion dari doping Mg telah berhasil masuk kedalam matriks TiO₂ menggantikan ion Ti. FWHM mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya nilai dari variasi doping Mg yang ditambahkan. Pengamatan lebih lanjut bisa dilihat pada gambar selanjutnya tentang pergerakan sudut 2-theta, intensitas dan ukuran kristal.



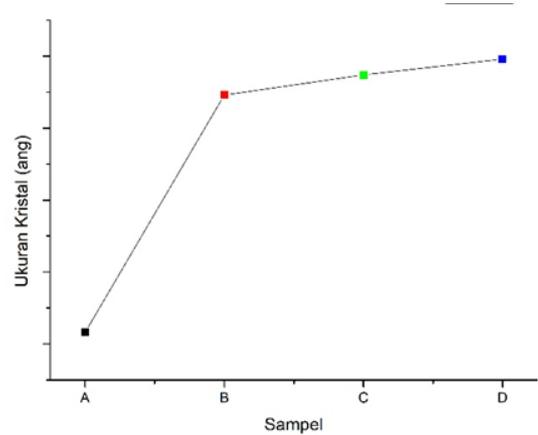
Gambar 3. Perubahan sudut puncak 2-theta

Gambar 3 menunjukkan merubahan nilai sudut puncak 2-theta. Sudut puncak mengalami pergeseran ke arah kiri yang mngonfirmasi bahwa doping Mg menyatu dengan TiO₂ dan menyebabkan ukuran kisi yang lebih kecil. Hal ini dapat dilihat dengan penurunan nilai sudut puncak seiring dengan meningkatnya jumlah dari variasi doping yang dicampurkan.



Gambar 4. Perubahan intensitas

Perubahan nilai intensitas yang ditunjukkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan pada saat ditambahkan doping Mg terhadap TiO₂ kemudian mengalami penurunan seiring dengan penambahan doping Mg. Hal ini terjadi karea pada sampel B dan C mengalami aglomerasi yang cukup banyak sehingag pertumbuhan kristalnya tidak baik dan mengalami penurunan luas permukaan pada material fotokatalis TiO₂.



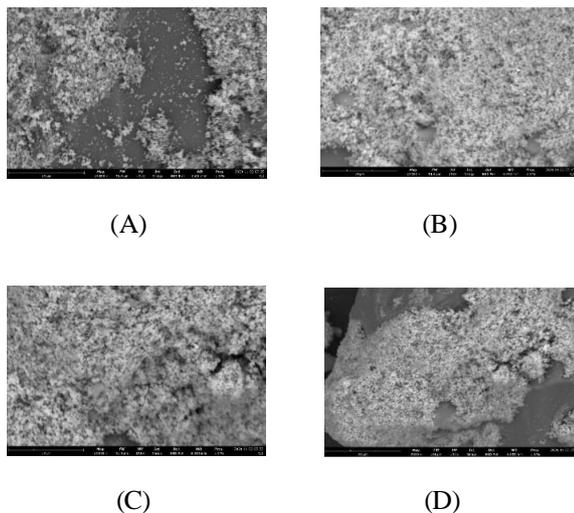
Gambar 5. Perubahan Ukuran Kristal

Berbeda dengan grafik intensitas, perubahan ukuran kristal mengalami peningkatan seiring dengan penambahan jumlah doping Mg. Hal ini mengonfirmasi bahwa meskipun terjadi aglomerasi tidak mengubah ukuran dari kristal akibat doping Mg terhadap TiO₂.

Analisa SEM

Pengujian selanjutnya menggunakan *Scan Electron Microscopy* (SEM) untuk

melihat perubahan morfologi dari sampel TiO₂.



Gambar 6. Hasil uji SEM sampel (A) variasi 0 wt%, (B) 2 wt%, (C) 4 wt% dan (D) 6 wt%

Berdasarkan Gambar 6 hasil uji SEM dapat dilihat bahwa terjadi aglomerasi yang lebih banyak pada sampel B dan C dibanding dengan sampel A dan D. Hal ini mengindikasikan bahwa seiring dengan bertambahnya doping Mg terhadap TiO₂ dapat mengurangi aglomerasi yang terjadi pada material fotokatalis TiO₂. Gambar 1.1 mengkonfirmasi terjadinya peningkatan intensitas pada sampel B dibandingkan dengan A kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya nilai variasi doping Mg yang ditambahkan kedalam material semikonduktor TiO₂.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pembuatan sampel material fotokatalis dengan metode sol-gel telah berhasil dilakukan dengan pencampuran TiO₂ sebagai matriks dan doping Mg dengan variasi $x = 0, 2, 4$ dan 6 wt%.

Penambahan doping Mg terhadap TiO₂ tidak mengubah struktur utama dari TiO₂ yang berbentuk tetragonal anatase dan morfologi dari sampel yang sudah dicampur menunjukkan terjadinya agglomerasi yang lebih banyak pada sampel dengan variasi doping Mg yang lebih kecil. Penambahan doping Mg berhasil dicampurkan dengan TiO₂ tanpa mengubah struktur dari matriksnya.

Doping Mg menggantikan dari sebagian atom dari Ti sehingga membuat ukuran kristal semakin besar seiring dengan meningkatnya jumlah doping Mg.

DAFTAR PUSTAKA

- Devi M, Panigrahi M R, (2015), Synthesis And Characterization Of Mg Doped TiO₂ Thin Film For Solar Cell Application. *Int. J. Eng. Appl. Sci.* 7 (2) : 1.
- Wardiyati, S., Fisli A., & Yusuf, S., (2014), Sintesis Nanokatalis TiO₂ Anatase Dalam Larutan Elektrolit Dengan Metode Sol Gel, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15 (3) : 153-157.
- K. Athira, K.T. Merin, T. Raguram, & K.S. Rajni. (2014), Synthesis And Characterization Of Mg Doped TiO₂ Nanoparticles For Photocatalytic Applications, *Materials Today*
- Joice D. S. Caroles, (2018), Penurunan konsentrasi logam kromium dengan fotokatalis titanium dioksida (TiO₂), dan absorben SiO₂-CFA, Fullerene *Journ. Of Chem* 3 (1) : 19- 21.
- J.C. Cardoso, G.G. Bessegato, M.V. Boldrin Zanoni, 2016, *Water Res.* 98 : 39-46
- S. Shakir, H.M. Abd-ur-Rehman, K. Yunus, M. Iwamoto, V. Periasamy, (2018), *J. Alloys Compd.* 737 : 740-747
- Maryani, Y., Kustiningsih, I., Rakhm, Y., & Nufus, H., (2010), Uji aktivitas beberapa katalis pada Proses degradasi senyawa aktif deterjen secara fotokatalisi
- Al-Rasheed, R. A, (2005), In Water treatment by heterogeneous photocatalysis an overview, 4th SWCC acquired Experience Symposium held in Jeddah, 1-14
- Thiruvengkatachari, R., Vigneswaran, S., & Moon, I. S., (2008), A review on UV/TiO₂ photocatalytic oxidation process (Journal Review). *Korean Journal of Chemical Engineering*, 25 (1), 64-72
- O. Moradi, K. Zare, YariM Monajjemi, & H. Aghaie, (2010), The studies of equilibrium and thermodynamic adsorption of Pb(II), Cd(II) and Cu(II)

- ions from aqueous solution onto SWCNTs and SWCNT-COOH surfaces, Fullerenes, Nanotubes, Carbon Nanostruct. 18 : 285–302.
- Lubis, R. Y., & Nasution, M.I., (2021), Sintesis Dan Karakterisasi Dari Tio₂/Sio₂ Dengan Doping Cuo₂ Menggunakan Metode Kopesipitasi, Jurnal Einstein 9 (1) : 40 – 45.
- S. Yoshikawa, J. Jitputti, S. Pawasupree, & Y. Suzuki, Synthesis and photocatalytic Zhang DS Wang, J. Luo, Q.X.Y. Li, Y. Duan, & J. An, (2009), Charaterisation and photocatalytic activity of poly(3-hexylthiophene)-modified TiO₂ for the degradation of methyl orange under visible light, J. Hazard. Matter 169 : 546–55.
- Giribabu, L., Vijay Kumar, Ch., Gopal Reddy, V., Yella Reddy, P., Srinivasa Rao, C., Jang, R.M., Yum, J.H., Nazeeruddin Md. K., & Grätzel, M., (2007), Unsymmetrical alkoxy zinc phthalocyanine for sensitization of nanocrystalline TiO₂ films. J. Solar Energy Materials and Solar Cells, 91 : 1611-1617.
- Andari N. D., & Wardhani, S., (2014), Fotokatalis TiO₂-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru , Chem. Prog. 7 (1).