



SINTESIS TiO₂ TERDOPING ZnO DENGAN METODE REAKSI PADATAN SERTA APLIKASINYA SEBAGAI FOTOKATALIS

Isalmi Aziz^{1*}, Nanda Saridewi², Revanandita³, Adawiah⁴

^{1,3}Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Universitas Indonesia

²Department of Chemistry Education, Faculty of Tarbiya and Teaching Science UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat Tangerang Selatan 15412, Indonesia

⁴Integrated Laboratory Centre, Faculty of Science and Technology UIN Syarif Hidayatullah Jakarta Jl. Ir. H.
Juanda No. 95 Ciputat Tangerang Selatan, Banten 15412, Indonesia

Corresponding Author: isalmikimia@uinjkt.ac.id

Abstrak: TiO₂ terdoping ZnO dengan metode reaksi padatan diaplikasikan sebagai fotokatalis dalam mendegradasi metilen biru. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik nanopartikel TiO₂-ZnO dan menguji aktivitasnya sebagai fotokatalis dengan sinar matahari serta sinar visibel dan ultraviolet. Metode yang digunakan dalam membentuk TiO₂ doping ZnO adalah reaksi padatan melalui pencampuran dan penggerusan menggunakan mortar. ZnO dan TiO₂ digerus kemudian kalsinasi pada suhu 450°C dengan variasi konsentrasi ZnO sebesar 3; 5; 7 dan 10%. Senyawa TiO₂-ZnO diaplikasikan pada sinar *visible*, sinar *ultraviolet* dan matahari. Hasil XRD menunjukkan ukuran kristal TiO₂-ZnO sekitar 31-27 nm dengan bentuk TiO₂ *tetragonal* dan ZnO *hexagonal*. Uji aktivitas fotokatalis diperoleh data persentase tertinggi pada degradasi metilen biru dengan sinar matahari yaitu 94,73% pada TiO₂ tanpa dopan, sedangkan hasil dengan adanya dopan pada konsentrasi 3; 5; 7 dan 10% yaitu sebesar 94,08%; 93,99%; 93,52% dan 93,15%.

Kata Kunci: Sintesis TiO₂, Reaksi Padatan, Fotokatalis

Abstract: TiO₂ doped with ZnO using the solid-state reaction method is applied as a photocatalyst in the degradation of methylene blue. The aim of this research is to determine the characteristics of TiO₂-ZnO nanoparticles and to test their activity as photocatalysts under sunlight, visible light, and ultraviolet light. The method used to form TiO₂ doped with ZnO involves solid-state reaction through mixing and grinding using a mortar. ZnO and TiO₂ are ground and then calcined at 450°C with varying concentrations of ZnO at 3%, 5%, 7%, and 10%. The TiO₂-ZnO compound is tested under visible light, ultraviolet light, and sunlight. The XRD results show that the crystal size of TiO₂-ZnO is approximately 31-27 nm, with TiO₂ having a tetragonal shape and ZnO having a hexagonal shape. The photocatalyst activity test resulted in the highest percentage of methylene blue degradation under sunlight, which is 94.73% for undoped TiO₂. Meanwhile, the results with dopant at concentrations of 3%, 5%, 7%, and 10% are 94.08%, 93.99%, 93.52%, and 93.15%, respectively.

Keyword: Synthesis of TiO₂, Solid-State Reaction, Photocata

*Corresponding author

1. PENDAHULUAN

Limbah industri pewarna sintesis yang dilepaskan ke lingkungan dalam bentuk cairan berwarna tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme sehingga berbahaya bagi lingkungan terutama perairan. Zat warna tekstil tersusun dari senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzen. Senyawa ini sangat sulit dan membutuhkan waktu yang lama untuk didegradasi, sehingga dapat menyebabkan kerusakan ekosistem perairan yang dapat dilihat dari matinya organisme perairan (Al-kdasi dan Idris, 2005).

Pengolahan limbah zat warna yang kini sedang berkembang adalah teknologi fotokatalisis. Fotokatalisis didefinisikan sebagai reaksi katalitik yang melibatkan katalis dengan penyerapan cahaya (energi foton). Metode ini berpotensi untuk pengolahan limbah maupun fotodegradasi senyawa organik seperti zat warna metilen biru dengan skala besar dan biaya yang relatif murah. Material yang sering digunakan sebagai fotokatalis adalah TiO_2 . Katalis TiO_2 memiliki indeks bias dan konstanta dielektrik yang tinggi (Bernardi et al., 2001). TiO_2 merupakan material yang baik untuk degradasi polutan lingkungan karena aktivitas fotokatalisisnya tinggi, tidak beracun dan stabil dalam larutan air serta biaya yang relatif rendah (Tian et al., 2009; Firdaus et al., 2012).

Cahaya matahari yang dipancarkan ke bumi lebih dari 96% dalam daerah sinar tampak (visible $\lambda = 400\text{-}600\text{ nm}$) akibat filterisasi sinar UV dalam lapisan ozon. Penggunaan material TiO_2 sebagai fotokatalis masih dinilai belum cukup efisien karena hanya aktif pada 2% spektrum sinar matahari (Wu dan Chen, 2004). Untuk peningkatan aktivitas fotokatalis TiO_2 pada daerah sinar tampak dapat dilakukan dengan menambahkan *doping* logam Zn kedalam material TiO_2 . *Doping* material TiO_2 dengan logam dapat menggeser spektra serapan TiO_2 pada daerah sinar tampak (400-700 nm) (Choi et al., 2010). Konsentrasi *dopan* mempengaruhi band gap dan kristalinitas TiO_2 (Usman, 2015). Rinaldi et al., (2020) menemukan bahwa penambahan ZnO pada katalis TiO_2/PiLC dengan variasi rasio 0,1, 0,5, 0,7, dan 1,0 menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap luas permukaan dan volume pori. Rasio 0,1 yang diperoleh luas permukaan dan volume pori lebih tinggi. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dilakukan variasi penambahan ZnO dibawah 0,1 atau 10 %, yaitu 3, 5, 7, dan 10 %.

ZnO telah berhasil di sintesis menggunakan ekstrak biji labu kuning yang digunakan sebagai surfaktan, agen penstabil, pereduksi, dan *capping agent* pada biosintesis nanopartikel ZnO karena mengandung gugus fungsi hidroksi dan karboksil. Biosintesis tersebut menghasilkan struktur kristal heksagonal dengan ukuran partikel 28,0 nm (Saridewi et al., 2021). Menurut *Dietitian of Canada* 2013, biji labu kuning mengandung kalori, protein, lemak, karbohidrat, serta omega-3 dan omega-6. Kandungan protein yang tinggi pada biji labu kuning dapat berfungsi sebagai agen pereduksi, penstabil, dan *capping agent* pada proses biosintesis nanopartikel (Kathiraven et al., 2015). ZnO yang diperoleh selanjutnya didopingkan ke TiO_2 melalui metode reaksi padatan.

Metode reaksi padatan memiliki beberapa kelebihan diantaranya sederhana, fleksibel, tidak meninggalkan residu menghasilkan produk yang melimpah dan kristalinitas yang tinggi (Idayati, 2008). Selain itu, metode ini memiliki kontrol kemurnian fasa yang baik. Menurut Basthoh, (2013) metode padatan dapat merubah energi gap ZnO yang didoping TiO_2 . Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis katalis $\text{TiO}_2\text{-ZnO}$ dan mengaplikasikannya pada fotodegradasi metilen biru dilakukan dibawah sinar visibel, ultraviolet dan matahari dengan variasi waktu 15, 30, 45, 60, dan 75 menit.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi peralatan gelas, timbangan analitik, indikator pH, cawan porselen, *magnetic stirrer*, *hot plate*, termometer, *furnace*, oven, lumpang dan alu, sentrifuge, *X-Ray Diffractometer* (XRD) Shimadzu 7000, kuvet, dan spektrofotometer UV-Vis (Genesiys 10S).

Bahan-bahan yang digunakan adalah serbuk halus dari biji labu kuning (*Cucurbita moschata*) yang sudah kering, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Merck), TiO_2 , NaOH (Merck), metilen biru, aquades.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Sintesis Fotokatalis TiO₂ terdoping ZnO

Biji labu dihaluskan dengan blender sehingga halus. Tepung biji labu kuning sebanyak 10 g ditambahkan 100 mL air distilasi dan dipanaskan dengan suhu 100 °C pada penangas air selama 25 menit. Larutan disaring dengan kertas saring Whatman no. 41 hingga diperoleh ekstrak biji labu kuning. Ekstrak yang biji *Cucurbita moschata* 10 mL ditambahkan 90 mL larutan Zn(CH₃COO)₂·2H₂O sebagai prekursor. Konsentrasi dari prekursor 0,15 M dipanaskan dengan suhu 70°C selama 1 jam dengan *aqueous bath system* dan pengadukan konstan. pH larutan pada setiap konsentrasi diatur pada pH 8 dengan penambahan NaOH 0,1 M dan pengadukan konstan 1 jam hingga membentuk koloid nanopartikel ZnO. Produk berupa padatan putih yang terbentuk dikumpulkan melalui sentrifugasi 25°C dengan kecepatan 4000 rpm 10 menit. Dicuci endapan dengan akuades dan dikeringkan dengan oven 18 jam pada suhu 100 °C. Hasil padatan dikalsinasi pada suhu 450°C selama 4 jam di dalam *furnace*. Nanopartikel ZnO murni didapatkan setelah melalui proses kalsinasi. Sampel dibuat dengan lima variasi persen doping ZnO yaitu 0; 3; 5; 7; dan 10% yaitu 0; 0,12; 0,2; 0,28 dan 0,4 gram secara berturut turut terhadap bahan dasar TiO₂. Bahan sampel digerus hingga homogen, kalsinasi dilakukan pada suhu 450°C selama 4 jam, bahan digerus kembali agar butir-butir bahan menjadi halus.

2.2.2 Degradasi Metilen Biru dengan Fotokatalis TiO₂ terdoping ZnO (Kusumawardani et al., 2020)

Katalis TiO₂ *doped* ZnO sebanyak 0,5 gram dimasukkan dalam 50 ml larutan metilen biru dengan konsentrasi 30 ppm. Metilen biru dalam wadah yang sudah dilengkapi pengaduk magnet diletakan diatas *hotplate* dengan disinari sumber cahaya lampu *ultraviolet*, visibel dan sinar matahari. Penurunan jumlah metilen biru diamati pada 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105 menit. Absorbansi setiap larutan diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada λ max 650-700 nm. Persiapan standar metilen biru dilakukan di konsentrasi 0; 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 mg / L masing -masing dilarutkan dalam 100 mL aquades.

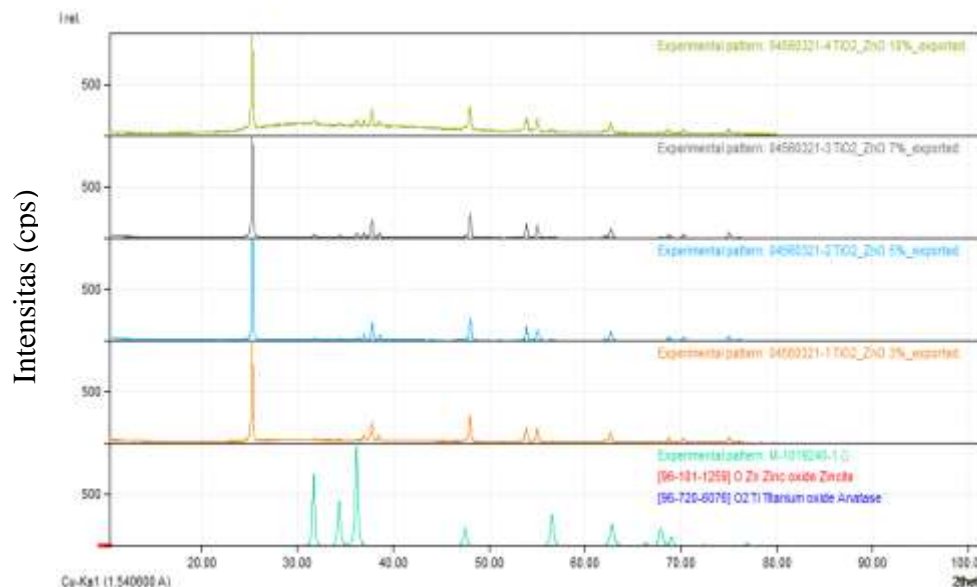
Aktivitas fotokatalitik dihitung menggunakan Persamaan. (1), di mana % D adalah persentase terdegradasi, Co adalah konsentrasi metilen biru sebelum iradiasi *ultraviolet*, *visible* maupun sinar matahari, dan Ct adalah konsentrasi setelah iradiasi *ultraviolet*, *visible* maupun cahaya tampak atau sinar matahari (t-menit).

$$\%D = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik kristal TiO₂-ZnO

Analisis kristal TiO₂-ZnO dilakukan untuk menentukan kristanilitas terbaik dan ukuran kristal terkecil. Berdasarkan hasil analisis diperoleh data nilai 2 θ , dan FWHM dari data tersebut dihitung ukuran kristalnya dengan persamaan *Debye Scherrer*.



Gambar 1. Pola difraksi TiO₂-ZnO 3%, TiO₂-ZnO 5%, TiO₂-ZnO 7%, dan TiO₂-ZnO 10%

Gambar 1 menunjukkan pola difraksi dari fotokatalis TiO₂-ZnO (ZnO 3%, 5%, 7% dan 10%). Difraktogram data XRD menunjukkan puncak utama pada 2θ sekitar 25° yang menjadi ciri khas dari senyawa TiO₂ anatase. Pada 2θ = 25° terlihat puncak TiO₂ yang sangat tajam. Puncak ini merupakan puncak khas TiO₂ anatase *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) No.21-1272.

Puncak kecil yang muncul pada sudut 2θ (31,7) menunjukkan adanya kandungan ZnO pada sampel TiO₂ - ZnO (10%) sesuai dengan pola standar XRD ZnO yaitu JCPDS No.36-1451. Material tersebut juga menunjukkan adanya struktur kristal ZnO *wurtzite* dengan bentuk hexagonal. Hal ini diperkuat dengan adanya efek doping membuat terjadinya perubahan baik posisi maupun intensitas puncak yang diikuti dengan perubahan *Full Width Half at Maximum* FWHM. Adanya pergeseran sudut 2θ menunjukkan keberhasilan dari proses pendopingan TiO₂ - ZnO seperti Tabel 1.

Tabel 1. Data pergeseran 2θ (°)

2θ (°)	TiO ₂	ZnO-TiO ₂ 3%	ZnO-TiO ₂ 5%	ZnO-TiO ₂ 7%	ZnO-TiO ₂ 10%	ZnO
25,37		25,267	25,320	25,291	25,274	-
36,94		36,917	36,288	36,236	31,758	32,0710
37,87		37,755	36,957	36,937	36,220	34,4670
38,66		38,536	37,810	37,779	36,944	36,5340
48,04		47,991	38,577	38,554	37,765	47,7910
54,00		53,848	48,035	48,012	38,538	57,1680
55,06		55,017	53,890	53,866	48,00	63,1020
62,67		62,641	55,054	55,034	53,853	68,4930
70,49		70,234	62,678	62,659	55,021	69,7770

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa telah terjadi pergeseran 2θ pada nilai 37, 38, 48, 54, 55, 62 dan 70° terlihat pada konsentrasi 5, 7 dan 10%, untuk konsentrasi 3% hanya terjadi beberapa pergeseran saja yaitu pada 48 dan 54°, hal ini karena konsentrasi ZnO yang sedikit. Semakin besar jumlah doping ZnO yang diberikan, nilai 2θ mengalami pergeseran yang menandakan bahwa proses pendopingan telah terjadi. Proses *doping* logam pada katalis dapat menimbulkan pergeseran 2θ apabila dibandingkan dengan standar, sehingga dapat dipastikan *doping* logam telah berhasil dilakukan. Namun masih terdapat puncak 36,9° pada 10%, yang merupakan puncak untuk ZnO. Hal ini menunjukkan bahwa masih adanya fase ZnO yang terbentuk, dan tidak semua ZnO terdoping dengan baik pada TiO₂.

Hal ini diduga karena suhu kalsinasi yang digunakan pada sintesis belum optimum untuk menghasilkan material doping TiO₂-ZnO.

Perubahan ukuran kristal menandai suatu perubahan kualitas kristal akibat pendopingan. Penambahan *doping* ZnO pada TiO₂ menyebabkan perubahan konstanta kisi kristal dan mengakibatkan adanya *interfacial layer*, cacat kisi serta kekosongan atom yang dapat mempengaruhi kualitas kristal. Sehingga dapat diketahui bahwa telah terjadi penggantian beberapa atom Ti oleh Zn yang menyebabkan terjadinya perbedaan kisi kristal dari TiO₂-ZnO.

Tabel 2. Parameter kisi TiO₂-ZnO

parameter	TiO ₂	ZnO 3%	ZnO 5%	ZnO 7%	ZnO 10%
Kristal	tetragonal	tetragonal	Tetragonal	tetragonal	Tetragonal
Grup ruang	I 41/a m d	I 41/a m d	I 41/a m d	I 41/a m d	I 41/a m d
a Å	3,782435	3,7850	3,7710	3,7850	3,7850
c Å	9,508143	9,5196	9,4300	9,5140	9,5140

Tabel 2 menunjukkan bahwa TiO₂ yang didoping dengan ZnO pada konsentrasi dopan 3; 5; 7; dan 10 % memiliki grup ruang I41/amd menunjukkan bahwa penambahan dopan ZnO pada konsentrasi tersebut tidak merubah grup ruang dari TiO₂. Struktur kristal tetragonal yang menunjukkan bahwa TiO₂ memiliki fasa anatas berdasarkan parameter sumbu a dan b berada pada sumbu sekitar 3,77-3,78 amstrong dengan c pada sumbu 9.43-9.51 amstrong. Hal ini sesuai dengan standar TiO₂ anatas memiliki grup ruang I41/amd dan kisi kristal tetragonal dengan parameter a = b = 3,785 amstrong, c = 9,513 dan $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ (JCPDS) No.21-1272. Penambahan 3% memberikan perpanjangan sumbu a=b 3,785 amstrong dan sumbu c 9,519 amstrong sedangkan pada penambahan berlebih menjadikan perpendekan terhadap sumbu. Doping ZnO untuk semua konsentrasi tidak merubah parameter kisi a dari TiO₂ secara signifikan. Perubahan yang signifikan terjadi pada kisi c konsentrasi 5%. Hasil ini menunjukkan bahwa ZnO dengan konsentrasi 5% menyebabkan perpendekan sumbu c dari TiO₂.

Penambahan dopan ZnO tidak mengakibatkan perubahan struktur anatase ke rutil. Hal ini dapat ditentukan dari pencocokan pola difraksi hasil analisis XRD dengan pola difraksi terhitung atau *data base* (Rahmawati et al., 2012). Kesesuaian data hasil analisis XRD dengan *data base* dapat dilihat pada nilai residu profil (Rp). Penambahan ZnO dapat meningkatkan nilai Rp karena pendopingan merupakan suatu proses penambahan pengotor (*impurities*) kedalam sebagian kecil kisi kristal. Berdasarkan hasil pengukuran pada TiO₂-ZnO 10% memiliki nilai Rp yang lebih besar yaitu 13,1%. Hasil sintesis dengan kristalinitas terbaik terjadi pada TiO₂-ZnO 3% dengan grafik difraktogram yang baik dan nilai Rp yang terkecil dibanding sampel TiO₂-ZnO yang lain yaitu sebesar 11,5%.

Selain data kualitatif yang didapat dari pengukuran menggunakan instrumentasi XRD, dapat pula dihitung data semikuantitatif berupa ukuran kristal. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan *Debye Scherer* dengan nilai FWHM sehingga masing-masing ukuran kristal sampel ini dapat diketahui. Berikut merupakan ukuran kristal dari sampel-sampel TiO₂-ZnO (0, 3, 5, 7, dan 10%) pada Tabel 3.

Tabel 3. Ukuran kristal TiO₂ dengan variasi dopan ZnO

Sampel	Ukuran (nm)	Rp
TiO ₂	53.21	
TiO ₂ /ZnO 3%	27.78	11,5%
TiO ₂ /ZnO 5%	27.85	11,8%
TiO ₂ /ZnO 7%	29.86	12,0%
TiO ₂ /ZnO 10%	31.58	13,1%

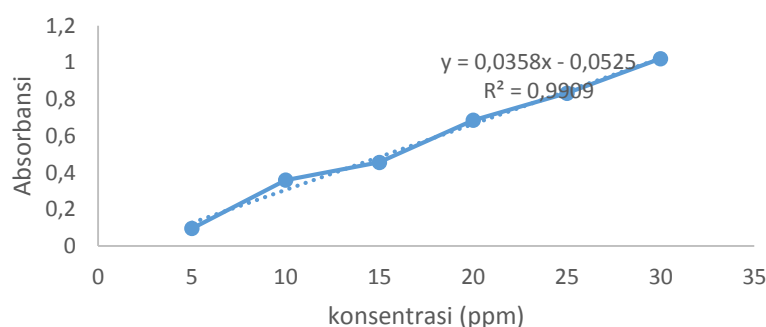
Pada Table 3 dapat diketahui bahwa penambahan dopan ZnO dapat mereduksi ukuran partikel TiO₂ dari 53.21 nm menjadi 27-31 nm. Ukuran kristal pada TiO₂-ZnO semakin besar seiring dengan kenaikan konsentrasi ZnO. Hal ini karena penambahan atom-atom Zn yang menggantikan sebagian kecil posisi atom Ti. Sehingga dari keseluruhan data dapat digaris bawahi jika spektrum menampilkan puncak-puncak yang tajam dan memiliki nilai Rp yang lebih tinggi dari TiO₂ juga menghasilkan ukuran

kristal yang lebih kecil dari TiO_2 maka diindikasikan bahwa proses pendopongan telah berhasil dilakukan dengan baik.

3.2 Panjang Gelombang Metilen Biru

Pada larutan zat warna metilen biru dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum dari panjang gelombang 600-700 nm dengan spektrofotometer UV-VIS. Hal ini dikarenakan warna komplementer biru untuk metilen biru ada pada rentang panjang gelombang tersebut dan larutan standar tersebut digunakan agar hasil yang diperoleh tidak terlalu besar dan terlalu kecil. Dari pengukuran yang dilakukan diperoleh data diketahui bahwa absorbansi maksimal terjadi pada panjang gelombang 650 nm. Panjang gelombang ini digunakan sebagai salah satu standar dalam pengukuran dengan spektrofotometer UV-VIS.

Konsentrasi suatu analit ditentukan dengan penentuan kurva kalibrasi, yaitu dengan membuat beberapa larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Deret larutan standar 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 ppm diukur nilai absorbansinya sebanyak dua kali pembacaan pada panjang gelombang 650 nm sehingga menghasilkan suatu persamaan regresi linear.

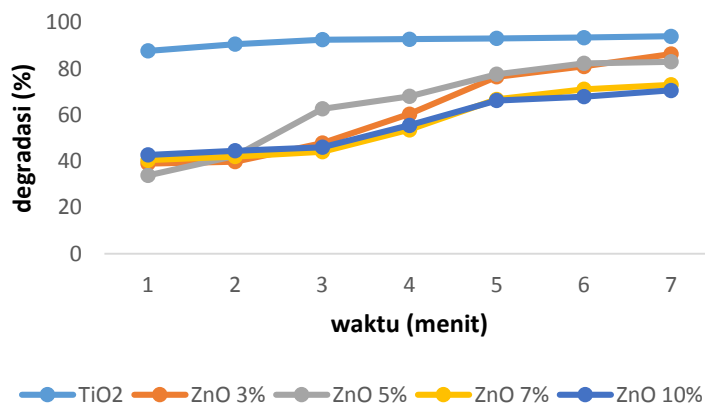


Gambar 2. Kurva Hubungan Absorbansi terhadap Konsentrasi

Kurva Kalibrasi standar metilen biru pada Gambar 2 menunjukkan hubungan absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi. Artinya semakin besar konsentrasi larutan standar maka semakin besar pula nilai absorbansinya. Persamaan regresi linear yang diperoleh yaitu, $y = 0,0358x - 0,0525$ dengan koefisien determinasi (R^2) adalah 0,9909. Hal ini menandakan nilai koefisien determinasi yang diperoleh baik karena mendekati nilai 1. Nilai koefisien determinasi menunjukkan kelayakan penggunaan grafik dalam pengujian.

3.3 Aktivitas Fotokatalis TiO_2 -ZnO

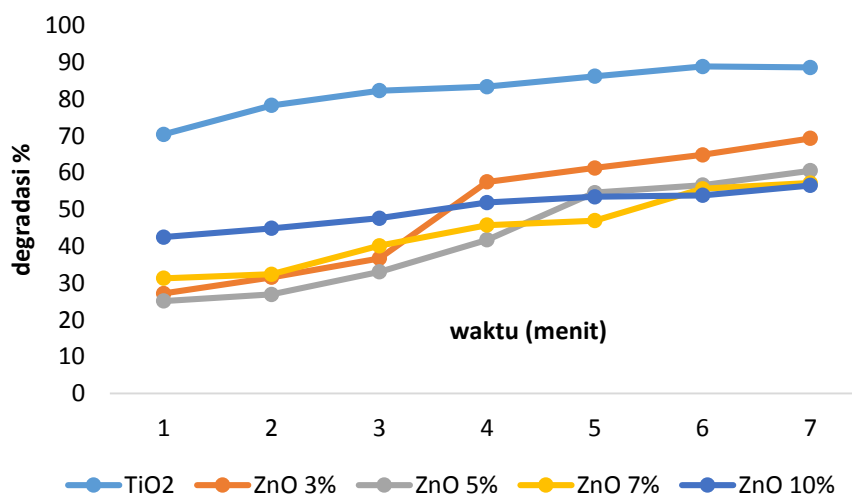
Reaksi fotodegradasi memerlukan empat komponen utama yang penting yaitu sumber cahaya, senyawa target, oksigen dan fotokatalis. Pada penelitian ini, sumber cahaya yang digunakan berupa lampu ultraviolet, visible dan matahari, senyawa target adalah larutan metil biru, oksigen bebas yang berfungsi untuk menangkap elektron dari fotokatalis berupa TiO_2 -ZnO.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi ZnO dan waktu terhadap degradasi metilen biru

Gambar 3 menunjukkan bahwa waktu kontak yang semakin lama mengakibatkan senyawa organik yang berada dalam sistem semakin berkurang. Waktu kontak yang terjadi berpengaruh karena semakin lama maka katalis makin banyak mengoksidasi metilen biru. Variasi pengambilan sampel dilakukan pada setiap 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105 menit untuk mengetahui perubahan metil biru yang terdegradasi. Selain waktu konsentrasi ZnO juga berpengaruh terhadap kemampuan fotokatalis untuk mendegradasi untuk variasi konsentrasi 0; 3; 5; 7; dan 10%. Penambahan berlebih ZnO menyebabkan turunnya persen degradasi terhadap metil biru

Katalis TiO₂-ZnO dengan konsentrasi 3% merupakan katalis yang paling optimal dalam mendegradasi metilen biru dengan pencahayaan sinar ultraviolet dalam waktu 105 menit dengan persentase 86,35%. Katalis TiO₂-ZnO konsentrasi 3% bekerja secara optimum dengan adanya energi foton dari sinar ultraviolet yang menyebabkan eksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi pada fotokatalis TiO₂-ZnO untuk menghasilkan ·OH.

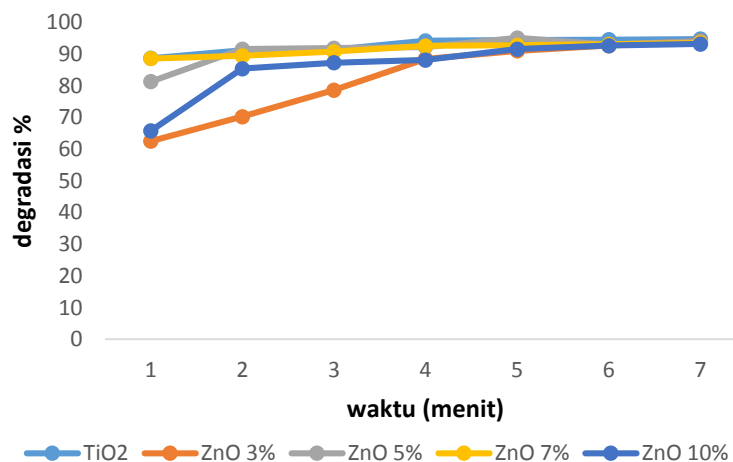


Gambar 4. Pengaruh konsentrasi ZnO dan waktu terhadap degradasi metilen biru

Gambar 4 menunjukkan bahwa degradasi yang dihasilkan sinar *visibel* oleh larutan metilen biru relatif kecil dibandingkan dengan sinar ultraviolet. Hal ini kemungkinan penambahan dopan ZnO pada TiO₂ tidak merubah energi *band gap* dari TiO₂ 3,2 eV yang berarti lamda maksimum 387 nm yang berada di daerah ultraviolet sehingga untuk sinar visibel energi untuk mengeksitasi kurang kuat atau tidak memiliki aktivitas fotokatalitik.

TiO₂ merupakan material semikonduktor yang aktif pada sinar UV sehingga penambahan dopan ZnO diharapkan agar terjadi pergeseran kearah visible sehingga adanya logam Zn diharapkan mampu meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya. El-Bahy et al., (2008) mengungkapkan bahwa penambahan doping ZnO dilakukan dengan tujuan meningkatkan kinerja katalis, dengan memperpendek jarak *band*

gap antara pita valensi dan pita konduksi. Hasil menunjukkan bahwa penambahan doping ZnO pada katalis tidak berpengaruh signifikan terhadap proses fotodegradasi pada sinar visibel.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi ZnO dan waktu terhadap degradasi metilen biru

Waktu dan konsentrasi ZnO juga sangat berpengaruh pada degradasi metilen biru dengan sinar matahari. Semakin lama waktu penyinaran maka persen degradasi semakin besar sedangkan semakin banyak konsentrasi ZnO akan mengurangi kemampuan fotokatalis untuk mendegradasi. Gambar 5 memperlihatkan bahwa penyinaran sinar matahari menghasilkan persen degradasi yang paling besar, yakni sebesar 94,7%. Menunjukkan bahwa energi foton dari sinar matahari mampu menyebabkan fotokatalis menghasilkan radikal-radikal $\cdot\text{OH}$ lebih banyak dibandingkan energi foton dari sinar ultraviolet dan visibel. Hal ini dikarenakan intensitas sinar matahari memiliki intensitas dan panjang gelombang antara (310-2300 nm) yang lebih besar daripada panjang gelombang sinar UV (200-380 nm) (Yaakob et al., 2012). Selain itu, sinar matahari merupakan gabungan antara kurang lebih 45% sinar tampak dan kurang lebih 3% sinar ultraviolet sehingga sinar matahari memiliki energi yang relatif besar dan mampu memberikan banyak energi foton pada fotokatalis (Mitoraj, 2009).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian adalah

1. Sintesis TiO₂ dengan doping ZnO menghasilkan kristalinitas yang baik dengan fasa anatase untuk TiO₂ dan hexagonal untuk ZnO serta ukuran kristal dalam skala nanometer.
2. Hasil degradasi fotokatalis menunjukkan bahwa katalis TiO₂-ZnO tidak mempengaruhi peningkatan aktifitas fotokatalis dalam sinar matahari dibandingkan TiO₂ dengan persen degradasi sebesar 94,73% dan matahari 94,08%.

REFERENSI

- Al-kdasi, A. and Idris, A. (2005). Treatment Of Textile Wastewater By Advanced Oxidation Processes. *A Review*. 6(3): 222–230.
- Basthoh, E. L., Elvaswer, H. (2013). Karakterisasi ZnO didoping TiO₂ untuk detektor LPG. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*. 5(1): 1979–4657.
- Bernardi, M. I. B., Lee E. J. H. N., Lisboa-Filhoa P., Leite E. R., Longo E, Varela J. A. (2001). TiO₂ Thin Film Growth Using the MOCVD Method. *TiO₂ Thin Film Growth Using the MOCVD Method*, 4(3): 223–227.

Journal of Chemistry and Chemistry Education in Muslim Society (JOCCEMS)

Choi, J., Park, H. and Hoffmann, M. R. (2010). Combinatorial Doping of TiO₂ with Platinum (Pt), Chromium (Cr), Vanadium (V), and Nickel (Ni) to Achieve Enhanced Photocatalytic Activity with Visible Light Irradiation." *Journal of Materials Research*, 25(1): 149–58.

El-Bahy ZM, Ismail AA, M. R. (2008). Enhancement of Titania by Doping Rare Earth for Photodegradation of Organic Dye (Direct Blue). *Journal of Hazardous Materials*. 166: 138–43.

Firdaus, C. M., Rizam M. S. B., Rusop, M., Hidayah, S. R. (2012). Characterization of ZnO and ZnO : TiO₂ Thin Films Prepared by Sol-Gel Spray-Spin Coating Technique. *Procedia Engineering*. 41(Iris): 1367–73.

Idayati, E. (2008). Perbandingan Hasil Sintesis Oksida Perovskit La_{1-x}Sr_xCoO_{3-δ} dari Tiga Variasi Metode. Surabaya : Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Institut Teknologi.

Kathiraven, T., Sundaramanickam, S., Balasubramanian. (2015). Green synthesis of silver nanoparticles using marine algae *Caulerpa racemosa* and their antibacterial activity against some human pathogens. *Applied Nanoscience*. 5(4): 499-504.

Kusumawardani, L. J., Syahputri, Y. and Iryani, A. (2020). Photocatalytic Degradation of Paraquat Dichloride using TiO₂-Fe Nano Powder under Visible and Sunlight Irradiation. *Jurnal Kimia Valensi*. 6(1): 55-61.

Mitoraj, D. (2009). Origin Of Visible Light Activity In Urea Modified Titanium Dioxide. *Friedrich-alexander-universitat erlangen-nurnberg. polen*.

Putra KP and Priyono (2015). Kajian Sifat Struktur Kristal pada Bahan Barium Heksaferit yang ditambah Variasi Fe₂O₃ menggunakan Analisa Rietveld. *Youngster Physics Journal*, 4(2), 165-172.

Rahmawati, S., Didik, P. dan Ratna, E. (2012). Sintesis Partikel Nano CaO dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasinya. Prosiding Tugas Akhir Semester Genap. Jurusan Kimia FMIPA ITS Surabaya

Rinaldi, N., Nashiruddin, I., Dwiatmoko, A. A., Saridewi, N. (2020). Modification of Photocatalyst Ti-Pillared Clay by Zn Metal Addition for Decolorization Process of Organic Liquid Waste. *Earth and Environmental Science* (483): 1–10.

Saridewi, N., Syaputro, Heri T., Aziz, Isalmi., Dasumiati, Dasumiati Kumila, Biaunik N. (2021). Synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using pumpkin seed extract (*Cucurbita moschata*) by the sol-gel method. *4Th International Seminar on Chemistry*. 2349: 020010.

Tian, J. Wang, J., Dai, J., Wang, X., Yin, Y. (2009). N-Doped TiO₂/ZnO Composite Powder and Its Photocatalytic Performance for Degradation of Methyl Orange. *Surface and Coatings Technology* 204(5): 723–730.

Usman, M. R. (2015) . *Pengaruh Variasi Pelarut Basa terhadap Struktur dan Ukuran Kristal Titanium Dioksida (TiO₂) Hasil Sintesis Menggunakan Metode Hidrotermal*. Bandung: Universitas Padjadjaran.

Wu, J. C. S. and Chen, C. H. (2004). A visible-light response vanadium-doped titania nanocatalyst by sol-gel method. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 163(3): 509–515.