

GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL ZnO SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK MENDEGRADASI METILEN BIRU
GREEN SYNTHESIS OF ZnO NANOPARTICLES AS A PHOTOCATALYST TO DEGRADE METHYLENE BLUE

Sri Wulan¹, Dr. Abrar, S.Si., M.Sc², Dr. Eng. Indra Wahyudin Fathonah, S.Si., M.Si.³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, ³ Universitas Telkom

¹sriwulan211010@gmail.com²abrarselah@gmail.com

³indrafathonah@gmail.com

Abstrak

Nanopartikel ZnO telah berhasil disintesis dengan kalsinasi suhu 600°C, 700°C, dan 800°C. Sintesis nanopartikel ZnO menggunakan metode sol gel dengan memanfaatkan ekstrak kulit buah semangka merah dan kuning sebagai pengkelat. Hasil sintesis nanopartikel ZnO kemudian dikarakterisasi sifat kristal menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) dan karakterisasi morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil sintesis nanopartikel ZnO memiliki struktur kristal berbentuk *wurtzite* dan rata-rata ukuran kristal dari sampel ZnO yang disintesis menggunakan metode sol gel dan memanfaatkan ekstrak kulit buah semangka merah sebagai pengkelat dengan kalsinasi suhu 700°C (m700) dan 800°C (m800) masing-masing sebesar 59,29 nm dan 39,16 nm. Nanopartikel ZnO yang dihasilkan memiliki bentuk morfologi *hexagonal*. Nanopartikel ZnO digunakan sebagai fotokatalis untuk degradasi Metilen Biru (MB) dengan menggunakan tiga variasi yaitu variasi konsentrasi MB, lama waktu penyinaran sinar UV, dan massa nanopartikel ZnO. Perubahan tiga variasi tersebut dapat mempengaruhi hasil degradasi yang dihasilkan. MB terdegradasi paling tinggi sebesar 65,45% menggunakan sampel m800, konsentrasi larutan MB 12 ppm dan penyinaran menggunakan sinar UV selama 240 menit.

Kata kunci : nanopartikel ZnO, fotokatalis, metode sol gel, degradasi MB

Abstract

ZnO nanoparticles has been successfully synthesized using calcination by temperatures of 600°C, 700°C, and 800°C. Synthesis of ZnO nanoparticles using sol gel method by utilizing the red and yellow watermelon peels extract as chelating agent. The result of ZnO nanoparticles crystallin properties were characterized using X-ray Diffraction (XRD) and morphological characterization using Scanning Electron Microscopy (SEM). The result of ZnO nanoparticles using red watermelon peels by 700°C (m700) and 800°C (m800) calcination temperature shows wurtzite crystal structure with average size 59,29 nm and 39,16 nm. The result of ZnO nanoparticles shows hexagonal shapes morphology. ZnO nanoparticles were used as photocatalysts for the degradation of Methylene Blue (MB) using three variation such as variation of MB concentration, the length of UV irradiation time and mass of ZnO nanoparticles. The changes of these three variations can affect the result of degradation. MB highest degradation value by 65,45% by sample of m800 using 12 ppm concentration of MB solution and irradiation using UV light for 240 minutes.

Keywords: ZnO nanoparticles, photocatalyst, sol gel method, degradation of MB

1. Pendahuluan

Kebutuhan yang sangat penting untuk makhluk hidup salah satunya adalah air bersih. Namun seiring berjalannya waktu kualitas air bersih di Indonesia mulai menurun, salah satunya dari pencemaran limbah cair di industri tekstil [1]. Limbah cair yang sering ditemukan yaitu zat pewarna cair Metilen Biru (MB). MB yang dibuang ke sungai memiliki konsentrasi 20-30 mg/L [2]. Oleh karena itu, diperlukan tahap pengolahan limbah MB yang tepat. Metode yang ramah lingkungan dan biaya rendah yang digunakan pada pengolahan limbah MB yaitu fotodegradasi dengan bahan fotokatalis berukuran nanometer [3]. Degradasi MB membutuhkan bantuan sinar UV untuk meningkatkan fotodegradasi MB dengan memanfaatkan logam oksida bersifat semikonduktor sebagai fotokatalis [4].

Material semikonduktor yang sering digunakan sebagai fotokatalis yaitu *Zinc oxide* (ZnO). ZnO merupakan material yang memiliki energi celah pita (*band gap energy*) sebesar 3,37 eV dan energi eksitasi tinggi yaitu 60 meV [5]. Sintesis nanopartikel ZnO pada penelitian ini menggunakan metode sol gel karena memiliki homogenitas yang baik [6]. Selain itu metode sol gel dapat berlangsung pada temperatur yang relatif rendah dan menghasilkan nanopartikel dengan kemurnian yang tinggi [7]. Metode sol gel memerlukan pengkelat untuk mengontrol pertumbuhan partikel dan mencegah terjadinya aglomerasi (penggumpalan) nanopartikel yang dihasilkan [1, 8].

Penelitian tentang sintesis nanopartikel telah banyak dilakukan. Hasnidawani, dkk (2016) telah melakukan penelitian sintesis nanopartikel ZnO dengan menggunakan metode sol gel. Untuk mensintesis nanopartikel ZnO digunakan Zinc Acetate Dehydrate ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sebagai prekursor dan sebagai pelarut menggunakan etanol (CH_2COOH), untuk media menggunakan air suling dan Natrium Hidroksida (NaOH). Penelitian tersebut berhasil mensintesis nanopartikel ZnO dengan metode sol gel dalam rentang ukuran 81,28 nm sampai 84,98 nm [9]. Simranjit Singh, dkk (2017) telah melakukan penelitian sintesis ZnO untuk aplikasi fotokatalitik dan optoelektronik yang unggul dengan menggunakan pengkelat alami kulit buah semangka. Karakterisasi dari penelitian menghasilkan bentuk partikel seperti tabung dan bunga dengan rentang panjang 100-200 nm dan lebar 80-130 nm [10]. Penelitian terbaru tentang sintesis nanopartikel ZnO telah dilakukan menggunakan metode sol gel dengan memanfaatkan kulit buah semangka sebagai pengkelat. Pada penelitian tersebut mendapatkan hasil nanopartikel ZnO dengan ukuran > 100 nm [11]. Namun, penelitian tersebut tidak melakukan optimasi suhu saat proses kalsinasi.

Sintesis nanopartikel ZnO menggunakan metode sol gel membutuhkan optimasi suhu saat proses kalsinasi. Karena, suhu berpengaruh terhadap ukuran material nanopartikel yang akan dihasilkan. Oleh sebab itu, penelitian selanjutnya akan melakukan optimasi suhu saat proses kalsinasi. Suhu yang digunakan pada proses kalsinasi memiliki rentang antara 600°C - 800°C , dikarenakan menurut hasil studi pada rentang suhu tersebut nanopartikel ZnO akan dihasilkan [12]. Diharapkan dengan melakukan optimasi suhu akan menemukan suhu yang tepat untuk menghasilkan ukuran nanopartikel < 100 nm.

2. Dasar Teori

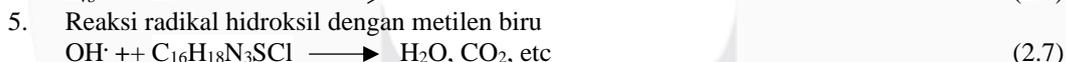
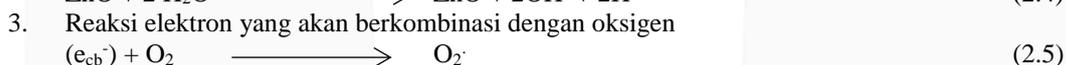
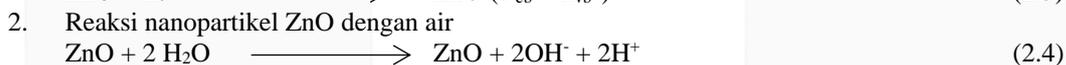
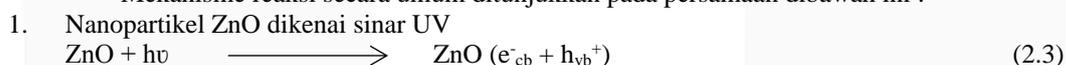
2.1 Metode Sol-gel

Metode sol gel merupakan suatu metode yang dapat menghasilkan material berukuran nanometer. Metode ini dapat berlangsung pada suhu rendah [13]. Dalam proses ini terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair kontinyu (gel) [6]. Metode ini dipilih karena prosesnya sederhana, memiliki kemampuan untuk mengontrol ukuran partikel, dan morfologi melalui pemantauan parameter reaksi yang sistematis. Selain itu, metode ini membutuhkan *reagen* (zat atau senyawa yang dicampurkan pada sistem) sederhana, nanopartikel yang dihasilkan kemurniannya tinggi dan bersifat homogen [7, 1].

2.2 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan suatu bahan yang dapat mempercepat laju reaksi dengan bantuan cahaya. Secara umum proses fotokatalis yang terjadi akan menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi redoks dengan senyawa organik (polutan) [1]. Fotokatalis biasanya menggunakan suatu bahan logam oksida yang mempunyai sifat semikonduktor [4]. Material semikonduktor yang sering digunakan yaitu *Zinc oxide* (ZnO) [14].

Mekanisme reaksi secara umum ditunjukkan pada persamaan dibawah ini :



dimana :

$h\nu$: sinar UV (ultra violet)

h_{vb}^+ : *hole positif* pada pita valensi

e_{cb}^- : *elektron negatif* pada pita konduksi

O_2^- : Superoksida radikal

$\text{OH} \cdot$: Radikal hidroksil.

3. Metode Penelitian

3.1 Proses Sintesis Nanopartikel ZnO

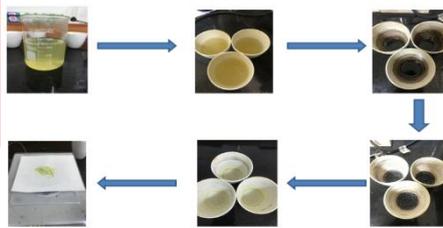
3.1.1 Pembuatan Ekstrak Kulit buah semangka

Pembuatan ekstrak kulit buah semangka, tahap pertama menyiapkan kulit buah semangka yang sudah matang kemudian dicuci dan dibilas menggunakan aquades. Setelah itu, semangka dipotong dan dipisahkan kulit dan dagingnya, lalu dipotong kecil-kecil dan ditimbang dengan massa 100 gram. Setelah ditimbang, kulit buah semangka diblender sampai halus untuk dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan ditambahkan 400 ml aquades agar menjadi larutan. Ekstrak yang menjadi larutan dipanaskan pada suhu 80°C selama 10 menit dan diaduk menggunakan *hot plate magnetic stirrer*. Kemudian didinginkan dengan suhu ruang dan disaring dengan kertas Whatman No. 1. Hasil ekstrak yang didapat pada proses akhir yaitu warna hijau terang.

3.1.2 Sintesis Nanopartikel ZnO

Proses sintesis nanopartikel ZnO menggunakan pengkelat ekstrak kulit buah semangka merah dan kuning. Sintesis nanopartikel ZnO dilakukan dalam beberapa tahap seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. Pertama, mempersiapkan serbuk ZnO dan ditimbang sebanyak 20 gr. Setelah itu, menyiapkan *beaker glass* untuk melarutkan serbuk ZnO. Serbuk ZnO dan 100 ml larutan HCL dicampurkan ke dalam *beaker glass*, lalu dipanaskan pada suhu 90°C dengan *hot plate magnetic stirrer* dan diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 5 menit. Kemudian, ekstrak kulit buah semangka sebanyak 210 ml dicampurkan dengan larutan tersebut dipanaskan kembali dengan suhu 90°C dan diaduk hingga homogen.

Larutan yang telah homogen dipindahkan pada cawan keramik dan dimasukkan ke dalam *furnace* bersuhu 100°C selama 3 jam, 200°C selama 5 jam dan 400°C selama 2,5 jam hingga larutan berubah menjadi gel [15]. Gel yang dihasilkan selanjutnya dikalsinasi pada suhu tinggi (500°C selama 5 jam). Kalsinasi pada penelitian menggunakan suhu yang berbeda-beda yaitu 500°C, 600°C, 700°C dan 900°C. Sample yang akan dikalsinasi pada suhu 600°C, 700°C dan 800°C juga sama selama 5 jam [12].



Gambar 3.1 Proses Sintesis Nanopartikel ZnO.

3.2 Karakterisasi Nanopartikel ZnO

Nanopartikel ZnO dikarakterisasi sifat kristal dan bentuk morfologi menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Karakterisasi dengan *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui sifat kristal dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui bentuk permukaan dari nanopartikel ZnO.

3.3 Aplikasi Nanopartikel ZnO Sebagai Pendegradasi Methylene Blue (MB)

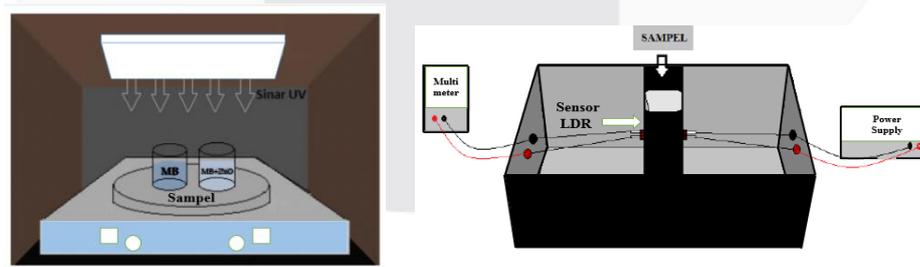
3.3.1 Membuat Larutan Methylene Blue (MB)

Pembuatan larutan MB menggunakan konsentrasi 10, 12, dan 15 ppm. Proses selanjutnya yaitu dengan menyiapkan serbuk MB, masing-masing serbuk ditimbang dengan massa 5, 6, dan 7,5 mg. Pembuatan larutan MB dengan konsentrasi 10 ppm dibutuhkan 5 mg serbuk MB, untuk konsentrasi 12 ppm dibutuhkan 6 mg serbuk MB dan konsentrasi 15 ppm dibutuhkan 7,5 mg serbuk MB. Masing-masing pembuatan larutan MB yaitu dengan mencampurkan 500 ml aquades pada *beaker glass* yang berbeda dan diaduk hingga larutan homogen.

3.3.2 Aplikasi Nanopartikel ZnO sebagai Fotokatalis

Nanopartikel ZnO berperan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi larutan MB yang diasumsikan limbah cair. Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil degradasi MB yaitu konsentrasi MB, lama waktu penyinaran sinar UV dan jumlah nanopartikel ZnO. Penelitian ini menggunakan tiga konsentrasi MB yang berbeda yaitu 8, 10, dan 15 ppm. Degradasi MB membutuhkan 20 ml larutan MB, kemudian dimasukkan kedalam dua *beaker glass*. Salah satu *beaker glass* berisi larutan MB yang ditambahkan dengan 100 mg nanopartikel ZnO. Langkah berikutnya, kedua *beaker glass* dimasukkan ke dalam kotak hitam untuk penyinaran sinar UV seperti terlihat pada Gambar 3.2 (a). Ketika penyinaran berlangsung, *beaker glass* yang berisi campuran larutan MB dan nanopartikel ZnO diaduk menggunakan *hot plate magnetic stirrer* agar tidak terjadi pengendapan.

Setelah proses penyinaran berakhir, *beaker glass* yang berisi campuran larutan MB dan nanopartikel ZnO dimasukkan ke dalam alat *centrifuge*. Sampel didalam alat *centrifuge* selama 40 menit dengan kecepatan 3000 rpm agar nanopartikel ZnO tidak mengendap. Setelah itu, ambil kedua larutan dan masukkan ke dalam *cuvette* untuk diukur nilai resistansinya. Nilai resistansi yang diukur merepresentasikan degradasi dari larutan MB. Degradasi akan berhasil jika nilai resistansi larutan MB yang dicampurkan dengan nanopartikel ZnO mendekati nilai resistansi sampel air jernih. Pengukuran menggunakan alat seperti Gambar 3.3 (b) dibawah ini.

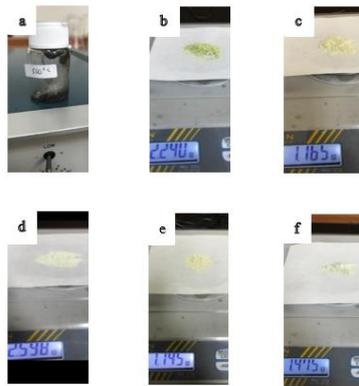


Gambar 3.3. (a) Proses penyinaran dengan sinar UV dan (b) Alat pengukur nilai resistansi [11]

4. Pembahasan dan Analisis

4.1 Hasil Sintesis Nanopartikel ZnO

Hasil sintesis nanopartikel ZnO dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah. Hasil yang didapat memiliki massa yang berbeda-beda. Hasil sintesis dengan menggunakan ekstrak kulit buah semangka merah yang dikalsinasi suhu 500°C dapat dilihat pada Gambar 4.1 (a) masih berbentuk gel dan masih mengandung karbon, sehingga kalsinasi pada suhu 500°C tidak dapat digunakan untuk sintesis nanopartikel ZnO. Hasil sintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak kulit buah semangka merah sebagai pengkelat yang dikalsinasi suhu 600°C (m600) sebanyak 2,24 gram seperti Gambar 4.1 (b), sintesis nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak kulit buah semangka merah yang dikalsinasi suhu 700°C (m700) sebanyak 1,17 gram pada gambar 4.1 (c), sintesis menggunakan ekstrak kulit buah semangka merah sebagai pengkelat yang dikalsinasi suhu 800°C (m800) sebanyak 2,60 gram pada Gambar 4.1 (d), sintesis nanopartikel ZnO dengan memanfaatkan ekstrak kulit buah semangka kuning sebagai pengkelat yang dikalsinasi suhu 700°C (k700) sebanyak 1,15 gram pada Gambar 4.1 (e), dan sintesis nanopartikel ZnO dengan memanfaatkan ekstrak kulit buah semangka kuning sebagai pengkelat yang dikalsinasi suhu 800°C (k800) sebanyak 1,48 gram pada Gambar 4.1 (f). Dapat disimpulkan bahwa sintesis nanopartikel ZnO dengan menggunakan ekstrak kulit buah semangka sebagai pengkelat dapat menghasilkan sampel berbentuk serbuk pada kalsinasi suhu 600°C. Pada Gambar 4.1 dibawah dapat dilihat hasil dari seluruh sampel memiliki massa yang berbeda karena adanya proses pelarutan dan pemindahan sampel dari cawan, diyakini bahwa ada sampel yang masih tertinggal pada cawan.

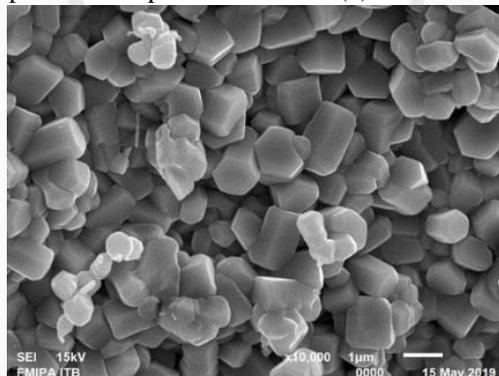


Gambar 4.1 Hasil sinttisis nanopartikel ZnO

4.2 Karakterisasi Nanopartikel ZnO

4.2.1 Karakterisai morfologi dengan SEM

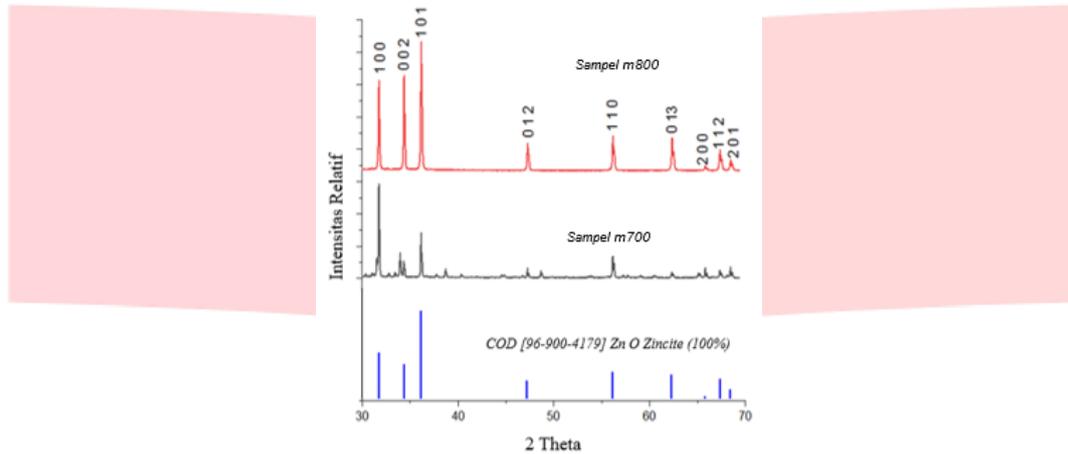
Sampel yang dikarakterisasi bentuk morfologinya yaitu sampel m800. Nanopartikel ZnO yang dihasilkan dapat diketahui ukurannya menggunakan aplikasi *ImageJ*. Aplikasi ini mengukur rata-rata ukuran nanopartikel ZnO dengan cara menyesuaikan skala yang didapatkan pada karakterisasi SEM. Setelah itu, diameter pada sampel diukur sesuai dengan skala yang telah diatur. Ukuran partikel nanopartikel ZnO dapat dilihat pada Gambar 4.2 (a) dibawah ini. Ukuran nanopartikel yang didapatkan dari pengukuran tersebut memiliki rentang ukuran sebesar 208 - 1007 nm. Ukuran nanopartikel yang diperoleh masih terlalu besar karena melebihi 100 nm. Hal tersebut diperkirakan karena adanya penggumpalan (aglomerasi). Nanopartikel ZnO yang hasilkan menunjukkan bentuk hexagonal seperti terlihat pada Gambar 4.2 (b) dibawah.



Gambar 4.2 (a) Ukuran nanopartikel ZnO (b) Hasil perbesaran 10000 kali menggunakan SEM.

4.2.2 Karakterisasi Sifat Kristal dengan XRD

Karakterisasi sifat kristal dilakukan di Laboratorium Hidrogeologi ITB. Hasil karakterisasi kristal diolah menggunakan aplikasi *XRD MATCH!* dengan referensi *data base COD [96-900-4179] Zn O Zincite (100%)*. Bentuk kristal yang didapatkan berbentuk wurzite, karena bentuk kristal tersebut yang mudah dibentuk atau paling stabil pada suhu rendah [16]. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah bahwa sampel m700 memiliki puncak yang tidak sesuai dengan puncak utama ZnO, diyakini bahwa puncak tersebut sebagai pengotor dan muncul saat proses sintesis.



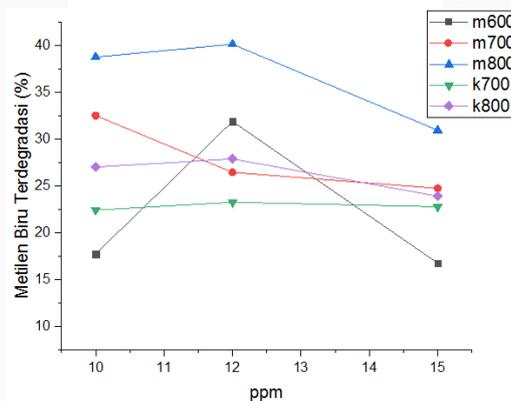
Gambar 4.3 Hasil karakteri struktur kristal sampel m700°C dan m800°C.

4.3 Aplikasi Sifat Fotokatalitik Nanopartikel ZnO

Aplikasi nanopartikel ZnO menggunakan tiga variasi yaitu konsentrasi MB, lama waktu penyinaran menggunakan sinar UV dan massa nanopartikel ZnO.

4.3.1 Aplikasi Nanopartikel ZnO untuk degradasi Metilen Biru dengan Variasi Konsentrasi Metilen Biru.

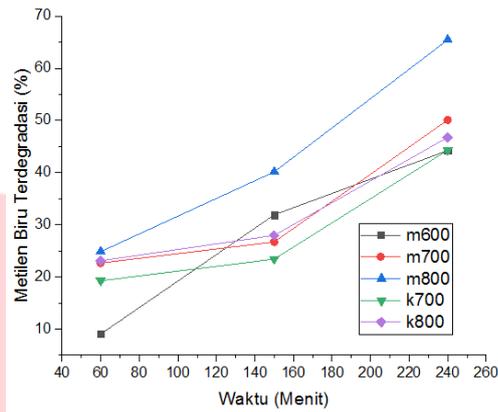
Pengambilan data pertama yaitu dengan menggunakan variasi konsentrasi Metilen Biru (MB). Konsentrasi MB yang digunakan yaitu 10 ppm, 12 ppm dan 15 ppm dengan massa nanopartikel ZnO sebanyak 100 mg dan lama penyinaran menggunakan sinar UV 150 menit. Gambar 4.5 menunjukkan hasil dari pengambilan data dengan variasi konsentrasi MB. Data yang didapatkan pada Gambar 4.5 menunjukkan konsentrasi MB 12 ppm dalam waktu 150 menit dan sampel m800 mampu mendegradasi paling tinggi.



Gambar 4.1 Hasil pengambilan data antara konsentrasi MB dan MB terdegradasi.

4.3.1 Aplikasi Nanopartikel ZnO untuk Degradasi Metilen Biru dengan Variasi Lama Waktu Penyinaran.

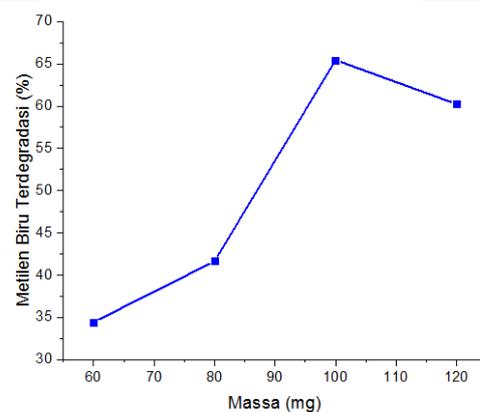
Aplikasi nanopartikel ZnO variasi lama waktu penyinaran sinar UV mendapatkan hasil degradasi paling tinggi yaitu 60,45% pada sampel m800 konsentrasi MB 12 dan lama waktu penyinaran sinar UV selama 240 menit. ppm. Dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah bahwa semakin lama waktu penyinaran yang dilakukan maka MB yang terdegradasi semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu penyinaran maka elektron yang tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi semakin banyak dan akan meningkatkan pembentukan hidroksil. Hidroksil berperan untuk mengikat MB. Apabila hidroksil yang terbentuk meningkat maka MB yang terikat akan semakin banyak sehingga degradasi dapat meningkat seiring dengan lamanya waktu penyinaran menggunakan sinar UV.



Gambar 4.5 Hasil pengambilan data antara lama waktu penyinaran dan MB terdegradasi.

4.3.3 Aplikasi Nanopartikel ZnO untuk Degradasi Metilen Biru dengan Variasi massa.

Hasil degradasi paling tinggi pada pengambilan data lama waktu penyinaran menggunakan sinar UV pada sampel m800 dan penyinaran selama 240 menit menunjukkan degradasi MB paling tinggi maka dilakukan pengambilan data dengan variasi massa untuk degradasi MB. Massa yang digunakan yaitu 60 mg, 80 mg, 100 mg dan 120 mg. Dari empat variasi massa yang digunakan, 100 mg merupakan massa yang kerjanya paling optimal untuk degradasi MB, seperti terlihat pada Gambar 4.7. Massa dapat mempengaruhi penguraian MB, apabila massa yang digunakan terlalu sedikit dari larutan MB maka nanopartikel yang digunakan tidak cukup untuk mengikat MB secara optimal. Apabila nanopartikel ZnO yang digunakan terlalu banyak dibanding larutan MB maka nanopartikel ZnO dapat menutupi permukaan sehingga tidak dapat mengikat MB dengan optimal. Seperti Gambar 4.7 dibawah, hasil pengambilan data menunjukkan peningkatan degradasi MB dari massa 60-100 mg, namun pada massa 120 mg degradasi MB menurun karena pada massa tersebut sudah mulai adanya titik jenuh. Hasil pengambilan data dari variasi massa dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil pengambilan data MB Terdegradasi dengan variasi massa nanopartikel ZnO.

Pengambilan data menggunakan tiga variasi yaitu konsentrasi MB, lama waktu penyinaran menggunakan sinar UV dan massa nanopartikel ZnO telah dilakukan. Sampel m800 merupakan sampel yang dapat mendegradasi MB paling tinggi. Karena sampel ini memiliki ukuran kristal lebih kecil dan kristalin yang didapatkan lebih murni dibandingkan sampel m700.

Pada pengambilan data dengan tiga variasi diatas, sampel m700 dan m800 dapat mendegradasi MB lebih tinggi dibandingkan sampel k700 dan k800. Diperkirakan hal tersebut dipengaruhi jumlah kandungan flavanoid dan polifenol yang terkandung pada sampel. Dari hasil uji kandungan tersebut, sampel m700 dan m800 memiliki kandungan polifenol lebih tinggi yaitu 150,56 ppm. Sedangkan sampel k700 dan k800 memiliki kandungan polifenol sebesar 130,32 ppm. Sehingga sampel m700 dan m800 dapat mendegradasi MB lebih tinggi karena kandungan polifenol yang terkandung lebih tinggi.

5. Kesimpulan

Nanopartikel ZnO telah berhasil disintesis dengan suhu kalsinasi 600°C, 700°C, dan 800°C. Sintesis nanopartikel ZnO menggunakan metode sol gel dengan memanfaatkan ekstrak kulit buah semangka merah dan kuning sebagai pengkelat. Pengkelat yang digunakan untuk sintesis memiliki konsentrasi sebesar 18.58%. Suhu

berpengaruh pada nanopartikel ZnO yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka warna nanopartikel ZnO yang dihasilkan semakin mendekati warna serbuk ZnO yaitu putih.

Hasil karakterisasi sifat kristal menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dari sampel m700 dan m800 memiliki rentang ukuran kristal sebesar 30,42 - 111,60 nm dan memiliki struktur kristal berbentuk wurzite. Ukuran rata-rata kristal pada sampel m700 yaitu sebesar 59,29 nm sedangkan sampel m800 sebesar 39,16 nm. Hasil karakterisasi morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) didapatkan bentuk nanopartikel ZnO yaitu hexagonal. Ukuran partikel yang dihasilkan sebesar 208 - 1007 nm. Sampel nanopartikel ZnO telah berhasil digunakan sebagai fotokatalis. Sampel m800 berhasil mendegradasi warna Metilen Biru 12 ppm dari yang pekat menjadi lebih cerah. Hasil degradasi Metilen Biru sebesar 65,45%.

Daftar Pustaka

- [1] T. N. Sucahya, N. Permatasari and A. B. D. Nandiyanto, "Review : Fotokatalis untuk Pengolahan Limbah Cair," *Integrasi Proses*, vol. 6, pp. 1-15, Juli 2016.
- [2] Y. D. Lestari, S. Wardhani and M. M. Khunur, "Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO₂-N/Zeolit Dengan Sinar Matahari," vol. 1, pp. 592-598, 2015.
- [3] R. Suryavanshi, S. Mohite, A. Bagade, S. Shaikh, J. Thorat and K. Rajpure, "Nanocrystalline Immobilised ZnO Photocatalyst for Degradation of Benzoic Acid and Methyl Blue Dye," pp. 1-31, 2018.
- [4] D. G. Permata, N. P. Diantariani and I. A. G. Widihati, "Degradasi Fotokatalitik Fenol Menggunakan Fotokatalis ZnO dan Sinar UV," *Jurnal Kimia*, Juli 2016.
- [5] X. S. H. Z. X. Z. J. Z. Y. W. J. G. Y. Z. C. Z. a. J. T. G. Chen *, "Well-ordered vertically aligned ZnO/CdS core/shell nanowires with enhanced photocatalytic performance," pp. 1-5, 2016.
- [6] J. B. Pelawi, "Teknologi Sol Gel pada Pembuatan Nano Kristalin Metal Oksida untuk Aplikasi Sensor Gas," 2014.
- [7] D. T. Arya, R. and D. G. Syarif, "Sintesis Nanopartikel Zirkonium Dioksida (ZrO₂) dengan Metode Sol Gel Menggunakan Ekstrak Nanas sebagai Pengkelat untuk Aplikasi Nanofluida Pendingin," *PILLAR OF PHYSICS*, vol. 8, pp. 1-8, Oktober 2016.
- [8] A. Hardian, A. A. Ramadhiany, D. G. Syarif and S. Budiman, "Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₂O₃ dengan Memanfaatkan Biomaterial Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) sebagai Agen Pengkelat untuk Aplikasi Nanofluida," *Penelitian Kimia*, vol. 13, no. 2, pp. 133-146, September 2017.
- [9] J. Hasnidawani, H. Azlina, H. Norita, N. Bonnia, S. Ratim and E. Ali, "Synthesis of ZnO Nanostructures Using Sol-Gel Method," *Procedia Chemistry*, pp. 211-216, 2016.
- [10] S. Singh, M. Joshi, P. Panthari, B. Malhotra, A. Kharkwal and H. Kharkwal, "Citruilline rich structurally stable zinc oxide nanostructures for superior photo catalytic and optoelectronic applications: A green synthesis approach," *Nano-Structures & Nano-Objects*, pp. 1 - 6, 2017.
- [11] D. W. Sari, "Eco-Friendly Sintesis dan Studi Fotokatalitik Nanopartikel ZnO Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Semangka sebagai Pengkelat," pp. 1-8, 2018.
- [12] S. S. Kumar, P. Venkateswarlu, V. R. Rao and G. N. Rao, "Synthesis, Characterization and Optical Properties of Zinc Oxide Nanoparticles," *International Nano Letters*, pp. 1-6, 2013.
- [13] S. SEPTIARINI, "Pelapisan Apatit pada Baja Tahan Karat Lokal dan Ternitridasi dengan Metode Sol-Gel," *SCIENTIFIC REPOSITORY*, 2009.
- [14] D. A. Wismayanti, N. P. Diantariani and S. R. Santi, "Pembuatan Komposit ZnO-Arang Aktif sebagai Fotokatalis untuk Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru," *Jurnal Kimia*, pp. 109-116, Januari 2015.
- [15] F. M. Prasetyawati, "Green Synthesis dan Studi Fotokatalitik Nanostuktur ZnO dengan Buah Nanas sebagai Pengkelat," pp. 1-55, 2018.
- [16] R. A. Azeti, I. Sugihartono, V. Fauzia and M. Manawan, "Sintesis Nanorods Seng Oksida (ZnO) di Atas Substrat Silikon (111) Menggunakan Metode Hidrotermal," pp. 262-271.
- [17] D. S. W. a. SaefulYusuf, "Sintesis Komposit Fe₃O₄-SiO₂-TiO₂ dan Aplikasinya untuk

Mendegradasi Limbah Zat Warna Methylene Blue," pp. 1-6, 2014.

- [18] F. Thema, E. Manikandan, M. Dhlamini and M. Maaza, "Green Synthesis of ZnO Nanoparticles Via Agathosma Betulina Natural Extract," *Elsevier*, pp. 1-12, 2015.

