

Sintesis Grafena Oksida (GO) dan GO/ZnO sebagai Fotokatalis untuk Mendekolorisasi Larutan Metilena Biru

EKA FEBRIANTI¹, SANDI MUHAMAD ARIFIN¹, ARIEF IYUSTIANA¹, EKO PRABOWO HADISANTOSO¹,
DAN SONI SETIADJI^{1*}

¹Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati, Jl. A.H. Nasution No. 105,
Cibiru, Bandung, Jawa Barat 40614

*alamat email korespondensi: s.setiadji@uinsgd.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
Kata Kunci: grafena oksida; komposit GO/ZnO; modifikasi Hummer's; Fotokatalis; metilena biru.	Grafena oksida (GO) dapat diaplikasikan sebagai bahan fotokatalis karena kemampuannya dalam mendekolorisasi beberapa jenis zat pewarna organik seperti metilena biru. Pada penelitian ini, GO disintesis dari grafit menggunakan prosedur modifikasi Hummer's. Sampel GO yang dihasilkan kemudian dikompositkan dengan larutan $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 0,1 M melalui metode kopresipitasi dengan menambahkan larutan NH_4OH untuk mengendapkan sampel komposit GO/ZnO. pH endapan GO/ZnO dinetralkan kemudian dikeringkan pada suhu 70°C selama 8 jam. Sampel GO dan GO/ZnO dikarakterisasi menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD), <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) dan <i>Fourier Transform - Infra Red Spectroscopy</i> (FT-IR). Hasil XRD menunjukkan bahwa sampel GO dan komposisinya telah terbentuk. Namun GO yang dihasilkan masih belum murni. GO dan GO/ZnO lalu diaplikasikan sebagai fotokatalis dalam mendekolorisasi larutan metilena biru (MB) dengan penyinaran cahaya tampak dan sinar matahari. Kondisi optimum fotokatalitik sampel GO, GO/ZnO dan ZnO dapat mendekolorisasi larutan metilena biru 10 ppm dengan sinar cahaya tampak secara berturut-turut sebesar 98.15%, 97.76%, dan 90.92%, sedangkan dengan sinar matahari sebesar 99.16%, 98.35%, dan 99.01% selama 180 menit penyinaran dengan massa fotokatalis 0,05 gram.
<i>Keywords:</i> grapheneoxide; GO/ZnO composite; Hummer's modification; photocatalyst; methylene blue.	<i>The ability of graphene oxide (GO) to decolorize several types of organic dyes, including methylene blue, makes it a useful photocatalyst material. This study synthesized GO from graphite using a modified Hummer's procedure. The resulting GO sample was then composited with a 0.1 M $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ solution through a coprecipitation method by adding NH_4OH solution to precipitate the GO/ZnO composite sample. The pH of the GO/ZnO precipitate was neutralized and then dried at 70 °C for 8 hours. The GO and GO/ZnO samples were characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM) and Fourier Transform - Infra Red Spectroscopy (FT-IR). The XRD results demonstrated the formation of the GO and composite samples. However, the resulting GO was still not pure. GO and GO/ZnO were then applied as photocatalysts in a decolorizing methylene blue (MB) solution with visible light and sunlight irradiation. The optimum photocatalytic conditions of GO, GO/ZnO, and ZnO samples can decolorize 10 ppm methylene blue solution with visible light rays by 98.15%, 97.76%, and 90.92%, respectively, while with sunlight it is 99.16%, 98.35%, and 99.01% for 180 minutes of irradiation with a photocatalyst mass of 0.05 grams.</i>

PENDAHULUAN

Grafena dan komposisinya dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Mereka dapat digunakan sebagai fotokatalis, biosensor, baterai, dan superkapasitor. Hingga saat ini, banyak penelitian telah dilakukan tentang bahan karbon sejenis

Grafena Oksida (GO), yang merupakan salah satu bahan dasar dalam teknologi bahan karbon modern karena memiliki banyak sifat yang menarik, seperti mekanik, listrik, termal, dan optik, yang dapat diperoleh melalui teknik pemrosesan kimia yang sederhana [1]. Studi sebelumnya menemukan bahwa GO memiliki aplikasi yang menarik sebagai bahan fotokatalis

dalam mendegradasi zat pewarna organik [2]. Metode modifikasi Hummer's digunakan untuk menyintesis GO dari grafit[3-5].

Menurut penelitian, ZnO dan GO dapat dikompositkan untuk mendegradasi zat pewarna organik [6-24]. Komposit GO/ZnO meningkatkan pemisahan pasangan elektron pada permukaan ZnO dan meningkatkan kemampuan kontinyu energi cahaya dalam rentang cahaya tampak karena struktur π -terkonjugasi memiliki pergerakan elektronik yang tinggi. Selain itu, GO/ZnO memiliki efisiensi tinggi karena luas permukaan yang besar [25]. Hidrotermal, sol-gel, dan ko-presipitasi adalah beberapa teknik yang dapat digunakan untuk sintesis komposit GO/ZnO [26].

EKSPERIMEN

Material

Grafit, H₂SO₄ 98% teknis, KMnO₄ teknis, akuades, H₂O₂ 30% teknis, HCl teknis, metilena biru (Merck), NaOH teknis, Zn(NO₃)₂.6H₂O teknis, NH₄OH teknis dan etanol teknis.

Instrumentasi

Instrument yang digunakan adalah *X-ray diffraction* (XRD) PAN alytical X'Pert PRO, *Fourier transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) Alyi TP650S, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) Hitachi SU-3500, lampu merkuri PHILIPS ML 500W (E40) 220-230V, 3300K, 13.000 lm.

Prosedur

Sintesis grafena oksida

Sintesis grafena oksida dari serbuk grafik dilakukan melalui metode modifikasi Hummer's yang merujuk pada penelitian sebelumnya [4]. Serbuk grafit sebanyak 12 gram ditambahkan ke dalam gelas beaker yang berisi 280 mL larutan asam sulfat pekat (98%). Kemudian gelas beaker disimpan di dalam *ice-bath*, lalu dimasukkan 36 gram KMnO₄ secara perlahan dan diaduk selama 2 jam. Kemudian ditambahkan 600 mL akuades ke dalam gelas beaker dan diaduk selama 1 jam pada suhu 95°C [3].

Setelah proses oksidasi selesai, selanjutnya ditambahkan 2 L akuades dan diaduk. Lalu

ditambahkan 60 mL H₂O₂ 30% ke dalam suspensi. Kemudian suspensi disaring menggunakan *buchner* dan dicuci menggunakan larutan HCl : akuades (1:10) sebanyak 1000 mL. Dilanjutkan dengan mencuci residu menggunakan akuades hingga pH mendekati netral [4,28].

Selanjutnya residu yang didapat dimasukkan ke dalam gelas beaker ditambahkan 140 ml akuades lalu diultrasonikasi selama 30 menit. Kemudian residu dipisahkan dari air dengan sentrifugasi pada 4000 rpm selama 10 menit. Selanjutnya residu GO dikeringkan dalam oven selama 20 jam pada suhu 70°C. Serbuk GO akan diperoleh dengan cara mengerik padatan dari cawan.

Sintesis komposit GO/ZnO

Pembuatan sintesis komposit GO/ZnO menggunakan metode ko-presipitasi. Sebanyak 0,25 gram GO ditambahkan ke dalam gelas beaker. Kemudian ditambahkan Zn(NO₃)₂.6H₂O 0.1 M dan ditambahkan 50 mL akuades dan dilakukan pengadukan hingga homogen, larutan ini diberi nama larutan A. Selanjutnya dibuat larutan B, dengan menambahkan NH₄OH 0,5 M kedalam air 100 mL dan diaduk hingga homogen. Larutan B ditambahkan kedalam larutan A sedikit demi sedikit hingga pH larutan A mencapai 10. Kemudian, larutan A disonikasi selama 30 menit. Endapan yang dihasilkan dibilas dengan air hingga pH netral. Kemudian, produk akhir yang didapatkan disaring menggunakan *buchner* dan dibilas dengan etanol sebanyak 3 kali. Lalu, sampel komposit dikeringkan menggunakan oven 70°C selama 8 jam [27].

Karakterisasi GO dan GO/ZnO

Grafena oksida (GO) dan kompositnya GO/ZnO dilakukan menggunakan XRD untuk menentukan fasa dan kristalinitas yang terbentuk, SEM untuk mengidentifikasi morfologi sampel dan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada sampel.

Aplikasi Fotokatalis

0,005 gram GO dimasukkan kedalam gelas beaker berisi 10 mL metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm. Lalu disinari menggunakan

lampu merkuri selama 180 menit. GO dipisahkan dari larutan MB melalui sentrifugasi pada 4000 rpm selama 10 menit. Setelah itu, larutan MB diambil untuk diuji absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm. Perlakuan yang sama dilakukan pada variasi massa sebesar 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; dan 0,05 gram. Variasi waktu penyinaran dilakukan selama 60, 90, 120, 150, dan 180 menit. Konsentrasi metilena biru divariasikan sebesar 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm. Perlakuan dan variasi yang sama dialukan pada komposit GO/ZnO.

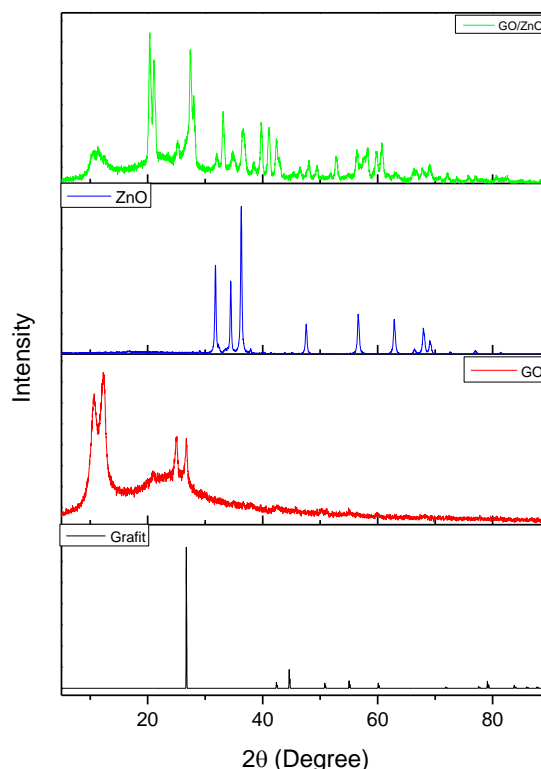
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi GO dan GO/ZnO

Pada **Gambar 1** dapat dilihat bahwa grafit telah berubah menjadi GO. Grafit memiliki pita tertinggi pada $2\theta = 26,58^\circ$ dengan d-spacing 3,35 Å. Apabila grafit teroksidasi seluruhnya menjadi GO maka puncak tersebut akan hilang dan muncul puncak baru pada $2\theta = 10,662^\circ$ - $12,41^\circ$ dengan d-spacing 8,31 Å. Berdasarkan penelitian yang telah dilaporkan oleh Johansen et al [28] grafit memiliki puncak pada sudut 2θ sebesar $26,58^\circ$ dengan d-spacing 3,35 Å. GO memiliki puncak 2θ antara 10 - 12° dan rGO memiliki puncak antara 24 - 28° [29].

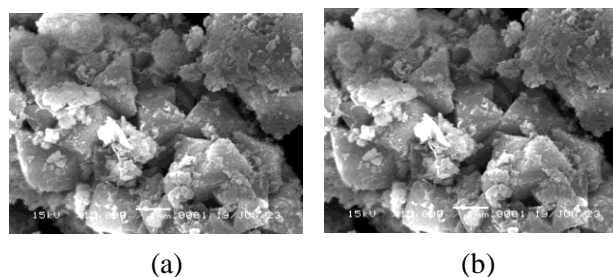
Dengan d-spacing GO yang lebih lebar dari pada grafit, dapat menunjukkan adanya gugus-gugus fungsi oksigen dalam GO yang teridentifikasi pada puncak tersebut. Gugus-gugus fungsi tersebut tidak hanya memperlebar jarak antar layer, tetapi juga membuat lapisan atom hidrofilik [4].

Pada **Gambar 1** dapat dilihat pada sampel GO terdeteksi puncak-puncak serapan GO [28]. Akantetapi pada sampel GO terdapat juga puncak-puncak serapan grafit yang menandakan bahwa pada hasil sintesis GO masih terdapat grafit. Hal ini dapat terjadi karena waktu oksidasi pada suhu 95°C kurang lama sehingga menyebabkan grafit tidak berubah seluruhnya menjadi GO.



Gambar 1 Hasil Difaktogram GO dan GO/ZnO.

Nilai kristalinitas yang diperoleh pada sampel GO lebih kecil dibandingkan terhadap komposit GO/ZnO secara berurutan sebesar 69,84% dan 77,19%. Kenaikan nilai kristalinitas pada GO/ZnO disebabkan sifat kristal yang dimiliki ZnO lebih baik dibandingkan dengan GO.

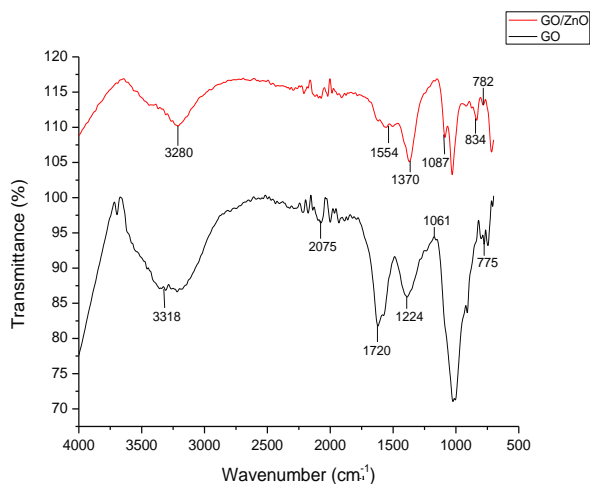


Gambar 2 Morfologi GO dan GO/ZnO.

Pada **Gambar 1** tertera puncak-puncak serapan pada komposit GO/ZnO. Puncak pertama muncul pada $2\theta = 11,57^\circ$ yang mendeteksi GO, kemudian diikuti dengan puncak-puncak lainnya pada $2\theta = 31,9; 34,7; 37,4; 48,0; 56,3; 63,2; 66,6;$ dan $69,1^\circ$ yang menunjukkan puncak-puncak serapan ZnO pada sampel komposit [27].

Morfologi dari sampel GO dan GO/ZnO diperlihatkan pada **Gambar 2** dengan perbesaran

15.000 kali. Pada gambar tersebut dapat diamati bentuk morfologi GO. Pada **Gambar 2(a)** menunjukkan morfologi flake dengan distribusi area flake yang beragam. Pada **Gambar 2(b)** nampak kristal ZnO terdapat pada permukaan flake GO.



Gambar 3 Spektrum-IR GO dan GO/ZnO.

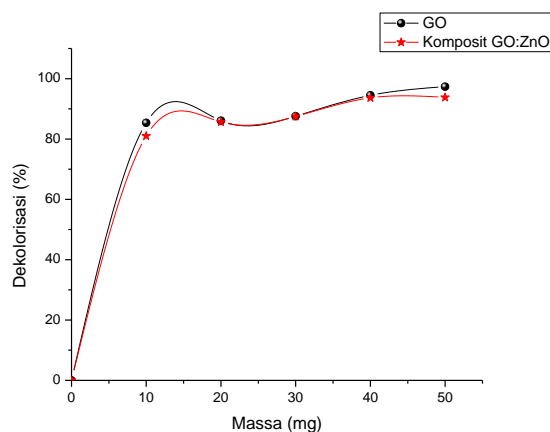
Berdasarkan **Gambar 3** menunjukkan hasil karakterisasi GO dan GO/ZnO menggunakan FTIR. Pada GO terdapat gugus-gugus fungsi pada 3318 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan O-H. Adanya pelebaran pita serapan yang dihasilkan pada sampel GO menunjukkan bahwa telah terjadi proses oksidasi grafit menjadi GO. Vibrasi pada 1720 cm^{-1} merupakan ikatan C=O yang berkaitan dengan gugus karboksil yang terletak pada tepi lapisan GO. Selanjutnya, vibrasi pada 1224 cm^{-1} dan 1061 cm^{-1} berkaitan dengan keberadaan ikatan C-OH dan C-O. Terdapatnya ikatan C-OH pada 1224 cm^{-1} menandakan keberhasilan proses oksidasi grafit menjadi GO [3-4].

Komposit GO/ZnO pada **Gambar 3** menunjukkan vibrasi ikatan pada bilangan gelombang $3280, 1554, 1370$ dan 1087 cm^{-1} . Pola serapan komposit GO/ZnO menyerupai GO dan terlihat pergeseran bilangan gelombang, selain itu juga terdapat vibrasi ikatan Zn-OH pada bilangan gelombang 834 cm^{-1} [27].

Aplikasi Fotokatalis

Aplikasi fotokatalis sampel GO dan GO/ZnO terhadap larutan MB dilakukan dengan variasi massa, variasi waktu penyinaran, variasi konsentrasi larutan MB dan variasi sumber

cahaya, serta dilakukan pula uji fotokatalis dengan ZnO sebagai pembanding.

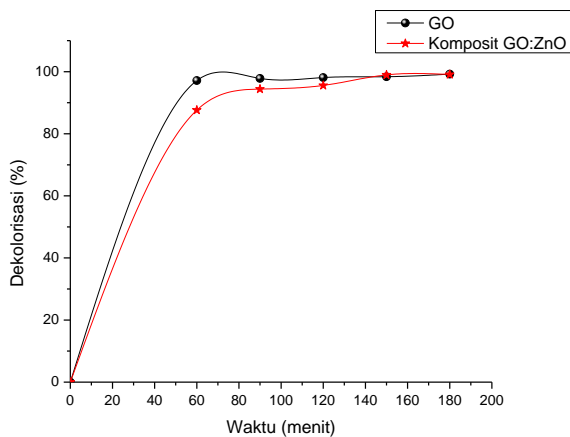


Gambar 4 Hasil fotokatalis variasi massa katalis.

Dari **Gambar 4** terlihat massa GO dan GO/ZnO yang digunakan berpengaruh terhadap persen dekolorisasi larutan metilena biru. Semakin besar massa GO dan GO/ZnO menghasilkan proses fotokatalisis yang lebih baik sehingga meningkatkan persen dekolorisasi. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya massa fotokatalis maka semakin banyak area serapan energi dari sumber cahaya. Sehingga radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) yang dihasilkan akan semakin banyak. Radikal ini yang akan memecah molekul metilena biru menjadi molekul yang lebih sederhana.

Pada variasi massa terlihat sampel dengan massa 50 mg merupakan massa optimum dengan hasil dekolorisasi MB 10 ppm selama 180 menit sebesar 97,36% pada GO dan 93,81% pada GO/ZnO. Karena dengan bertambahnya massa maka akan terjadi kejenuhan pada proses fotokatalisis yang menyebabkan degradasi MB menjadi terhambat. Pada massa 10 mg terjadi degradasi sebesar 85,38% pada GO dan pada GO/ZnO sebesar 81%. Dalam hal ini tidak terjadi peningkatan persen degradasi yang signifikan.

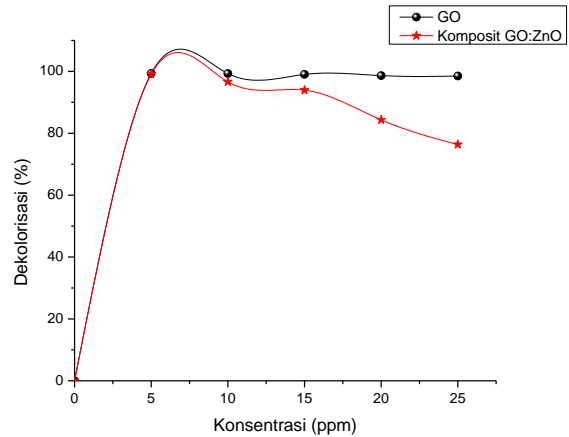
Berdasarkan **Gambar 5** semakin lama waktu penyinaran maka meningkatkan hasil persen dekolorisasi larutan MB. Hal ini terjadi karena banyaknya jumlah radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) yang terbentuk. Jumlah radikal hidroksil berperan dalam meningkatkan proses pemutusan ikatan pada senyawa metilen biru yang dapat menyebabkan turunnya intensitas zat warna metilen biru.



Gambar 5 Hasil fotokatalis variasi waktu penyinaran.

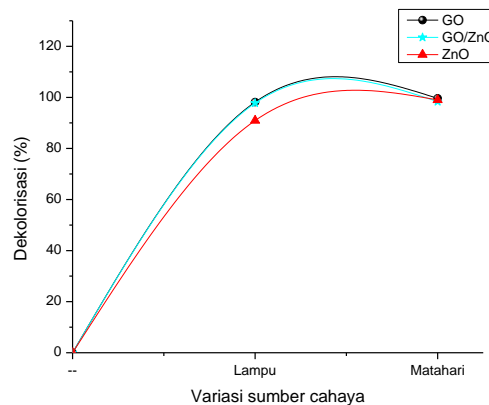
Selain itu, pada proses fotokatalitik ini, waktu penyinaran berpengaruh terhadap persen dekolorisasi zat warna metilen biru karena intensitas cahaya berbanding lurus dengan lama waktu yang diberikan, semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak intensitas cahaya yang dihasilkan. Maka pada proses ini lamanya intensitas cahaya yang diberikan maka energi yang dihasilkan akan terus menerus diberikan pada bahan fotokatalis untuk melakukan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Pada waktu 180 menit GO dapat mendekolorisasi larutan MB 10 ppm sebesar 99,23% dan GO/ZnO dapat mendekolorisasi larutan MB sebesar 99,1% yang menjadikan waktu penyinaran selama 180 menit sebagai waktu optimum dengan massa 50 mg.

Berdasarkan **Gambar 6**, kedua pola grafik dari persen dekolorisasi menunjukkan semakin rendahnya persen dekolorisasi seiring bertambahnya konsentrasi metilena biru. Hal ini menunjukkan semakin kecil konsentrasi metilena biru, maka semakin baik GO dan GO/ZnO dalam menurunkan intensitas zat warnanya. Semakin tinggi konsentrasi MB maka mengurangi persen dekolorisasi. Hal ini terjadi karena semakin tinggi konsentrasi maka jumlah molekul MB yang berada dalam air semakin banyak pula sehingga akan semakin sulit radiasi sinar tampak untuk berinteraksi dengan permukaan katalis yang menyebabkan pembentukan radikal hidroksil terhambat. Berbeda halnya dengan konsentrasi yang rendah karena kemampuan penetrasi sinar tampak akan semakin mudah terserap oleh fotokatalis sehingga menyebabkan proses fotokatalisis berlangsung secara maksimal.



Gambar 6 Hasil fotokatalis variasi konsentrasi MB.

Pada konsentrasi 5 ppm, hasil degradasi larutan MB pada GO sebesar 99,33% dan pada GO/ZnO sebesar 99,1%. Sedangkan pada konsentrasi 25 ppm, hasil degradasi larutan MB pada GO sebesar 98,5% dan pada GO/ZnO sebesar 76,37% dengan massa 50 mg dan lama penyinaran 180 menit.



Gambar 7 Hasil fotokatalis variasi sumber cahaya.

Sumber cahaya merupakan salah satu komponen penting untuk menurunkan intensitas warna larutan metilena biru dengan menggunakan metode fotokatalisis. Pada penelitian ini, variasi sumber cahaya yang digunakan, yaitu cahaya tampak dari sumber lampu merkuri dan cahaya matahari saat terik pada pukul 10.00–13.00 WIB. Selain menggunakan variasi sumber cahaya, digunakan juga ZnO sebagai pembanding terhadap GO dan komposit GO/ZnO. Pada pengujian ini, digunakan massa sebanyak 50 mg dengan waktu penyinaran selama 180 menit dan konsentrasi metilena biru yang digunakan sebesar

10 ppm. **Gambar 7** menunjukkan grafik pengaruh variasi sumber cahaya terhadap persen dekolorasi larutan metilena biru.

Sumber cahaya yang memberikan hasil optimum yaitu cahaya matahari. Persen dekolorasi metilena biru yang dihasilkan sebesar 99.61% pada GO, 98.35% pada komposit GO/ZnO dan 99.01% pada ZnO. Hal ini dikarenakan pada cahaya matahari terdapat tiga jenis sinar yaitu infra merah, ultraviolet dan cahaya tampak. Sehingga, energi yang diberikan lebih besar dibandingkan energi yang dihasilkan dari lampu merkuri.

SIMPULAN

Karakterisasi pada GO dan GO/ZnO dari hasil XRD menunjukkan sampel GO dan komposit GO/ZnO telah berhasil terbentuk dengan nilai kristalinitas sebesar 69.84% dan 77.19%. Namun pada sampel GO masih teridentifikasi puncak grafit. Gambar SEM menunjukkan morfologi GO berbentuk flake dan pada GO/ZnO terdapat ZnO yang berada pada permukaan komposit. Hasil FTIR menunjukkan gugus fungsi pada GO yaitu OH, C=O, C-O dan C-OH. Sedangkan pola serapan pada GO/ZnO menyerupai GO dan terjadi pergeseran bilangan gelombang, serta terdapat ikatan Zn-OH. Kondisi optimum fotokatalitik sampel GO, GO/ZnO dan ZnO dapat mendekolorasi larutan metilena biru 10 ppm dengan sinar cahaya tampak secara berturut-turut sebesar 98,15%, 97, 76% dan 90,92%, sedangkan dengan sinar matahari sebesar 99,16%, 98,35% dan 99,01% selama 180 menit penyinaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada staf laboratorium Kimia UIN Sunan Gunung Djati beserta seluruh Dosen dan staf jurusan Kimia UIN Sunan Gunung Djati dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] P.P. Brisebois and M. Sijaj, " Harvesting graphene oxide – years 1859 to 2019: a review of its structure, synthesis, properties and exfoliation," *Journal of Material Chemistry C*, vol. 8, p. 1517, 2020.
- [2] Al Kausar Mehdi and Chakraborty Dhruba, "Graphene oxide based semiconductor photocatalysts for degradation of organic dye in waste water: A review on fabrication, performance enhancement and challenges," *Inorganic Chemistry Communications*, vol. 129, p. 108630, 2021.
- [3] Chen. Ji, Yao. B, Li. C and Shi. G, "An improved hummers methods foe eco-friendly synthesis of grafena oksida," *Carbon*, vol. 64, pp. 225-229, 2013.
- [4] S Setiadji, et al., "Preparation of reduced Graphene Oxide (rGO) assisted by microwave irradiation and hydrothermal for reduction methods," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 434 (1), 012079, 2018.
- [5] A Hidayat, dkk., " Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (rGO) dari Arang Tempurung Kelapa (Cocos nucifera)," *al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan* 5 (2), 68-73, 2018.
- [6] E. Rokhsat and O. Akhavan, "Improving the photocatalytic activity of graphene oxide/ZnO nanorod films by UV irradiation," *Applied Surface Science*, vol. 371, pp. 590-595, 2016.
- [7] Soni Setiadji, dkk., "Alternatif Pembuatan Biodiesel Melalui Transesterifikasi Minyak Castor (*Ricinus communis*) Menggunakan Katalis Campuran Cangkang Telur Ayam dan Kaolin," *Kimia VALENSI* 3 (1), 1-10, 2017.
- [8] Soni Setiadji, et al., "Computational Study of Inclusion Complexes Between Omeprazole Enantiomer with Hydroxypropyl- β -Cyclodextrin," *Journal of Physics: Conference Series* 1090 (1), 012055, 2018.
- [9] Soni Setiadji, et al., "Synthesis of solid catalyst from egg shell waste and clay for biodiesel production," *IOP Conf. Series: Journal of Physics* 1013 (1), 012199, 2018.
- [10] Soni Setiadji, et al., "The increased use value of bamboo leaves as silica source for t-type zeolite synthesis," *MATEC Web of Conferences* 197, 05003, 2018.
- [11] Soni Setiadji, et al., "Synthesis of zeolite ZSM-11 using bamboo leaf as silica source," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 434 (1), 012084, 2018.

- [12] Citra Deliana Dewi Sundari, et al., "Synthesis of zeolite L using rice husk ash silica for adsorption of methylene blue: kinetic and adsorption isotherm," *MATEC Web of Conferences* 197, 05002, 2018.
- [13] S Setiadji, et al., "Synthesis of zeolite NaX using elephant grass (*Pennisetum purpureum*) as a silica source and its characterization," *Journal of Physics: Conference Series* 1402 (6), 066016, 2019.
- [14] S Setiadji, dkk., "Pemanfaatan Rumput Gajah Sebagai Sumber Silika Untuk Sintesis Zeolit T," *al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan* 4 (2), 51-60, 2017.
- [15] CDD Sundari, et al., "Synthesis of silicalite-1 zeolite using silica from elephant grass (*Pennisetum purpureum*)," *Journal of Physics: Conference Series* 1402 (5), 055064, 2019.
- [16] S Setiadji, et al., "Synthesis Of ZrO_2 Via Ultrasonic Assisted Precipitation Method For Photodegradation Of Methylene Blue," *Indonesian Journal of Industrial Research* 30 (1), 46-56, 2021.
- [17] S Sanusi, et al., "The study of structural properties and photocatalytic activity of ZnO prepared by ultrasonic assisted precipitation method," *Journal of Physics: Conference Series* 1869 (1), 012013, 2021.
- [18] EP Hadisantoso, et al., "Synthesis of ZnO/FA composite for methylene blue decolorization," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1098 (6), 062066, 2021.
- [19] E Asadah, dkk., "Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Sintesis Kadmium Sulfida (CdS) Menggunakan Metode Presipitasi untuk Penanganan Metilen Biru Secara Fotokatalisis," *Gunung Djati Conference Series* 7, 60-69, 2022.
- [20] CDD Sundari, et al., "Ag-ZSM-11 Zeolite Synthesis Using Silica from Elephant Grass for LED Application," *Walisongo Journal of Chemistry* 1 (2), 82-90, 2018.
- [21] F Shihab, dkk., "Sintesis dan karakterisasi Nanokomposit $ZnO/NiFe_2O_4$ dari limbah baterai menggunakan metode Solid State sebagai fotokatalis zat warna metilen biru," *Gunung Djati Conference Series* 15, 23-32, 2022.
- [22] Z Adzra, dkk., "Pengaruh Konsentrasi Prekursor, Konsentrasi Agen Pengendap, Kecepatan, dan Waktu Pengadukan pada Sintesis ZnO Nanopartikel dan Aplikasinya untuk Penanganan Metilen Biru secara Fotokatalisis," *Gunung Djati Conference Series* 7, 109-119, 2022.
- [23] AYU ANDINI, dkk., "Sintesis dan Karakterisasi ZnO dari Limbah Baterai dengan Templat Carboxymethyl Cellulose (CMC)," *Gunung Djati Conference Series* 34, 34-40, 2022.
- [24] S Setiadji, et al., "Synthesis of SnO_2 Using Hydrothermal Method and Its Application as Catalyst in Esterification of Oleic Acid," *Walisongo Journal of Chemistry* 4 (2), 90-96, 2021.
- [25] S. Alamdari, Ghamsari, Afarideh, Mohammadi, Geranmayeh, Trafeshi and Ehsani, "Preparation and characterization of GO-ZnO nanocomposite for UV detection application," *Optical Materials*, vol. 92, pp. 243-250, 2019.
- [26] Flores. K, CValdes, and Ramirez, "The effect of hybrid zinc oxide/grafena oxide (ZnO/GO) nano-catalysts on the photocatalytic degradation of simazine," *chemosphere*, vol. 259, 2020.
- [27] Neda mirikam, Alvaro Perez-Molina, and Morales.-Tores Sergio, "Photocatalytic performance of ZNO-GO composites towards the degradation of vanilic acid under solar radiation and visible-LED," *Nanomaterials*, vol. 11, p. 1567, 2021.
- [28] Ida Johansen, "Wet Chemicals Synthesis of Graphene for Battery Applications," Nanotechnology National University of Norwegia, 2014.
- [29] L.N. Azizah, dkk., "Pengaruh Variasi Kadar Zn dan Temperatur Hydrothermal Terhadap Struktur dan Nilai Konduktivitas Elektrik Material Graphene," *JURNAL TEKNIK POMITS*, vol. 3, no. 2, pp. 209-214, 2014.