

Pembuatan Grafena Oksida (GO) dan Komposit GO/ZnO dalam Mendekolorisasi Larutan Rhodamin B

SACHIYAH NUR CHASANAH¹, ARIEF IYUSTIANA¹, SANDI MUHAMAD ARIFIN¹, IRA RYSKI WAHYUNI¹,
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; Rhodamin B

Grafena oksida (GO) memiliki potensi yang sangat luas pada berbagai aplikasi dan salah satu aplikasinya dapat digunakan sebagai bahan fotokatalis. Dari studi sebelumnya, GO dan komposit GO dengan oksida logam dapat mendegradasi limbah cair zat pewarna organik yang dapat mencemari perairan. Salah satu zat pewarna yang dihasilkan dari aktivitas industri tekstil adalah Rhodamin B (RhB). Dalam penelitian ini telah dilakukan sintesis GO dari grafit menggunakan metode modifikasi *Hummer's*. Sedangkan komposit GO/ZnO dibuat melalui metode presipitasi menggunakan larutan NH_4OH yang dibantu oleh proses sonikasi dimana $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ digunakan sebagai prekursor untuk membuat komposit GO/ZnO. Endapan GO hasil presipitasi dinetralkan kemudian dipanaskan pada suhu 70 °C selama 20 jam untuk mendapatkan serbuk GO. Sedangkan serbuk GO/ZnO dihasilkan melalui pemanasan endapan komposit tersebut pada suhu 70 °C selama 8 jam. Hasil XRD sampel GO mengkonfirmasi bahwa GO yang terbentuk belum sempurna. Hasil FTIR mengkonfirmasi bahwa sampel GO memiliki gugus fungsi karboksil, karbonil, hidroksi dan epoksi. Pengujian proses fotokatalitik kedua sampel dilakukan terhadap RhB dengan konsentrasi 60 hingga 100 ppm melalui penyinaran sinar tampak dan sinar matahari. Massa fotokatalis divariasikan pada rentang 0,01 hingga 0,05 gram dan waktu penyinaran 1 hingga 5 jam. Hasil pengujian fotokatalitik sampel GO/ZnO menunjukkan persen dekolorisasi larutan RhB 60 ppm mencapai 66,27% dengan massa fotokatalis 0,05 gram selama 5 jam. Sedangkan sampel GO mendekolorisasi larutan RhB 60 ppm sebesar 99,97% dengan massa dan waktu penyinaran yang sama.

Keywords: graphene oxide; GO/ZnO composite; Hummer's modification; photocatalyst; Rhodamine B.

One of the many applications for graphene oxide (GO) is as a photocatalyst material. Previous studies have shown that GO and its composites with metal oxides are capable of handling liquid waste of organic dyes, which can potentially pollute waters. Rhodamine B (RhB) is one of the dyes produced by the textile industry. In this study, GO has been synthesised from graphite using Hummer's modification method. The GO/ZnO composite was made through the precipitation method using an NH_4OH solution, assisted by the sonication process, where $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ was used as a precursor to make the GO/ZnO composite. The GO precipitate from the precipitation was neutralised and then heated at 70 °C for 20 hours to obtain GO powder. We produced the GO/ZnO powder by heating the composite precipitate at 70 °C for 8 hours. The XRD results of the GO sample confirmed that the GO formed was not perfect. FTIR results confirmed that the GO sample has carboxyl, carbonyl, hydroxyl, and epoxy functional groups. The photocatalytic process testing of both samples was carried out on RhB with a concentration of 60 to 100 ppm through visible light and sunlight irradiation. The mass of the photocatalyst varied between 0.01 and 0.05 g, and the irradiation time was 1 to 5 hours. The GO/ZnO sample turned the 60 ppm RhB solution into a colourless liquid by 66.27% with a photocatalyst mass of 0.05 g and 5 hours of exposure. The GO sample, on the other hand, turned the 60 ppm RhB solution into a colourless liquid by 99.97% with the same mass and exposure time.

PENDAHULUAN

Kemajuan industri tekstil memberikan dampak positif dengan meningkatkan lapangan pekerjaan, juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan berupa limbah zat warna yang dihasilkan karena dapat mengurangi nilai estetika perairan serta mengganggu proses fotosintesis. Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh zat pewarna telah memberikan dampak memprihatinkan sehingga diperlukan penanganan yang serius untuk menangani masalah tersebut. Salah satu zat warna tekstil yang sering digunakan yaitu rhodamin B. Zat warna rhodamin B memiliki toksisitas yang cukup tinggi sehingga dapat merusak lingkungan perairan. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu cara untuk menangani limbah zat warna tersebut agar aman saat dibuang ke dalam sistem perairan [1].

Banyak penelitian yang dilakukan untuk menghilangkan polutan organik termasuk zat warna tekstil dengan metode ozonasi, klorinasi, biodegradasi, koagulasi, oksidasi kimia, adsorpsi, dan osmosis balik. Diantara metode tersebut, metode adsorpsi dianggap sebagai metode yang tepat untuk menghilangkan suatu polutan kimia berbahaya dan beracun yang larut di dalam air. Namun metode adsorpsi masih dirasa kurang efektif karena zat warna tekstil yang diadsorpsi masih dapat terakumulasi di dalam adsorben yang digunakan sehingga akan menimbulkan masalah baru kedepannya. Oleh karena itu perlu dikembangkan sebuah metode baru yang efektif, murah, mudah diaplikasikan yaitu metode fotodegradasi menggunakan bantuan cahaya dan bahan fotokatalis. Dengan metode fotodegradasi zat warna akan diuraikan menjadi komponen yang lebih sederhana dan aman bagi perairan seperti CO_2 dan H_2O . Bahan fotokatalis yang dapat digunakan diantaranya adalah ZnO , TiO_2 , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 dan SnO_2 . Bahan-bahan tersebut digunakan karena memiliki sifat semikonduktor dan memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi [2-23].

Seng oksida (ZnO) merupakan salah satu semikonduktor yang dapat dipergunakan dalam fotodegradasi dengan nilai *band gap* sebesar 3,17 eV. ZnO sebagai fotokatalis, mempunyai kemampuan adsorpsi yang rendah sehingga untuk mengatasi kekurangan tersebut fotokatalis ZnO dikombinasikan dengan suatu material adsorben seperti grafit oksida (GO). Karakteristik dari kombinasi ZnO dan GO membentuk komposit

yang memiliki sifat khusus. Baru-baru ini, banyak peneliti telah mengeksplorasi sintesis komposit GO dan ZnO yang dapat diaplikasikan sebagai fotokatalis [24-25]. Dalam penelitian ini, GO disintesis melalui metode modifikasi Hummer's dan komposit GO: ZnO disintesis menggunakan metode presipitasi dengan bantuan sonikasi.

EKSPERIMEN

Material

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah grafit, H_2SO_4 98%, KMnO_4 teknis, H_2O_2 30%, HCl teknis, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ teknis, NH_4OH teknis, etanol teknis, rhodamin B (merck) dan akuades.

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 (GO)

Sintesis grafena oksida dari serbuk grafit dilakukan melalui metode modifikasi *Hummer's* yang merujuk pada penelitian sebelumnya [3]. Serbuk grafit sebanyak 30 gram ditambahkan ke dalam gelas beaker yang berisi 700 mL larutan asam sulfat pekat (98%). Kemudian gelas beaker disimpan di dalam ice-bath, lalu dimasukkan 90 gram KMnO_4 secara perlahan dan diaduk selama 3 jam. Kemudian ditambahkan 1500 mL akuades ke dalam gelas beaker dan diaduk pada suhu 95°C [26] selama 2 jam.

Setelah proses oksidasi selesai, selanjutnya adalah ditambahkan 5 L akuades diaduk lalu ditambahkan 150 mL H_2O_2 30% ke dalam suspensi. Kemudian suspensi disaring menggunakan buchner dan dicuci menggunakan larutan HCl : akuades (1:10) sebanyak 2500 mL. Dilanjutkan dengan mencuci residu

menggunakan akuades hingga pH mendekati netral [3,27].

Selanjutnya residu yang didapat dimasukan ke dalam gelas beaker ditambahkan 350 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 [3].

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 $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 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 NH_4OH 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

Penurunan intensitas zat warna dengan variasi waktu dilakukan dengan cara fotokatalis dimasukan ke dalam botol vial. Setelah itu ditambahkan 10 ml larutan rhodamin b dengan konsentrasi awal 100 ppm. Lalu dilakukan uji fotokatalisis dengan disinari sinar tampak selama 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Larutan rhodamin b yang dihasilkan diukur penurunan intensitas warnanya

dengan spektrofotometri UV-Visible pada panjang gelombang 554 nm.

Penurunan intensitas zat warna dengan variasi massa fotokatalis sebanyak 0,01; 0,02; 0,03; 0,04 dan 0,05 gram masing-masing dimasukkan ke dalam botol vial, setelah itu ditambahkan 10 ml larutan rhodamin b dengan konsentrasi awal 100 ppm. Lalu dilakukan uji fotokatalisis dengan disinari sinar tampak selama 5 jam. Larutan rhodamin b yang dihasilkan diukur penurunan intensitas warnanya dengan spektrofotometri UV-Visible pada panjang gelombang 554 nm.

Penurunan intensitas zat warna dengan variasi konsentrasi dilakukan dengan variasi waktu penyinaran terbaik dan variasi massa terbaik pada uji sebelumnya. 0,05 gram fotokatalis dimasukan ke dalam botol vial. Setelah itu ditambahkan 10 ml larutan rhodamin b dengan variasi konsentrasi awal 60, 70, 80, 90 dan 100 ppm. Lalu dilakukan uji fotokatalisis dengan disinari oleh sinar tampak selama 5 jam. Larutan rhodamin b yang dihasilkan diukur penurunan intensitas warnanya dengan spektrofotometri UV-Visible pada panjang gelombang 554 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Grafena Oksida (GO)



(a) (b)

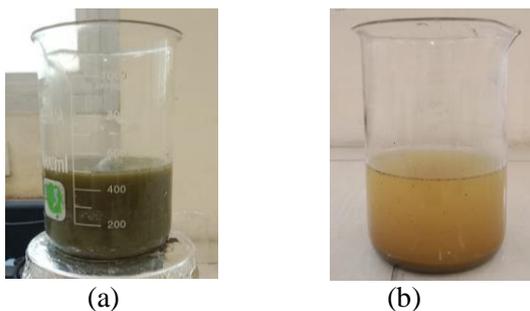
Gambar 1 (a) Grafit + H_2SO_4 (b) Grafit + H_2SO_4 + $KMnO_4$.

Serbuk grafit yang ditambahkan H_2SO_4 bertujuan untuk melarutkan grafit yang sukar larut dalam air dan berperan dalam proses oksidasi. Proses oksidasi ini hanya dapat berlangsung pada kondisi asam, sehingga digunakan H_2SO_4 sebagai pembuat suasana asam. Penambahan $KMnO_4$ sebagai lanjutan dari proses oksidasi grafit ini mengubah grafit menjadi grafit bisulfat. Ketika penambahan $KMnO_4$ harus

dilakukan sedikit demi sedikit dan suhu larutan harus dijaga dibawah $< 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [27-28].

Setelah penambahan KMnO_4 akan menyebabkan perubahan warna larutan dari hitam menjadi hitam kehijauan seperti pada **Gambar 1**. Hasil dari reaksi tersebut adalah ion permanganat yang merupakan oksidator kuat. Oksidator ini akan mengoksidasi grafit sehingga dihasilkan grafit oksida. Grafit oksida merupakan produk non stoikiometri yang terdiri dari karbon, oksigen, dan hidrogen.

Kemudian ditambahkan akuades secara perlahan. Setelah proses oksidasi selesai, campuran larutan ditambahkan dengan H_2O_2 30%. Proses penambahan hidrogen peroksida berfungsi untuk menghentikan proses oksidasi. Ketika penambahan larutan hidrogen peroksida, residu permanganat dan mangan oksida direduksi menjadi larutan tak berwarna mangan sulfat dan warna larutan akan berubah dari hitam kecokelatan menjadi cokelat kekuningan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Warna kuning di sini menunjukkan bahwa proses oksidasi berhasil, yaitu terjadi perubahan dari grafit menjadi grafit oksida.



Gambar 2 (a) Suspensi GO + H_2O_2 (b) Suspensi GO setelah oksidasi.

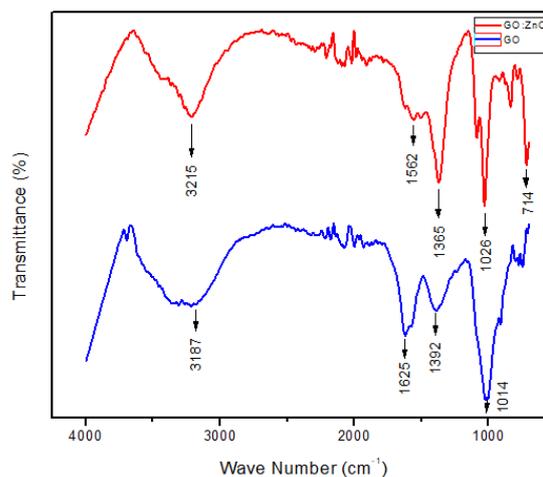
Sintesis komposit GO/ZnO

Pembentukan komposit GO/ZnO mengalami dua tahap yang berbeda. Pertama, pada saat melarutkan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ dalam suspensi GO, ion Zn^{2+} akan teradsorpsi ke permukaan lembaran GO karena ikatannya dengan atom oksigen dari gugus fungsi yang mengandung atom oksigen bermuatan negatif melalui penggunaan gaya elektrostatis. Kedua, setelah penambahan NH_4OH , unit pertumbuhan kristal $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ dan $\text{Zn}(\text{OH})_2$ dapat bergabung dengan gugus fungsi pada lembaran GO melalui ikatan

hidrogen antarmolekul atau ikatan koordinasi, bertindak sebagai pengikat untuk nanopartikel ZnO. Dengan pemanasan pada suhu $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, sejumlah besar inti ZnO terbentuk dalam waktu singkat akibat reaksi hidrolisis [29].

Karakterisasi GO dan GO/ZnO

Berdasarkan **Gambar 3** menunjukkan hasil karakterisasi GO dan GO/ZnO menggunakan FTIR. Pada GO terdapat gugus-gugus fungsi pada 3187 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 1625 cm^{-1} merupakan ikatan C=O yang berkaitan dengan gugus karboksil yang terletak pada tepi lapisan GO. Selanjutnya, vibrasi pada 1392 cm^{-1} dan 1014 cm^{-1} berkaitan dengan keberadaan ikatan C-OH dan C-O. Terdapatnya ikatan C-OH pada 1392 cm^{-1} menandakan keberhasilan proses oksidasi grafit menjadi GO [3,26,27].

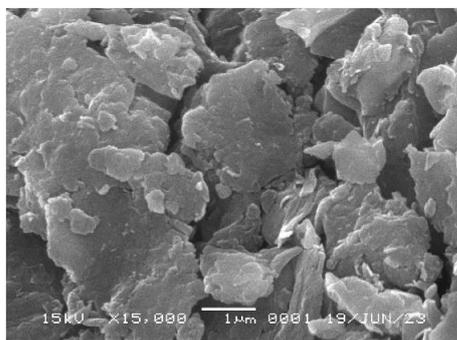


Gambar 1 Spektrum-IR GO dan GO/ZnO.

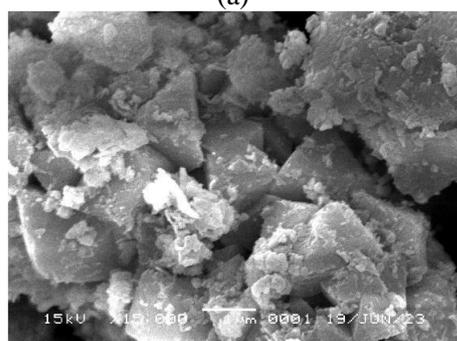
Komposit GO/ZnO pada **Gambar 3** menunjukkan vibrasi ikatan pada bilangan gelombang $3215, 1562, 1365$ dan 1026 cm^{-1} . Pola serapan komposit GO/ZnO menyerupai GO dan terlihat pergeseran bilangan gelombang, selain itu juga terdapat vibrasi ikatan Zn-OH pada bilangan gelombang 714 cm^{-1} [27].

Morfologi dari sampel GO dan GO/ZnO diperlihatkan pada **Gambar 4** dengan perbesaran 15.000 kali. Pada gambar tersebut dapat diamati bentuk morfologi GO pada Gambar 4(a) menunjukkan morfologi flake dengan distribusi

area flake yang beragam. Pada Gambar 4(b) nampak kristal ZnO terdapat pada permukaan flake GO.

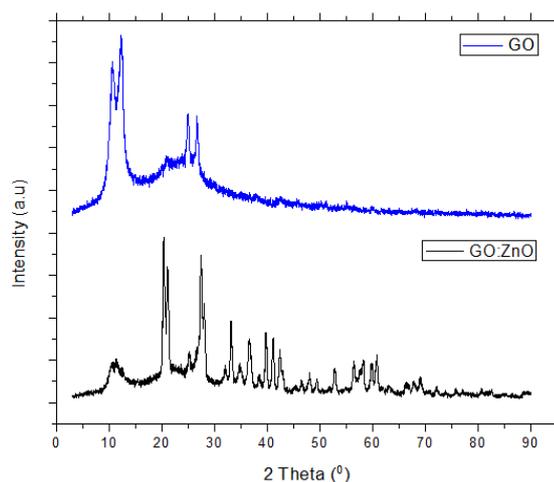


(a)



(b)

Gambar 4 Morfologi (a) GO dan (b) GO/ZnO.



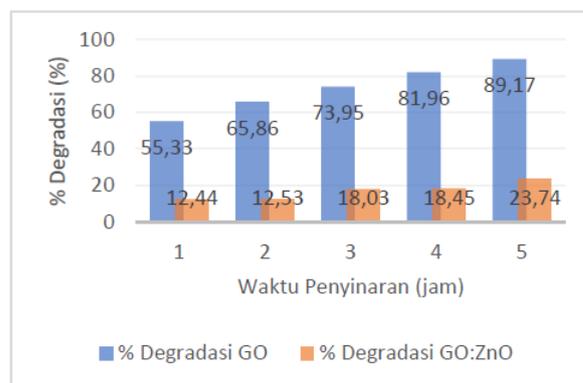
Gambar 5 Hasil Difaktogram GO dan GO/ZnO.

Berdasarkan penelitian yang telah dilaporkan oleh Ida Johansen [27] grafit memiliki puncak pada sudut 2θ sebesar $26,58^\circ$ dengan d-spacing sebesar $3,35 \text{ \AA}$ dengan bentuk puncak yang tajam dan intensitas yang tinggi. Intensitas XRD yang semakin tinggi menunjukkan kristalinitas yang semakin baik. Setelah dilakukan proses oksidasi pada grafit maka grafit berubah menjadi GO. Puncak dari GO berbeda

dengan grafit yaitu berubah menjadi puncak pada posisi $2\theta = 12,411^\circ$ dengan nilai d-spacing yang lebih besar menjadi $7,126 \text{ \AA}$ dan intensitas yang lebih rendah. Perubahan posisi puncak, nilai d-spacing dan intensitas dipengaruhi oleh gugus-gugus fungsional oksigen yang diakibatkan oleh proses oksidasi pada material grafit. Pada hasil XRD sampel GO ini masih terdapat grafit pada posisi $2\theta = 26,74^\circ$.

Pada Gambar 5 tertera puncak-puncak serapan pada komposit GO/ZnO. Puncak pertama muncul pada $2\theta = 12,411^\circ$ 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 [25].

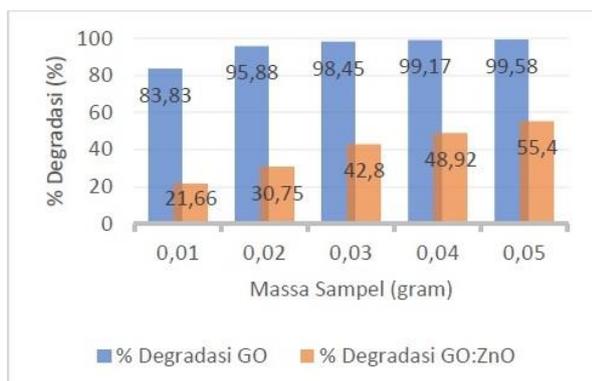
Aplikasi Fotokatalis



Gambar 6 Hasil fotokatalis variasi waktu penyinaran.

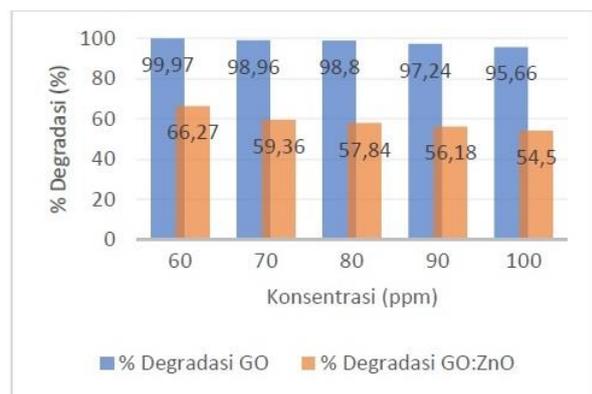
Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka akan semakin besar persen degradasi larutan rhodamin b. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu penyinaran akan menyebabkan semakin banyak energi yang diperoleh elektron untuk melakukan eksitasi. Dengan begitu jumlah radikal hidroksil yang terbentuk akan semakin besar. Jumlah radikal hidroksil yang besar dapat meningkatkan proses pemutusan ikatan pada senyawa rhodamin b. Pemutusan ikatan tersebut dicirikan dengan memudarnya warna larutan rhodamin b. Persen degradasi paling besar hasil fotokatalisis dari sampel GO yaitu 89,17 dan dari sampel komposit GO/ZnO yaitu 23,74 dengan waktu penyinaran selama 5 jam. Dan hasil degradasi paling rendah dari sampel GO yaitu 55,33% dan dari sampel komposit GO/ZnO yaitu 12,44% dengan waktu penyinaran 1 jam. Pada pengujian ini konsentrasi

rhodamin b yang digunakan sebesar 100 ppm dan massa katalis sebesar 0,01 gram.



Gambar 7 Hasil fotokatalis variasi massa fotokatalis.

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin banyak massa sampel yang digunakan maka akan semakin besar persen degradasi yang didapatkan. Persen degradasi paling besar dari GO adalah 99,58 dengan massa 0,05 gram sampel dan persen degradasi paling rendah yaitu 83,83 dengan massa 0,01 gram sampel. Sedangkan nilai degradasi paling tinggi dari komposit GO/ZnO yaitu 55,4% dan paling rendah 21,06 %. Pada pengujian ini konsentrasi rhodamin b yang digunakan sebesar 100 ppm dan waktu penyinaran selama 5 jam.



Gambar 8 Hasil fotokatalis variasi konsentrasi rhodamin b.

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi zat warna rhodamin b maka akan semakin kecil persen degradasi yang didapatkan. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi larutan maka akan semakin sulit radiasi sinar tampak yang terserap oleh fotokatalis sehingga akan menghambat pembentukan radikal hidroksil. Sedangkan pada konsentrasi larutan yang rendah, kemampuan

penetrasi sinar tampak akan semakin mudah terserap oleh fotokatalis sehingga menyebabkan proses fotokatalisis berlangsung secara maksimal. Hasil degradasi paling besar dari sampel GO yaitu 99,97% dengan konsentrasi rhodamin b 60 ppm dan paling rendah yaitu 95,66% pada rhodamin b 100 ppm. Sedangkan hasil degradasi dari sampel komposit GO/ZnO paling tinggi sebesar 66,27% pada konsentrasi rhodamin b 60 ppm dan paling rendah sebesar 54,05% pada konsentrasi rhodamin b 100 ppm. Pada pengujian ini massa rhodamin b yang digunakan sebesar 0,01 gram dan waktu penyinaran selama 5 jam.

SIMPULAN

Karakterisasi pada GO dan GO/ZnO dari hasil XRD menunjukkan sampel GO dan komposit GO/ZnO telah berhasil terbentuk. 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 dan komposit GO/ZnO dapat mendekolorisasi larutan rhodamin b 60 ppm dengan cahaya tampak secara berturut-turut sebesar 99,97% dan 66,27% dengan waktu penyinaran selama 5 jam dan massa fotokatalis sebanyak 0,01 gram.

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] Wahi, Rajeev K; Yu, William W; Liu, Yunping; Mejia, Michelle L; Falkner, Joshua C; Nolte, Whitney; Colvin, Vicki L, "Photodegradation of Congo Red Catalyzed By Nanosized TiO₂," *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, vol. 242, no. 1-2, pp.

- 48-56, 2005.
- [2] F. Settle, Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry, United State of America: Corporate Sales Departement, 1998.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] S Setiadji, et al., "Synthesis Of Zro2 Via Ultrasonic Assisted Precipitation Method For Photodegradation Of Methylene Blue," *Indonesian Journal of Industrial Research* 30 (1), 46-56, 2021.
- [16] 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.
- [17] EP Hadisantoso, et al., "Synthesis of ZnO/FA composite for methylene blue decolorization," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1098 (6), 062066, 2021.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] F Shihab, dkk., "Sintesis dan karakterisasi Nanokomposit ZnO/NiFe₂O₄ dari limbah baterai menggunakan metode Solid State sebagai fotokatalis zat warna metilen biru," *Gunung Djati Conference Series* 15, 23-32, 2022.
- [21] 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.
- [22] AYU ANDINI, dkk., "Sintesis dan Karakterisasi ZnO dari Limbah Baterai dengan Templat Carboxymethyl Cellulose (CMC)," *Gunung Djati Conference Series* 34, 34-40, 2022.
- [23] S Setiadji, et al., "Synthesis of SnO₂ Using Hydrothermal Method and Its Application as Catalyst in Esterification of Oleic Acid," *Walisongo Journal of Chemistry* 4 (2), 90-96, 2021.
- [24] 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.
- [25] Neda mirikam, Alvaro Perez-Molina, and Morales.-Tores Sergio, "Photocatytic perfomance of ZNO-GO composites towards the degradation of vanilic acid under solar radiation and visible-LED," *Nanomaterials*, vol. 11, p. 1567, 2021.
- [26] 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.
- [27] Ida Johansen, "Wet Chemicals Synthesis of Graphene for Battery Applications," Nanotechnology National University of Norwegia, 2014.
- [28] Tkachev S V, Buslaeva E Y, Naumkin A V, Kotova S L, Laure I V and Gubin S P, "Reduced graphene oxide," *Inorganic Materials*, 48(8) 796-802, 2012
- [29] Mathialagan, S; Ponnaiah, G. P; Vijay, M;, "Synthesis and Characterization of GO-ZnO Nanocomposite Material Exhibiting Photo Catalytic Degradation of Dye Waste Water," *Journal of Scientific & Industrial Research*, vol. 76, pp. 44-49, 2017.