



## Fotokatalisis Nanopartikel Magnetis Zinc Ferrite Dengan Penyinaran Cahaya UV dan Cahaya Tampak

### The Photocatalytic of Magnetic Nanoparticles Zinc Ferrite Under UV Light and Visible Light Irradiation

Iis Nurhasanah\*, Priyono, Karnaji dan Very Richardina

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, S.H., Tembalang Semarang, 50275

\*E-mail: nurhasanah@fisika.undip.ac.id

Terima draft : 21 Februari 2018; Terima draft revisi: 16 April 2018; Disetujui : 18 April 2018

#### Abstrak

Nanopartikel magnetis  $ZnFe_2O_4$  telah disintesis menggunakan metode presipitasi untuk degradasi rhodamine B dengan penyinaran cahaya UV dan cahaya tampak. Analisis pola difraksi sinar-X dan spektrum *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menunjukkan pembentukan kubik spinel  $ZnFe_2O_4$  dengan ukuran kristalit sekitar 13 nm. Spektrum absorpsi dalam rentang cahaya UV (200 nm) sampai cahaya tampak ( $\sim 600$  nm) dan celah energi 2,04 eV teramati dari pengukuran spektrofotometer UV-Vis. Sifat magnetik nanopartikel diukur menggunakan *vibrating sample magnetometer* (VSM) menunjukkan sifat magnet lemah yang sesuai untuk aplikasi magnetis foto katalis. Nanopartikel  $ZnFe_2O_4$  menunjukkan aktivitas foto katalisis dengan cahaya UV maupun cahaya tampak untuk degradasi rhodamine B dengan konstanta laju reaksi  $8,2 \times 10^{-3}$  /menit dan  $4,5 \times 10^{-3}$ /menit.

Kata kunci: Fotokatalisis, nanopartikel, presipitasi, rhodamine B,  $ZnFe_2O_4$

#### Abstract

The  $ZnFe_2O_4$  magnetic nanoparticles have been synthesized using precipitation methods for rhodamine B degradation under UV light and visible light irradiation. Analysis of X-ray diffraction patterns and Fourier Transform Infrared (FTIR) spectrum shows the formation of  $ZnFe_2O_4$  spinel cubic with a crystallite size of about 13 nm. The absorption spectrum in the range UV light (200 nm) to visible light ( $\sim 600$  nm) and 2.04 eV band gap energy was observed from the UV-Vis spectrophotometer measurements. The magnetic properties of the nanoparticles were measured using a vibrating sample magnetometer (VSM) exhibits weak magnetic properties which is suitable for photocatalyst magnetic applications. The  $ZnFe_2O_4$  nanoparticles demonstrate photocatalytic activity with UV light as well as visible light for rhodamine B degradation with reaction rate constant of  $8.2 \times 10^{-3}$ /min and  $4.5 \times 10^{-3}$ /min, respectively.

Keywords: nanoparticles, Photocatalysis, precipitation, rhodamine B,  $ZnFe_2O_4$

## 1. Pendahuluan

Pewarna sintetis banyak digunakan di industri tekstil menghasilkan limbah cair yang memerlukan penanganan khusus sebelum dibuang ke lingkungan. Penanggulangan limbah pewarna menggunakan teknik secara fisis, kimia dan biologis telah dikembangkan, namun tidak cocok untuk skala besar karena berbiaya tinggi. Selain itu, sebagian besar pewarna sintetis tidak dapat didegradasi secara biologis. Rhodamine B merupakan salah satu pewarna dalam kelas xanthene yang digunakan secara luas dalam industri tekstil dan makanan. Rhodamine B bersifat mudah larut dalam air, menyebabkan iritasi kulit, mata dan sistem pernafasan, bersifat karsinogen dan toksis pada manusia dan hewan (Sadiq dan Nesaraj, 2015). Metode

alternatif penanggulangan polutan pewarna yang murah dan ramah lingkungan sangat diperlukan oleh sektor industri. Teknologi fotokatalisis merupakan salah satu teknologi terbaik untuk penanggulangan polutan air. Teknologi fotokatalisis dapat menghilangkan semua jenis polutan organik dan in-organik serta semua kontaminan dalam air (Raileanu, dkk., 2013).

Teknologi fotokatalisis menggunakan material katalis semikonduktor dalam proses degradasi polutan dalam air disertai penyinaran menggunakan cahaya UV. Material katalis  $TiO_2$  dan  $ZnO$  telah dieksplorasi secara intensif dalam teknologi fotokatalisis untuk mendegradasi polutan organik maupun in-organik, karena memiliki sifat fisis dan kimia unggul, yaitu: aktivitas

katalisis tinggi, stabilitas kimia tinggi, nontoksik dan murah. Namun, penggunaan katalis semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  membatasi aktivitas fotokatalisisnya hanya dengan cahaya UV yang bersesuaian dengan celah energinya ( $\sim 3,2$  eV) kurang efisien (Raileanu, dkk., 2013). Sementara itu, cahaya matahari dengan komponen cahaya tampak paling banyak dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang efisien untuk proses fotokatalisis. Beberapa penelitian telah mengembangkan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  pada proses fotokatalisis untuk degradasi pewarna menggunakan sumber cahaya tampak (Oseghe, dkk., 2015; Natarajan, dkk., 2013; Anandan, dkk., 2014; Ahmad, dkk., 2014; Sherly, dkk., 2015; Ban, dkk., 2015). Namun, penggunaan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  berbentuk serbuk tidak mudah dipisahkan dari cairan. Saat ini, teknologi fotokatalisis dikembangkan dengan memanfaatkan katalis semikonduktor yang aktif dengan cahaya tampak dan bersifat magnetis (Liu, 2012).

Nanopartikel oksida Ferrite dengan formula  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  (M = kation logam divalent, seperti: Zn, Mn, Co, dll) biasanya digunakan sebagai pembawa magnetis karena bersifat feromagnetis. Di antara oksida Ferrite,  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  sangat menarik untuk diaplikasikan pada teknologi fotokatalisis dengan cahaya tampak, karena memiliki celah energi sempit dan memiliki stabilitas fotokimia yg baik. Berbagai metode, seperti: hidrotermal (Golsefidi, dkk., 2016; Han, dkk., 2014; Li, dkk., 2011) Zhang, dkk., 2010), *electrospinning* (Yan, dkk., 2016) dan *solution combustion method* (Sun, dkk., 2012) telah digunakan untuk mensintesis nanopartikel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  dengan berbagai mikro struktur dan mengkaji aktivitas fotokatalisisnya untuk mendegradasi rhodamine B. Sementara itu, oksida spinelferrite  $\text{MFe}_2\text{O}_4$  dengan M = Ni, Zn, Co Cu dan Mg) yang disintesis menggunakan metode *co-precipitation* menunjukkan aktivitas fotokatalisis untuk mendegradasi methyl orange dengan cahaya tampak. Aktivitas fotokatalisis terbaik (70% selama 3 jam) ditemukan untuk  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ , karena memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi dan ukuran kristalit yang paling kecil diantara spinel ferrite lainnya (Sutka, dkk. 2015).

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa aktivitas fotokatalisis  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  dipengaruhi oleh sifat asam-basa permukaannya, ukuran partikel, luas permukaan, kapasitas adsorpsi, bentuk geometri dan mikrostruktur. Sifat-sifat tersebut ditentukan oleh metode sintesis yang digunakan. Metode presipitasi merupakan

metode sintesis secara kimia yang sederhana dan dapat menghasilkan beragam nanopartikel oksida dengan ukuran partikel kecil. Nanopartikel  $\text{BaWO}_4$  yang disintesis menggunakan presipitasi menunjukkan konstanta laju reaksi fotokatalisis tinggi untuk mendegradasi rhodamine B dengan cahaya UV (Sadiq dan Nesaraj, 2015). Nanopartikel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  dengan ukuran kristalit terkecil memiliki aktivitas fotokatalis yang lebih baik dalam mendegradasi rhodamine B menggunakan sumber cahaya UV (Karnaji dan Nurhasanah, 2017). Peneliti lain menunjukkan nano-partikel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  memiliki aktivitas foto-katalisis dengan cahaya tampak dalam mendegradasi methylene blue (Silambarasu, dkk., 2017). Pada penelitian ini, aktivitas fotokatalisis nanopartikel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  yang disintesis menggunakan metode presipitasi di uji untuk mendegradasi pewarna rhodamine B dengan cahaya tampak dan cahaya UV sebagai pembanding. Nanopartikel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  menunjukkan aktivitas fotokatalisis untuk mendegradasi rhodamine B dengan konstanta laju reaksi  $4,5 \times 10^{-3}$ /menit menggunakan cahaya tampak.

## 2. Metodologi

### 2.1. Bahan dan Alat

Feric Nitrate (99,9%; Sigma Aldrich) dan Zinc Nitrate ( $\geq 98\%$ ; Merck) digunakan sebagai sumber material. Aquades digunakan sebagai pelarut. pH larutan dalam proses presipitasi diatur menggunakan  $\text{NH}_4\text{OH}$  (30%V/V, Merck). Rhodamine B digunakan sebagai polutan. Lampu UV C (Sankyo Denki) dan lampu LED cahaya tampak digunakan sebagai sumber cahaya dalam proses fotokatalisis. Difraktometer sinar-X (Phillips PW 1710) dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR Perkin Elmer) digunakan untuk karakterisasi struktur. *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM Oxford 1.2H) digunakan untuk mendapatkan kurva histerisis magnetis.

### 2.2. Sintesis Nanopartikel $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$

Nanopartikel  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  disintesis menggunakan metode presipitasi dengan melarutkan Zinc Nitrate dan Ferric Nitrate dengan perbandingan mol 1:2 dalam 100 mL aquades.  $\text{NH}_4\text{OH}$  (30%V/V) diteteskan ke dalam larutan tersebut sampai dicapai pH 10. Hasil presipitasi dikeringkan pada temperatur  $100^\circ\text{C}$  selama 3 jam setelah dicuci menggunakan aquades dan etanol. Selanjutnya dikalsinasi pada temperatur  $700^\circ\text{C}$  selama 3 jam.

### 2.3. Karakterisasi dan Proses Fotokatalisis Nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Struktur dan fase nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dianalisis menggunakan difraktometer sinar-X (Phillips PW 1710). Spektrum *Fourier Transform Infra Red* diukur menggunakan Spektrometer FTIR dalam rentang 400 cm<sup>-1</sup> – 4000 cm<sup>-1</sup>. Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 1420) digunakan untuk mengukur spektrum absorpsi nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Untuk pengukuran tersebut, 10 mg nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> didispersikan dalam 10 mL etanol menggunakan gelombang ultrasonik selama 10 menit. Sifat magnetis nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> diuji menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) pada temperatur ruang.

Fotokatalisis nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> diuji untuk mendegradasi larutan rhodamine B (20 ppm). 75 mg nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> didispersikan dalam 150 mL larutan rhodamine B (dibuat dua wadah, satu wadah untuk diiradiasi dengan cahaya UV dan satu wadah lagi untuk diiradiasi dengan cahaya tampak). Sebelum diiradiasi, suspensi dibiarkan dalam gelap selama 30 menit. Selanjutnya diiradiasi menggunakan cahaya UV serta cahaya tampak selama 150 menit, secara terpisah. Sampel yang diiradiasi diambil setiap 30 menit untuk pengukuran absorbansi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Analisis Difraksi Sinar-X Nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Pola difraksi sinar-X sampel yang disintesis menggunakan metode presipitasi dan diikuti kalsinasi pada temperatur 700°C ditunjukkan pada Gambar 1. Puncak-puncak difraksi yang teramati pada  $2\theta = 29,97^\circ; 35,29^\circ; 42,91^\circ; 56,75^\circ; 62,32^\circ$  bersesuaian dengan bidang (220) (311) (400) (511) dan (440) spinel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (JCPDS No: 22-1012) sedangkan puncak-puncak difraksi pada  $2\theta = 24,16^\circ$  dan  $33,08^\circ$  bersesuaian dengan bidang (012) dan (104) dari  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (JCPDS No: 33-0664). Tidak teramati puncak yang bersesuaian dengan fase lain dari Zn mengindikasikan pembentukan nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan sedikit keberadaan fase  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, serupa dengan nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang disintesis menggunakan metode co-precipitasi (Vinosha, dkk., 2017). Konstanta kisi bernilai 8,411 nm diperoleh menggunakan Persamaan (1) untuk puncak tertinggi (311).

$$a = \frac{\lambda\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}{2 \sin \theta} \quad (1)$$

Keterangan:

$a$ : konstanta kisi

$\theta$ : sudut difraksi

$\lambda$ : panjang gelombang sinar-X (1,54056 nm)

$h, k, l$ : indeks Miller

Ukuran kristalit nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dihitung menggunakan relasi Debye Scherer yang dituliskan pada Persamaan (2). Untuk puncak difraksi tertinggi (311) diperoleh nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan ukuran kristalit 13 nm.

$$D = \frac{0,9\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

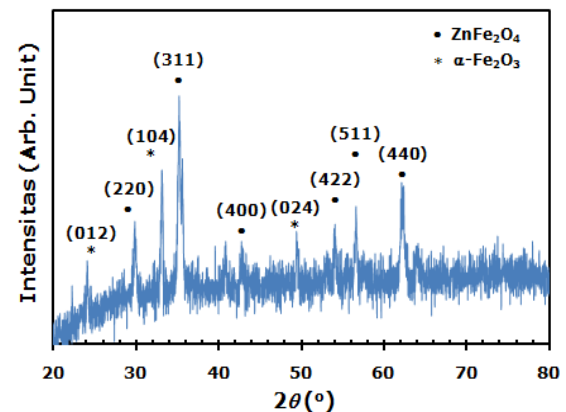
Keterangan:

$B$ : full width at half of maximum (FWHM)

$\theta$ : sudut difraksi

$\lambda$ : panjang gelombang sinar-X (1,54056 nm)

$D$ : ukuran kristalit (nm)

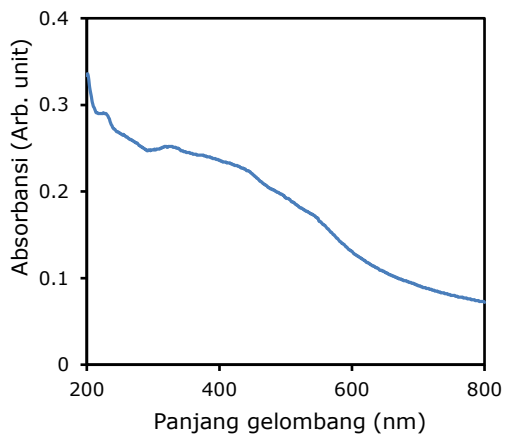


Gambar 1. Pola difraksi sinar-X nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

### 3.2. Analisis Spektrum Absorpsi UV-Vis dan Celah Energi Nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Sifat optis nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ditentukan berdasarkan spektrum absorpsi UV-Vis, seperti tampak pada Gambar 2. Absorbansi tinggi teramati pada panjang gelombang dengan rentang 200 nm – 600 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> bersifat mengabsorpsi cahaya UV (200 nm) sampai cahaya tampak (~ 600 nm). Kemampuan absorpsi cahaya UV dan cahaya tampak memungkinkan nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> memiliki aktivitas fotokatalis dengan cahaya UV maupun cahaya tampak yang bersesuaian dengan celah energinya.

Celah energi nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> diestimasi menggunakan Persamaan (3).



**Gambar 2.** Spektrum absorbansi UV-Vis nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

$$(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - E_g) \quad (3)$$

dengan  $h\nu$  adalah energi foton,  $A$  adalah konstanta,  $E_g$  adalah celah energi dan  $\alpha$  adalah koefisien absorpsi. Koefisien absorpsi dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$a = \frac{2,303Ap}{lc} \quad (4)$$

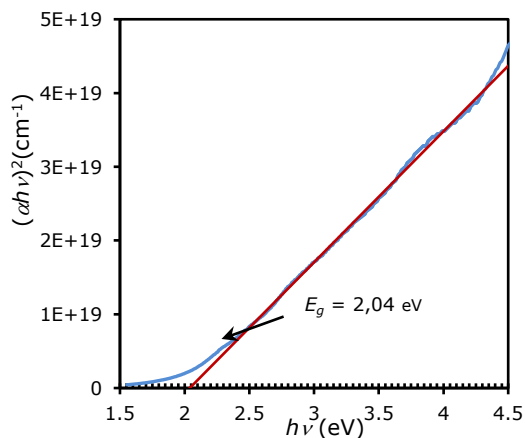
Keterangan:

A: absorbansi

$\rho$ : kerapatan (g/cm<sup>3</sup>)

L: panjang lintasan cahaya (1 cm)

c: konsentrasi (g/L)



**Gambar 3.**  $(\alpha h\nu)^2$  terhadap  $h\nu$

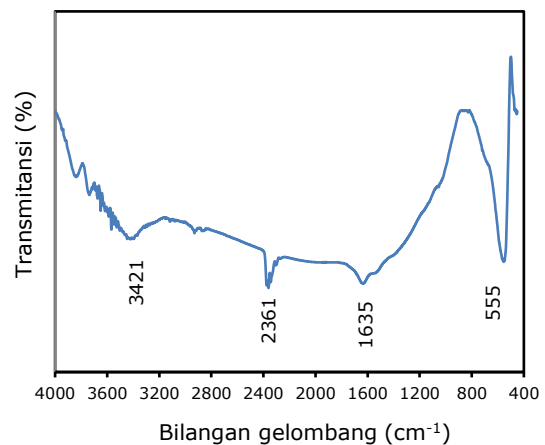
Gambar 3 menunjukkan grafik  $(\alpha h\nu)^2$  terhadap  $h\nu$ . Ekstrapolasi bagian linier grafik ke sumbu  $(\alpha h\nu)^2=0$ , diperoleh celah energi 2,04 eV. Nilai tersebut sedikit lebih besar dari celah energi *bulk* ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (1,9 eV), dapat dimungkinkan karena efek ukuran nanopartikel dan keberadaan fase  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang memiliki celah energi 2,2 eV (Vinosha, dkk., 2017). Celah energi nanopartikel

ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang lebih besar dari nilai *bulk*-nya ditemukan pula pada penelitian lain yaitu 2,0 eV (Golsefidi, dkk., 2016), 2,06 eV (Sutka, dkk., 2015), 2,11 eV (Silambarasu, dkk., 2017) dan 2,6 eV (Vinosha, dkk., 2017).

### 3.3. Analisis Spektrum FTIR dan Kurva Histerisis Magnetis Nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

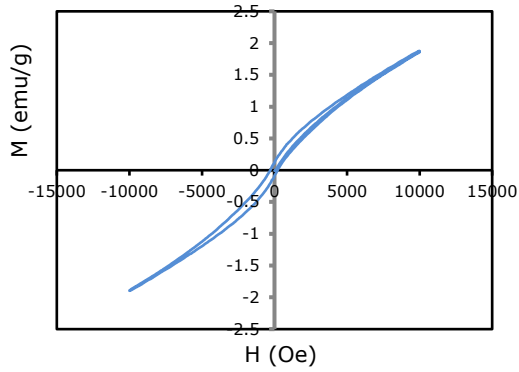
Keadaan ikatan kimia nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dianalisis menggunakan spektrum FTIR seperti tampak pada Gambar 4. Secara umum, dua keadaan pita untuk oksida spinel teramati pada spektrum FTIR dalam rentang 375 cm<sup>-1</sup> – 500 cm<sup>-1</sup> bersesuaian dengan interaksi logam dengan oksigen pada kisi oktahedral dan dalam rentang 550 cm<sup>-1</sup> - 750 cm<sup>-1</sup> bersesuaian dengan interaksi logam dengan oksigen pada kisi tetrahedral.

Pada Gambar 4 tampak pita pada 555 cm<sup>-1</sup> untuk mode vibrasi logam pada kisi tetrahedral (Zn–O), sedangkan pita yang bersesuaian dengan kisi octahedral tidak teramati karena keterbatasan peralatan FTIR yang digunakan. Spektrum yang melebar pada 3421 cm<sup>-1</sup> berasal dari mode vibrasi molekul H<sub>2</sub>O dan grup OH, yang mengindikasikan keberadaan molekul H<sub>2</sub>O pada permukaan nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Pita pada 2361 cm<sup>-1</sup> dan 1635 cm<sup>-1</sup> disebabkan keberadaan CO<sub>2</sub> dan mode vibrasi C=O yang berasal dari udara (Cai, dkk., 2016; Li, dkk., 2011).



**Gambar 4.** Spektrum FTIR

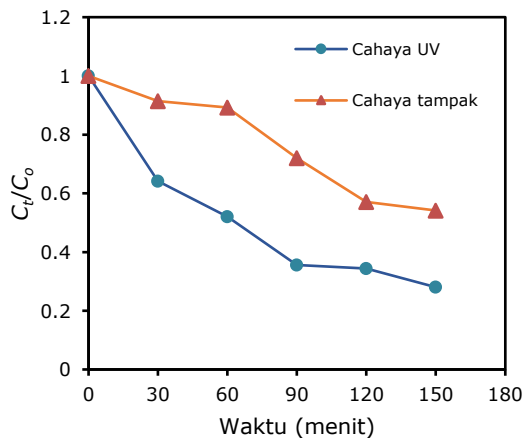
Gambar 5 menunjukkan kurva histerisis nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yang diukur pada temperatur ruang menggunakan *vibrating sample magnetometer* (VSM). Kurva histerisis menunjukkan sifat magnet lemah dengan koersivitas bernilai 247 Oe dan magnetisasi saturasi bernilai 1,87 emu/g (Golsefidi, dkk., 2016; Silambarasu, dkk., 2017).



**Gambar 5.** Kurva histeresis magnetis nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

### 3.4. Aktivitas Fotokatalisis Nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

Aktivitas fotokatalisis nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> diuji untuk mendegradasi larutan rhodamine B yang diradiasi menggunakan cahaya UV dan cahaya tampak selama 150 menit. Gambar 6 menunjukkan bahwa rhodamine B dapat didegradasi menggunakan nano-partikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dengan cahaya UV maupun cahaya tampak. Konsentrasi rhodamine B menurun setelah diiradiasi cahaya UV maupun cahaya tampak. Hal tersebut menunjukkan nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> memiliki aktivitas fotokatalis yang cukup baik dengan cahaya UV dan cahaya tampak. Penurunan konsentrasi rhodamine B lebih cepat dan tajam setelah diiradiasi dengan cahaya UV dibandingkan dengan cahaya tampak.



**Gambar 6.** Aktivitas fotokatalisis nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> menggunakan cahaya UV dan cahaya tampak untuk degradasi rhodamine B

Degradasi fotokatalisis rhodamine B dinyatakan sebagai kinetika pseudo orde-1 yang dituliskan secara matematis pada Persamaan (5) (Natarajan, dkk., 2013). Degradasi fotokatalisis rhodamine B meng-

gunakan nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> menunjukkan relasi linier antara  $\ln(C_t/C_0)$  dengan lama irradiasi, seperti tampak pada Gambar 7.

$$\ln\left(\frac{C_t}{C_0}\right) = kt \quad (5)$$

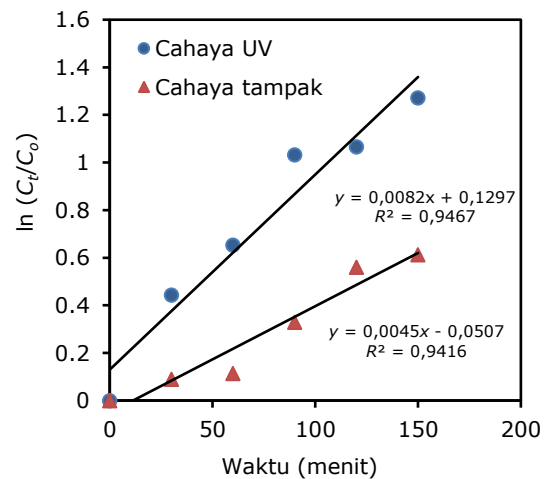
Keterangan:

$k$ : konstanta laju reaksi

$C_0$ : konsentrasi rhodamine B tanparadiasi

$C_t$ : konsentrasi rhodamine B setelah diradiasi  
Selamat menit

Regresi linier pada Gambar 7 memberikan konstanta laju reaksi untuk cahaya UV dan cahaya tampak berturut-turut adalah  $8,2 \times 10^{-3}$  /menit dan  $4,5 \times 10^{-3}$ /menit. Konstanta laju reaksi untuk cahaya UV lebih besar dari cahaya tampak menunjukkan proses degradasi yang lebih cepat. Faktor utama yang mempengaruhi degradasi fotokatalisis adalah sumber energi yang digunakan dan celah energi material katalisnya. Ketika cahaya diiradiasikan ke suspensi (larutan rhodamine B dan nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) maka ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> akan mengabsorpsi cahaya yang menyebabkan eksitasi elektron pada pita valensi ke pita konduksi menghasilkan *hole*. Elektron di pita konduksi akan bereaksi dengan O<sub>2</sub> membentuk radikal O<sub>2</sub><sup>•-</sup>. *Hole* menangkap electron dari OH<sup>-</sup>menghasilkan radikal bebas OH<sup>•</sup>. Radikal-radikal bebas tersebut bereaksi dengan rhodamine B membentuk keadaan intermedat rhodamine B. Selanjutnya irradiasi yang lama menyebabkan mineralisasi keadaan intermedat menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>(Sadiq, dkk., 2015; Natarajan, dkk., 2013).



**Gambar 7.** Relasi kinetika  $\ln(C_t/C_0)$  terhadap lama irradiasi

Pada penelitian ini sumber energi yang digunakan adalah cahaya tampak dan cahaya

UV. Cahaya UV menghasilkan foton dengan energi yang lebih besar dari cahaya tampak. Cahaya UV akan menyebabkan eksitasi elektron dan pembentukan *hole* yang lebih banyak, serta menghasilkan radikal bebas yang lebih banyak pula. Dengan demikian penggunaan cahaya UV menghasilkan degradasi fotokatalisis yang lebih cepat. Namun, meskipun degradasi menggunakan cahaya tampak lebih kecil dari cahaya UV, tetapi dapat dikatakan bahwa nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> pada penelitian ini memiliki aktivitas fotokatalisis dengan efisiensi yang baik.

#### 4. Kesimpulan

Fotokatalis magnetis ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> telah disintesis menggunakan metode presipitasi. Pembentukan struktur kubik spinel ferrite teramati pada pola difraksi sinar-X dan spektrum *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Kurva histerisis menunjukkan nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> bersifat magnet lemah. Nanopartikel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> memiliki celah energi 2,04 eV menunjukkan aktivitas fotokatalisis untuk mendegradasi rhodamine B dengan penyinaran cahaya tampak.

#### UcapanTerimakasih

Penelitian ini dibiayai dengan dana DPA Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro No: 7825/UN7.P2/KU/2016.

#### Daftar Pustaka

Ahmad, M., Ahmed, E., Hong, Z.L., Ahmed, W., Elhissi, A., Khalid, N.R. (2014) Photocatalytic, Sonocatalytic and sonophotocatalytic degradation of rhodamine B using ZNO/CNTs composite photocatalysts, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21, 761 – 773.

Anandan, S., Sivasankar, T., Lana-Villarreal, T. (2014) Synthesis of TiO<sub>2</sub>/WO<sub>3</sub> nanoparticles via sonochemical approach for the photocatalytic degradation of methylene blue under visible light illumination, *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(6), 1964 – 1968.

Ban, D.K., Pratihari, S.K., Paul, S. (2015) An investigation of optical properties of zinc oxide nanoparticle synthesized by starch mediated assembly and its application in photocatalytic bleaching of methyl green and rhodamine B, *Materials Science in Semiconductor Processing*, 39, 691 – 701.

Cai, C., Zhang, Z., Liu, J., Shan, N., Zhang, H., Dionysiou, D.D. (2016) Visible light-

assisted heterogeneous Fenton with ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> for the degradation of orange II in water, *Applied Catalysis B: Environmental*, 182, 456 – 468.

Golsefidi, M.A., Abrodi, M., Abbasi, Z., Dashtbozorg, A., Rostami, M.E., Ebadi, M. (2016) Hydrothermal method for synthesizing ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles, photo-degradation of rhodamine B by ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and thermal stable PS-based nanocomposite, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 27, 8654 – 8660.

Han, L., Zhou, X., Wan, L., Deng, Y., Zhan, S. (2014) Synthesis of ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoplate by succinic acid-assisted hydrothermal route and their photocatalytic degradation of rhodamine B under visible light, *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2, 123 – 130.

Karnaji, Nurhasanah, I. (2017) Photodegradation of rhodamine B by using ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles synthesized through precipitation method, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 202, 012044.

Li, X., Hou, Y., Zhao, Q., Wang, L. (2011) A general, one-step and template-free synthesis of sphere-like zinc ferrite nanostructures with enhanced photocatalytic activity for dye degradation, *Journal of Colloid and Interface Science*, 358, 102 – 108.

Liu, S.Q. (2012) Magnetic semiconductor nano-photocatalyst for the degradation of organic pollutants, *Environmental Chemistry Letters*, 10, 209 – 216.

Natarajan, S.T., Natarajan, K., Bajaj, H.C., Tayade, R.J. (2013) Enhanced photocatalytic activity of bismuth-doped TiO<sub>2</sub> nanotubes under direct sunlight irradiation for degradation of rhodamine B dye, *Journal of Nanoparticle Research*, 15, 1669.

Oseghe, E.O., Ndungu, P.G., Jonnalagadda, S.B. (2015) Synthesis of mesoporous Mn/TiO<sub>2</sub> nanocomposites and investigating the photocatalytic properties in aqueous systems, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 211 – 222.

Raileanu, M., Crisan, M., Notoi, I., Ianculescu, A., Oancea, P., Crisan, D., Todan, L. (2013) TiO<sub>2</sub>-based nanomaterials with

- photocatalytic properties for the advanced degradation of xenobiotic compounds from water. A literature survey, *Water Soil and Air Pollution*, 224, 1548.
- Sadiq, M.M.J., dan Nesaraj, A.S. (2015) Soft chemical synthesis and characterization of BaWO<sub>4</sub> nanoparticles for photocatalytic removal of rhodamine B present in water sample, *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 5, 45 – 54.
- Sherly, E.D., Vijaya, J.J., Kennedy, L.J. (2015) Effect of CeO<sub>2</sub> coupling on the structural, optical and photocatalytic properties of ZnO nanoparticle, *Journal of Molecular Structure*, 1099, 114 – 125.
- Silambarasu, A., Manikandan, A., Balakhrisnan, K. (2017) Room-temperature superparamagnetism and enhanced photocatalytic activity of magnetically re-useable spinel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> catalyst, *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 30, 2631 – 2640.
- Sun, S., Yang, X., Zhang, Y., Zhang, F., Ding, J., Bao, J., Gao, C. (2012) Enhanced photocatalytic activity of sponge-like ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> synthesized by solution combustion method, *Progress in Natural Science: Materials International* 22(6), 639 – 643.
- Sutka, A., Millers, M., Vanags, M., Joost, U., Maiorov, M., Kisand, V., Parna, R. dan Juhnevika, I. (2015) Comparison of photocatalytic activity for different co-precipitated spinel ferrites, *Research on Chemical Intermediate* 41, 9439 – 9449.
- Vinoshia, P.A., Mely, L.A., Jeronsia, J.E., Krishnan, S., Das, S.J. (2017) Synthesis and properties of spinel ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles by facile co-precipitation route, *Optik*, 134, 99 – 108.
- Yan, J., Gao, S., Wang, C., Chai, B., Li, J., Song, G., Chen, S. (2016) A facile electrospinning and direct annealing method for the fabrication of multi-porous ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanotubes with enhanced photocatalytic activity, *Materials Letters*, 184, 43 – 46.
- Zhang, G.Y., Sun, Y.Q., Gao, D.Z., Xu, Y.Y. (2010) Quasi-cube ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanocrystals: Hydrothermal synthesis and photocatalytic activity with TiO<sub>2</sub> (Degussa P-25) as nanocomposite, *Materials Research Bulletin*, 45, 755 – 760.