

# PENGARUH MASSA $\text{Fe}_3\text{O}_4$ TERHADAP KARAKTERISTIK NANOKOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$ CORE-SHELL SEBAGAI FOTOKATALIS DEGRADASI RHODAMIN B

Ulfatien Mufarriha<sup>1)</sup>, Nandang Mufti<sup>2)</sup>, Abdulloh Fuad<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang

<sup>3)</sup>Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang no. 5 Malang.

Alamat e-mail : ulfatienmufarriha@gmail.com

## Abstract

A research on the growth of  $\text{TiO}_2$  on  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticle aims to determine the effect of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mass against phase, grain size, morphology, Fe/Ti atomic weight and as photocatalyst degradation of Rhodamin B. Nanocomposite  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core-shell synthesized using the precipitation method with raw material  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{HCl}$ , and  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . Crystal phase, grain size, morphology, Fe/Ti atomic weight and photocatalytic properties can be learned from the results of characterization using X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM-EDAX) and UV-Vis Spectrofotometer. XRD results showed phase is formed by the orientation of the crystal is anatase peaks at crystal planes 101. SEM-EDAX results showed that with increasing  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mass the higher the grain size and Fe/Ti atomic weight of nanocomposite  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core-shell. The degradation of Rhodamin B is measured by variation contact time of UV irradiation showed that higher contact time will increase Rhodamin B degraded. In this study optimum contact time reached on 120 minutes by nanocomposite  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core-shell with a mass at least of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . The increasing mass of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  will decrease percentage of degradation Rhodamin B.

**Key Words** : nanocomposite  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core-shell, precipitation, morphology, photocatalyst, percentage of degradation

## PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang sangat berkembang di Indonesia. Perkembangan industri tekstil tidak diimbangi dengan penanganan permasalahan serius yang ditimbulkan terhadap lingkungan, terutama masalah yang diakibatkan oleh limbah cair (Muarip, 2013).

Salah satu limbah cair yang dihasilkan oleh industri tekstil adalah limbah zat warna. Umumnya limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil merupakan senyawa organik *non-biodegradable* yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan. Zat pencemar tersebut secara normal akan terlepas ke permukaan air sungai. Air limbah ini akan menyebabkan dampak pada sistem ekologi dan mengganggu sumber air tanah (Shrivastava, 2012). Limbah cair zat warna tekstil menjadi perhatian tersendiri dikarenakan struktur aromatik pada

zat warna sulit terdegradasi, selain itu sebagian besar zat warna dibuat agar mempunyai resistensi terhadap pengaruh lingkungan seperti efek pH, suhu dan mikroba (Qodri, 2011).

Ada beberapa metode untuk menghilangkan senyawa organik ataupun anorganik dari air limbah diantaranya penyaringan, elektrolisis, presipitasi, penggantian ion dan proses absorpsi. Kebanyakan dari metode-metode ini memerlukan biaya yang tinggi dan metode-metode tersebut tidak cocok untuk industri kecil. Diantara metode-metode tersebut, fotokatalisis merupakan proses yang lebih efektif, lebih murah dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama dibandingkan dengan metode lainnya (Shrivastava, 2012).

$\text{TiO}_2$  memiliki karakteristik tunggal yang membuat  $\text{TiO}_2$  menjadi fotokatalis yang sangat menarik. Karakteristik  $\text{TiO}_2$  antara lain reaktivitas fotokimia yang tinggi, aktivitas fotokatalisis yang tinggi, biaya murah, stabil dalam sistem cair dan tidak meracuni organisme lain (Saggioro et al., 2011). Fotokatalis bentuk serbuk sangat efektif untuk

menghancurkan zat organik sebagai polutan seperti zat warna (Rhodamin B, Metilen Biru dll.) Karena luas permukaannya yang besar, tetapi pengumpulan kembalinya menjadi masalah besar (Asteti, 2007). Untuk mengatasi masalah tersebut maka proses degradasi rhodamin B dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dan pengembangan material pendukung yaitu nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  merupakan solusi yang dapat diandalkan.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  adalah oksida besi yang paling banyak dijumpai di alam dan bersifat superparamagnetik. Sehingga dengan adanya sifat magnetik  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  serbuk fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dapat dipisahkan dari larutan zat warna.

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan di atas, sintesis nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  melalui metode kopresipitasi, sedangkan metode presipitasi digunakan untuk mengkapsulasi  $\text{TiO}_2$  terhadap  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan variasi massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Karakterisasi nanokomposit menggunakan SEM-EDAX dan x-ray diffraction (XRD), sedangkan uji degradasi terhadap pewarna rhodamin B dilakukan di bawah radiasi sinar UV kemudian larutan pewarna rhodamin B dianalisis menggunakan spektrofotometer uv-vis untuk mengetahui nilai absorbansinya.

## RUMUSAN MASALAH

- Bagaimana pengaruh massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap perbandingan fase  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{TiO}_2$  pada nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core-shell?
- Bagaimana pengaruh massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap morfologi nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core-shell?
- Bagaimana pengaruh massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap persentase berat atom Fe/Ti pada nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core-shell?
- Bagaimana pengaruh massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap persentase degradasi nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core-shell dalam mendegradasi Rhodamin B di bawah radiasi sinar UV?

## METODE PENELITIAN

### Sintesis Nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Sintesis Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dilakukan metode kopresipitasi. Pasir besi dilarutkan dengan HCl 12,07M hasil reaksi kemudian disaring. Setelah itu dititrasi dengan amonika 6,5M. Dari hasil reaksi ini akan terbentuk

endapan berwarna hitam, kemudian dicuci 4 kali menggunakan akuades.

### Sintesis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$ core-shell

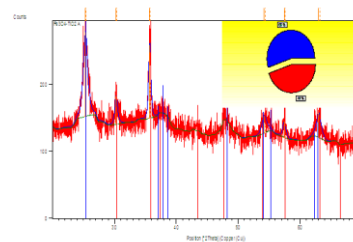
Sintesis nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dilakukan metode presipitasi. Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  diaduk dengan  $\text{TiCl}_4$  0,2M sebanyak 25ml kemudian dititrasi dengan  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  maka akan terbentuk  $\text{TiO}_2$  yang berupa gel yang membungkus nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Endapan ini kemudian dicuci dengan air deionisasi sebanyak 4 kali setelah itu dikeringkan dan disintering pada suhu  $500^\circ\text{C}$  dengan penahanan selama 2 jam.

### Karakterisasi nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$ core-shell

Nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core-shell hasil sintesis dikarakterisasi dengan XRD, SEM dan EDAX. Analisis fase kristal menggunakan software *High Score Plus*. Morfologi dan ukuran butir partikel dianalisis dengan software ImageJ. Persentase degradasi dianalisis dengan software Origin 8.

## HASIL PENELITIAN

### Data Hasil Uji XRD nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$ core-shell



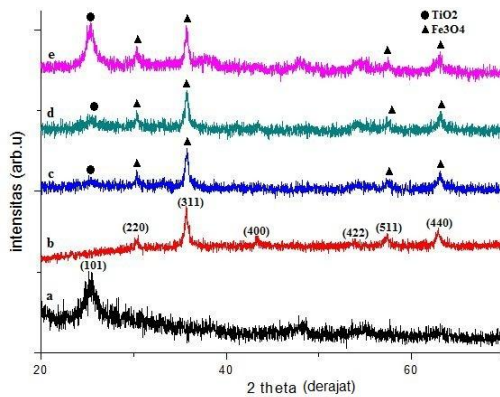
Gambar 1 Pola Difraksi  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  (1:1) Hasil Analisis *High Score Plus*

Berdasarkan analisis data dengan menggunakan software *High Score Plus* diperoleh informasi tentang kecocokan puncak difraksi  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  Core-Shell dengan data standar  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (01-075-0449) dan  $\text{TiO}_2$  (01-073-1764). Hasilnya menunjukkan bahwa pada pola difraksi  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  Core-Shell terdapat puncak  $\text{TiO}_2$  pada sudut hamburan ( $2\theta$ )  $25,31^\circ$ . Nilai perbandingan fase antara  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan  $\text{TiO}_2$  hasil analisis Software *High Score Plus* terangkum pada Tabel 1.

**Tabel 1. Persentase Fase Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan TiO<sub>2</sub> Hasil Analisis dengan software High Score Plus**

Bahan	Persentase kecocokan fase (%)	
	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	TiO <sub>2</sub>
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @TiO <sub>2</sub> (1:1)	45	55
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @TiO <sub>2</sub> (1,5:1)	87	13
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @TiO <sub>2</sub> (2:1)	94	6

Pada Gambar 2 terlihat puncak difraksi sinar-X TiO<sub>2</sub> pada semua variasi massa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> terorientasi pada bidang (101) dengan sudut 2θ sekitar 25,31°. Sesuai dengan penelitian oleh Thamaphat (2008) yang menyatakan bahwa bidang (101) pada 2θ 25° merupakan puncak dari fase anatase.



**Gambar 2 Pola difraksi (a). TiO<sub>2</sub> anatase (b). nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (c). Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> (2:1) (d). Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> (1,5:1) (e). Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> (1:1).**

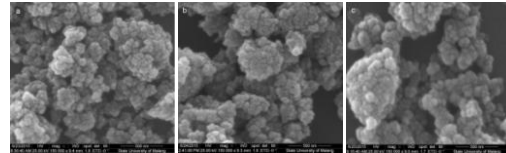
Dengan membandingkan Gambar 42(b) dan (e) intensitas puncak pola difraksi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> menurun dengan adanya kapsulasi TiO<sub>2</sub>. Intensitas puncak TiO<sub>2</sub> lebih tinggi dibandingkan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dikarenakan absorpsi X-Ray oleh TiO<sub>2</sub> yang terkapsulasi di permukaan inti Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Ma, 2013). Keberadaan kenaikan puncak TiO<sub>2</sub> mengindikasikan bahwa tidak ada fase baru yang terbentuk pada permukaan antara Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (*core*) dengan TiO<sub>2</sub> (*shell*). Hal ini menunjukkan hubungan antara permukaan inti (*core*) dengan kulit (*shell*) hanya dikarenakan oleh gaya adhesi (Hasanpour, 2012) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> (1:1)

Berdasarkan Gambar 2 (c), (d) dan (e) menunjukkan bahwa semakin tinggi massa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang digunakan dalam sintesis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> *Core-Shell* intensitas puncak TiO<sub>2</sub> pada sudut 25,31° semakin menurun, sebaliknya intensitas puncak Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> pada sudut 35,69° semakin tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sintesis nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> *Core-Shell* telah berhasil

dilakukan dengan metode presipitasi dengan perbandingan massa optimum antara Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan TiO<sub>2</sub> adalah 1:1.

### Morfologi nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> *core-shell*

Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> *core-shell*. Hasil pengujian Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> ditunjukkan oleh Gambar 3.



**Gambar 3 Hasil uji SEM nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> dengan variasi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:TiO<sub>2</sub> (a) 1:1 (b) 1,5:1 (c) 2:1.**

Berdasarkan Hasil karakterisasi SEM dengan perbesaran 150.000 kali, pada semua variasi massa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> morfologi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> yang terbentuk masih teraglomerasi atau tidak terdistribusi secara merata.

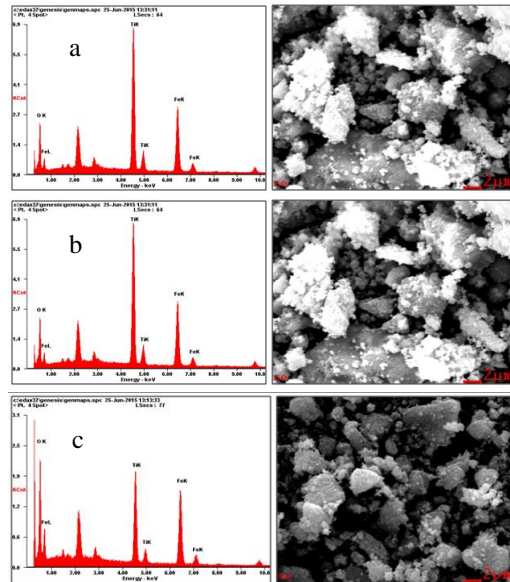
Analisis ukuran diameter partikel menggunakan software *ImageJ*. Dari analisis ini dapat diperoleh diameter rata-rata partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> yang dirangkum pada tabel 2. Semakin besar massa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nilai diameter partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> yang terbentuk juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan massa TiO<sub>2</sub> tetap menyebabkan butiran Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang terkapsulasi merupakan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang teraglomerasi.

**Tabel 2. rata-rata ukuran diameter partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub>**

rata-rata diameter partikel (nm)		
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @TiO <sub>2</sub> (1:1)	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @TiO <sub>2</sub> (1,5:1)	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> @TiO <sub>2</sub> (2:1)
38,504	40,608	72,802

### Komposisi unsur Fe/Ti pada Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> *Core-Shell*

Data yang diperoleh dari uji EDAX adalah komposisi unsur penyusun nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub>. Spektrum EDAX pada Gambar 4 menunjukkan keberadaan unsur Ti, Fe dan O pada sintesis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub>. Dari analisis ini dapat disimpulkan bahwa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> berhasil disintesis dengan metode presipitasi. Persentase atom relatif komposisi unsur pada Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> dirangkum dalam tabel 3.



Gambar 4 hasil Uji EDAX (a)  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  (1:1), (b)  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  (1,5:1), (c)  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  (2:1)

Tabel 3 komposisi unsur Fe/Ti pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$

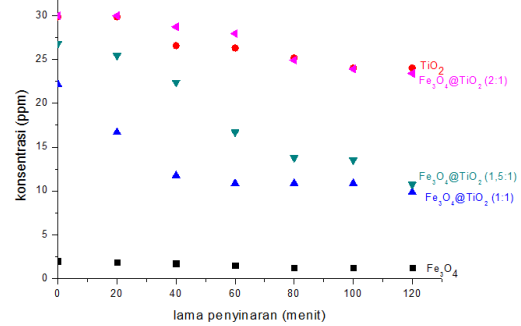
element	At%		
	(1:1)	(1,5:1)	(2:1)
OK	56,71	60,50	69,64
FeK	16,69	20,90	18,14
TiK	23,60	18,60	12,22
Fe/Ti	0,707	1,124	1,484

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan perbandingan yang sesuai dengan antara Fe/Ti. Semakin besar massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  maka nilai Fe/Ti juga semakin besar. Nilai Fe/Ti untuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4:\text{TiO}_2$  (1:1) adalah 0,0707 At%,  $\text{Fe}_3\text{O}_4:\text{TiO}_2$  (1,5:1) 1,124 At% dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4:\text{TiO}_2$  (2:1) adalah 1,484 At%.

#### Degradasi Rhodamin B menggunakan Fotokatalis Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$ Core-Shell

Proses fotokatalisis dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  Core-Shell diamati dengan degradasi pewarna Rhodamin B. Pada penelitian ini, sebanyak 20 mg  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  dicampur dengan 25 ml Rhodamin B 30 ppm. Larutan ini kemudian distirer dengan kecepatan 400 rpm selama 30 menit di dalam ruang gelap tujuannya untuk mencapai kestabilan adsorpsi-desorpsi antara bahan fotokatalis, Rhodamin B dan air (Xin, 2014). Campuran ini kemudian disinari dengan lampu UV 15 Watt dengan variasi waktu penyinaran 0, 20, 40, 60, 80, 100 dan 120 menit. Setelah disinari lampu UV, larutan Rhodamin B hasil reaksi diuji menggunakan

UV-Vis Spektrofotometer pada panjang gelombang 554 nm dan dicatat nilai absorbansi.

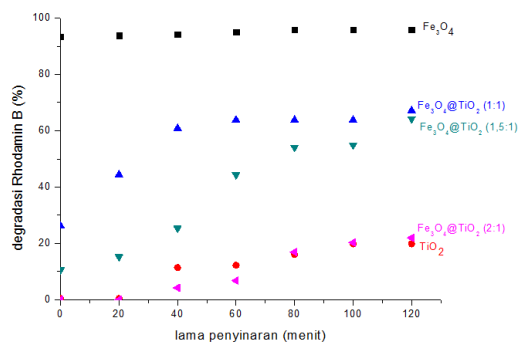


Gambar 5 plot kurva antara lama penyinaran dan konsentrasi Rhodamin B

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan nilai konsentrasi akhir Rhodamin B, pada menit ke-0 konsentrasi Rhodamin B setelah didegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  (2:1) sebesar 30 ppm hal ini dikarenakan belum terjadi reaksi fotokatalisis dan pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  (2:1) semua  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terbungkus sehingga tidak ada reaksi adsorpsi. Pada bahan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  (1,5:1) dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  (1,5:1) pada menit ke-0 telah dapat mendegradasi Rhodamin B hal ini kemungkinan terjadi akibat tidak seluruhnya  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terbungkus  $\text{TiO}_2$  sehingga  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berperilaku sebagai adsorban Rhodamin B.

Konsentrasi akhir yang didapat digunakan untuk menghitung persentase degradasi dengan menggunakan Persamaan 2 berikut.

$$\% \text{ degradasi zat warna} = \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$



Gambar 6 plot kurva antara lama penyinaran dan persentase degradasi Rhodamin B

Gambar 6 menunjukkan hasil uji efek lama penyinaran terhadap persentase degradasi Rhodamin B oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{TiO}_2$  dan berbagai variasi nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{TiO}_2$  core-shell. Lama penyinaran dapat memengaruhi persentase degradasi Rhodamin B, persentas

degradasi merupakan banyaknya Rhodamin B yang terdegradasi. Penelitian (Xin, 2014) menunjukkan bahwa lama penyinaran memengaruhi persentase degradasi Rhodamin B.

Persentase degradasi Rhodamin B paling tinggi dihasilkan oleh  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Sedangkan pada nanokomposit, persentase degradasi tertinggi dihasilkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  (1:1) dengan lama penyinaran 120 menit yaitu sebesar 67,17%. Kenaikan signifikan terjadi pada 20 menit pertama, namun setelah menit ke 20, persentase degradasi cenderung stabil yaitu sekitar 63%. Untuk  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  (1,5:1) dapat mendegradasi Rhodamin B 64,22% setelah lama penyinaran 120 menit. Sedangkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  (2:1) dan serbuk  $\text{TiO}_2$  dalam waktu 120 menit hanya dapat mendegradasi sebesar 21,97% dan 19,86%. Dari informasi ini dapat disimpulkan bahwa penambahan massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada sintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  menurunkan persentase degradasi Rhodamin B.

Lama penyinaran merupakan lamanya interaksi antara fotokatalis dengan sinar UV dalam menghasilkan OH radikal ( $\text{OH} \bullet$ ), OH radikal ( $\text{OH} \bullet$ ) inilah yang mendegradasi zat pewarna. Semakin lama waktu penyinaran maka akan meningkatkan energi foton yang dihasilkan. Energi foton yang semakin meningkat akan menghasilkan OH radikal ( $\text{OH} \bullet$ ) yang semakin banyak. OH radikal ( $\text{OH} \bullet$ ) merupakan oksidator yang kuat yang dapat mendegradasi zat pewarna (Andari, 2014).

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Semakin tinggi massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , perbandingan antara fase  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan fase  $\text{TiO}_2$  semakin meningkat.
- Semakin tinggi massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  maka semakin besar ukuran diameter partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  *core-shell* yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena semakin banyak  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  kapsulasi  $\text{TiO}_2$  terbentuk permukaan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang teraglomerasi.
- Semakin besar massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada sintesis nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  *core-shell* maka perbandingan komposisi Fe/Ti dalam berat atom juga semakin besar.
- Penambahan massa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  menyebabkan penurunan persentase degradasi Rhodamin B. Karena komposisi massa  $\text{TiO}_2$  yang terbentuk pada nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  *core-shell* semakin berkurang sehingga menurunkan aktivitas fotokatalisis.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada DP2M Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional atas sebagian pendanaan selama penelitian pada tahun 2015.

## REFERENSI

- Andari, N.D., Wardhani, Sri. 2014. Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -Zeolit untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem. Prog* 7 (1): 9-14.
- Asteti, 2007. Pembuatan Film Tipis  $\text{TiO}_2$  Fotokatalis pada Kaca dan Aplikasinya untuk Degradasi Metil Biru. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*, 133-137.
- Hasanpour, A., et al. 2012. A Novel Non-thermal process of  $\text{TiO}_2$ -shell Coating on  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  core Nanoarticles. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. 73: 1066-1070.
- Ma, Peichang., et al. 2013. Synthesis and photocatalytic property of  $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{TiO}_2$  core/shell nanoparticles supported by reduced graphene oxide sheets. *Jurnal of Alloys and Compounds*: 578: 501-506.
- Muarip, Samsul. 2013. Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B dengan Fotokatalis Komposit  $\text{TiO}_2$ - $\text{SiO}_2$ . Skripsi. Jurusan Kimia. Universitas Islam Negeri Sunan Kali Jaga Jogjakarta.
- Qodri, A.A., 2011. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dengan Fotokatalis Komposit  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ . Skripsi, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Shrivastava, V.S. 2012. Photocatalytic Degradation of Methylene blue dye and Chromium metal from wastewater using nanocrystalline  $\text{TiO}_2$  Semiconductor. *Scholars Research Library*, 4 (3): 1244-1254.
- Saggiaro, Enrico Mendes., et al. 2011. Use of Titanium Dioxide Photocatalysis on Remediation of Model Textile Wastewater Containing AZO Dyes. *Molecula*. 16: 10370-10386.

- Thamapat, Khaemrutai., et al. 2008. Phase Characterization of TiO<sub>2</sub> Powder by XRD and TEM. *J. Kasetsart (Nat Sci)* 42: 357-361.
- Xin, Tiejun., et al. 2014. A Facile Approach for Synthesis of Magnetic Separable Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@TiO<sub>2</sub> core-shell nanocomposites as highly recyclable Photocatalysts. *Applied Surface Sciences*, 288: 51-59.