

## PENGARUH *DOPING* MANGAN TERHADAP KEMAMPUAN KATALIS NANOPARTIKEL OKSIDA BESI UNTUK MENDEGRADASI *METHYLENE BLUE*

Ainun Syarifatul Fitri\*, Erwin  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: ainunsyarifatulfitri99@gmail.com

### ABSTRACT

*Undoped and manganese doped hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) nanoparticles were used as a catalyst to degrade methylene blue in aqueous solution. Hematite nanoparticles originate from Logas natural sand, Kuantan Singingi Regency. Natural sand was milled by ball milling method for 120 hours and then doped with manganese with composition of 0%, 10%, and 20% of the total mass using ball milling for 20 hours of each composition. The ability of undoped and manganese doped hematite nanoparticles as a catalyst to degrade methylene blue was studied using Uv-Vis spectrophotometry and showed an excellent ability to degrade methylene blue in aqueous solution. The degradation percentage of methylene blue using hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) undoped (Mn:0%) and manganese doped (10%) and (20%) hematite nanoparticles after 14 hours of reaction time is 87.305%, 99.627% and 98.880%.*

**Keywords:** Hematite, Manganese, Ball Milling, Degradation, Methylene Blue.

### ABSTRAK

*Nanopartikel magnetik hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) yang didoping unsur mangan (Mn) digunakan sebagai katalis untuk mendegradasi metilen biru. Nanopartikel magnetik hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) berasal dari pasir alam Desa Logas, Kabupaten Kuantan Singingi. Pasir alam disintesis dengan metode ball milling selama 120 Jam kemudian didoping unsur Mn sebanyak 0%, 10%, dan 20% dari total massa dan digiling dengan ball milling selama 20 jam. Pengujian kemampuan nanopartikel magnetik hematit yang didoping Mn sebagai katalis dalam mendegradasi metilen biru menggunakan metode spektrofotometri Uv-Vis dan menunjukkan kemampuan yang sangat baik dalam mendegradasi metilen biru. Persentase degradasi metilen biru menggunakan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ditambah katalis hematit didoping Mn 0%, 10% dan 20% setelah 14 jam bereaksi adalah 87,305%, 99,627% dan 98,880%.*

**Kata kunci:** Hematit, Mangan, Ball Milling, Degradasi, Metilen Biru.

### PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan air bersih dilingkungan masyarakat mulai berkurang akibat adanya pencemaran air oleh limbah masyarakat maupun limbah industri. Salah sumber pencemaran air adalah limbah industri tekstil. Kandungan bahan organik yang dikandung oleh limbah ini menjadi indikator pencemaran badan perairan [1]. Jumlah air limbah organik yang dihasilkan di Indonesia adalah sebesar 883 ton/hari, yang mana 29% dari beban ini berasal dari industri tekstil [2].

Pewarna sintesis memiliki harga yang murah, serta warnanya lebih tahan lama dan memiliki pilihan warna yang beragam. Limbah dari industri batik pada umumnya dibuang ke badan perairan seperti sungai, hal ini mengakibatkan penurunan kualitas air. Di alam terbuka pewarna sintesis sangat sulit terurai secara alami [3].

Metode degradasi menggunakan bahan katalis merupakan salah satu metode yang mampu meminimalisir zat pewarna dan limbah yang dapat merusak lingkungan. Hal ini berupa penguraian zat warna yang aman bagi lingkungan berupa komponen yang lebih

sederhana [4]. Partikel oksida besi dapat digunakan sebagai katalis karena memiliki luas permukaan yang tinggi [5].

Degradasi adalah suatu proses penguraian senyawa kompleks menjadi komponen sederhana dengan bantuan energi foton dan katalis. Efek yang terjadi akibat dari peristiwa degradasi adalah terjadi pengurangan berat molekul, yang dalam beberapa kasus produk akhir reaksi adalah molekul cairan dengan berat molekul rendah atau berupa senyawa dengan komponen sederhana. Bahan semikonduktor dapat digunakan dalam mempercepat laju reaksi sehingga dapat digunakan sebagai katalis dalam proses degradasi. Pada proses degradasi terjadi reaksi katalitik ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  menyebabkan terbentuk radikal hidroksil ( $\text{HO}^*$ ) yang merupakan oksidator kuat. Radikal hidroksil ( $\text{HO}^*$ ) mampu mengoksidasi senyawa-senyawa organik menjadi molekul yang sederhana. Tingkat degradasi limbah berpengaruh dengan berapa banyaknya radikal hidroksil ( $\text{HO}^*$ ), semakin banyak radikal hidroksil ( $\text{HO}^*$ ) yang dihasilkan maka degradasi dari limbah pun akan semakin banyak [6].

Radikal OH memiliki sifat yang reaktif sehingga dapat dengan mudah bereaksi dengan senyawa-senyawa organik, non organik, ataupun ion-ion logam membentuk reagen feton. Radikal OH akan menjadi senyawa peroksida apabila terjadi reaksi diantara sesama radikal OH dan terjadi dengan spontan. Ketika didalam air OH radikal bereaksi dengan reaktivitas yang tinggi dengan senyawa-senyawa yang ada disekitarnya. OH radikal dalam proses degradasi berkerja dalam dua bentuk yaitu OH radikal mengoksidasi molekul zat warna metilen biru dan OH radikal akan bergabung bersama-sama dan membentuk  $\text{O}_2$ , tetapi  $\text{O}_2$  tidak dapat mendegradasi molekul zat warna metilen biru [7].

Dalam penelitian ini akan dibahas pengaruh dari variasi Mn pada partikel hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dalam kemampuan untuk mendegradasi metilen biru. Metilen biru digunakan sebagai model air limbah dalam pengujian penelitian ini. Pemanfaatan partikel magnetik oksida besi diharapkan berfungsi sebagai katalis untuk

penjernihan air limbah. Nanopartikel hematit disintesis dari pasir alam Desa Logas Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau.

## METODE PENELITIAN

### Pendopongan Mangan

Oksida besi dan oksida lainnya yang berasal dari pasir alam yang telah dipisahkan menggunakan Iron Sand Separator dipisahkan kembali menggunakan magnet kuat yaitu NdFeB. Pada pemisahan ini dihasilkan mineral magnetik yang dinamakan dengan Produk NdFeB. Sampel yang telah melewati proses pemisahan menggunakan NdFeB dihancurkan menggunakan teknik ball milling. Bola milling yang digunakan adalah 1,5 cm sebanyak 26 buah, 0,7 cm sebanyak 115 buah dan 0,5 cm sebanyak 201 buah. Proses ball milling ini dilakukan selama 120 jam. Kemudian sampel kembali dipisahkan menggunakan magnet NdFeB antar partikel magnetik dan non magnetiknya.

Produk BM I yang telah dipisahkan didoping dengan menggunakan unsur Mn. Unsur Mn digunakan sebagai pendoping nanopartikel hematit dengan variasi konsentrasi (wt.%) 0%, 10%, dan 20% dari massa total nanopartikel hematit yaitu 15 gram. Penambahan unsur Mn ini bertujuan untuk meningkatkan aktifitas katalitik dari nanopartikel hematit. Proses doping dilakukan dengan mencampurkan partikel hematit (produk ball milling I) dan pendoping mangan dalam ball milling. Proses pendopingan ini masing-masing dilakukan selama 20 jam dengan ukuran bola milling yang sama seperti sebelumnya.

### Degradasi Metilen Biru

Degradasi metilen biru menggunakan katalis nanopartikel hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) yang telah didoping Mn dengan variasi mangan 0%, 10% dan 20% dari massa total nanopartikel hematit. Proses degradasi dilakukan dengan membuat larutan sebanyak 100 ml ke dalam gelas beaker. Larutan metilen biru 50 ppm sebanyak 25 ml,

Aqua DM sebanyak 60 ml dan 1 gram katalis. Larutan ini diaduk selama 30 menit didalam gelas beker dengan menggunakan batang pengaduk. Setelah itu ditambahkan larutan peroksida ( $H_2O_2$ ) sebanyak 15 ml dan diaduk kembali selama 1 jam. Larutan didiamkan selama 6 jam sebelum dilakukan proses sampling setiap 2 jam selama 14 jam. Kemudian larutan di sentrifuge selama 20 menit dengan tujuan memisahkan katalis dan metilen biru, kemudian serapan metilen biru diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Degradasi Metilen Biru menggunakan Katalis $\alpha-Fe_2O_3$ didoping Mn

Persentase efisiensi degradasi metilen biru ditentukan dengan perhitungan setelah diketahui absorbansi dari larutan. Berikut ditampilkan tabel 1 hasil perhitungan persentase efisiensi degradasi metilen biru.

**Tabel 1.** Persentase efisiensi degradasi metilen biru.

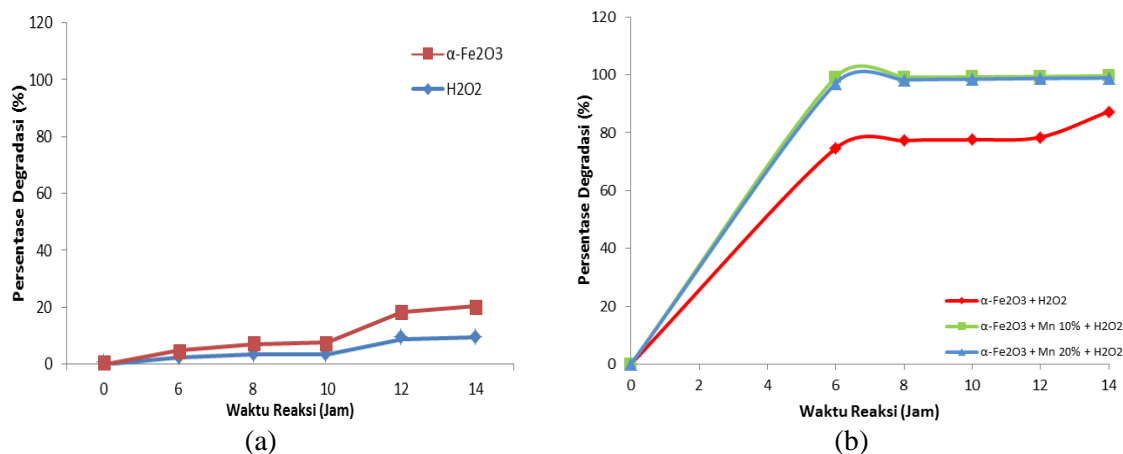
Waktu (Jam)	Absorbansi				
	$H_2O_2$	$\alpha-Fe_2O_3$	$\alpha-Fe_2O_3 + H_2O_2$	$\alpha-Fe_2O_3 + Mn\ 10\% + H_2O_2$	$\alpha-Fe_2O_3 + Mn\ 20\% + H_2O_2$
0	0	0	0	0	0
6	0,375	0,374	0,544	0,017	0,063
8	0,371	0,370	0,488	0,017	0,038
10	0,370	0,369	0,481	0,016	0,033
12	0,350	0,347	0,462	0,012	0,027
14	0,324	0,342	0,272	0,008	0,024

Dari tabel 3.1 diatas dapat dilihat bahwa persentase efisiensi degradasi dari metilen biru yang menggunakan oksidator  $H_2O_2$  dan nanopartikel magnetik ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) secara terpisah memiliki nilai yang sangat rendah. Degradasi metilen biru yang hanya menggunakan  $H_2O_2$  yaitu 9,57% meskipun waktu reaksinya hingga 14 jam dan degradasi metilen biru menggunakan katalis nanopartikel magnetik (hematit) tanpa

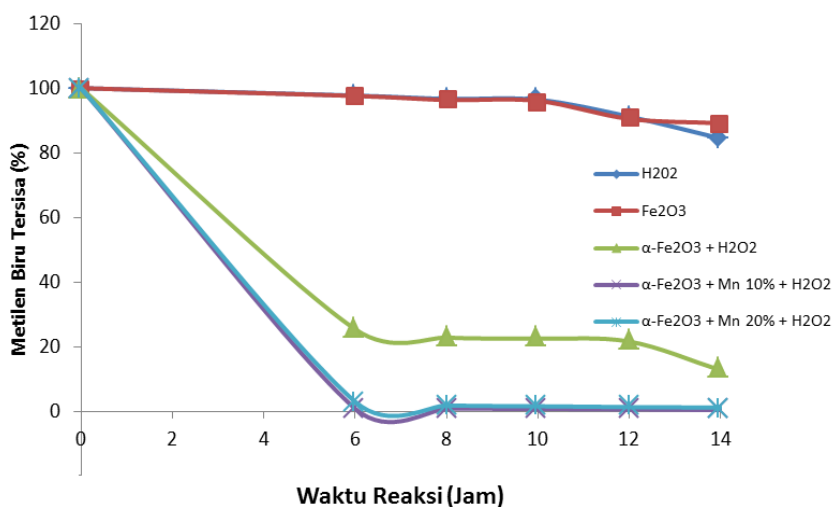
menggunakan  $H_2O_2$  memiliki nilai 10,85% setelah mengalami reaksi selama 14 jam. Persentase efisiensi paling tinggi adalah degradasi metilen biru yang dilakukan dengan menggunakan penambahan katalis hematit yang didoping dengan menggunakan mangan 10%. Persentase efisiensi degradasi dengan menggunakan katalis hematit yang telah didoping dengan mangan 10% terus meningkat bersama dengan penambahan waktu.

Persentase efisiensi degradasi menggunakan katalis hematit (Mn = 0%), hematit didoping mangan (Mn = 10% dan Mn = 20%) ditambah hidrogen peroksida untuk waktu reaksi selama 14 jam adalah 87,305%, 99,627% dan 98,880%. Persentase efisiensi degradasi metilen biru meningkat dengan bertambah komposisi mangan yang terkandung didalam katalis. Persentase efisiensi paling tinggi ketika menggunakan katalis hematit yang didoping dengan menggunakan mangan 10% yang merupakan jumlah optimal OH radikal untuk mendegradasi metilen biru. Katalis hematit yang didoping dengan menggunakan mangan 20% nilai persentase efisiensi degradasi lebih kecil dibandingkan dengan yang didoping dengan menggunakan 10% Mn. Penurunan persentase degradasi ini disebabkan oleh kelebihan ion Mn dan ion Fe dalam reaksi pembentukan senyawa OH radikal oleh katalis dan  $H_2O_2$  untuk mendegradasi molekul zat warna metilen biru.

Pada saat  $H_2O_2$  dicampurkan dengan larutan metilen biru yang telah ditambahkan katalis hematit didoping 10% dan 20% mangan terbentuk gelembung pada larutan yang menunjukkan terbentuknya  $O_2$ . Grafik Persentase degradasi metilen biru yang hanya menggunakan hidrogen peroksida saja dan katalis saja dapat dilihat pada Gambar 1 (a) dan Gambar 1 (b) dapat dilihat grafik persentase degradasi metilen biru menggunakan hidrogen peroksida yang ditambah katalis.



**Gambar 1.** (a) Grafik hubungan antara waktu reaksi (jam) dan efesiensidegradasi metilen biru (%) untuk hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dan α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (b) Grafik hubungan antara waktu reaksi (jam) dan efesiensi degradasimetilen biru (%) untuk nanopartikel magnetik (α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) + (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Nanopartikel magnetik (α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) + Mn (5%) + (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), dan Nanopartikel magnetik (α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) + Mn (20%) + (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).



**Gambar 2.** Grafik hubungan antara waktu reaksi (jam) dan metilen biru tersisa (%) untuk (a) hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), nanopartikel magnetik (α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), nanopartikel magnetik (α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) + (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Nanopartikel magnetik (α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)+Mn (5%)+(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), dan Nanopartikel magnetik (α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-)+Mn (20%)+(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

### Penentuan Persentase Metilen Biru Sisa menggunakan Katalis α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> didoping Mn

**Tabel 2.** Tabel persentase metilen biru yang tersisa.

Waktu (Jam)	Persentase Metilen Biru Tersisa (%)				
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	α-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	α-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	α-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Mn 10% + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	α-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Mn 20% + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
0	100	100	100	100	100
6	97,720	97,580	25,391	0,793	2,940
8	96,678	96,340	22,777	0,793	1,774
10	96,417	96,070	22,450	0,747	1,540
12	91,206	90,510	21,564	0,560	1,260
14	84,430	89,150	12,695	0,373	1,120

Penentuan persentase metilen biru yang tersisa menggunakan massa katalis hematit dapat dilihat pada Tabel 2 persentase metilen biru yang tersisa. Gambar 2 memperlihatkan grafik hubungan dari persentase metilen biru yang tersisa terhadap waktu reaksi dari proses degradasi metilen biru. Metilen biru yang tersisa dari proses degradasi setelah 14 jam yang hanya menggunakan hidrogen peroksida dan nanopartikel magnetik saja memiliki nilai yang sangat tinggi yaitu 84,430% dan 89,150%. Metilen biru yang tersisa dari degradasi dengan waktu 14 jam ditambahkan katalis nanopartikel

hemati yang telah didoping mangan 10% dan 20% sangat rendah yaitu 0,373% dan 1,120%. Degradasi menggunakan katalis memiliki metilen biru yang tersisa sangat sedikit dibandingkan dengan hanya menggunakan hidrogen peroksida atau nanopartikel magnetik saja. Penambahan katalis dapat mempercepat laju reaksi dalam proses degradasi yang mengakibatkan jumlah metilen biru yang tersisa bernilai sangat rendah.

## KESIMPULAN

Penggunaan oksidator hidrogen proksida ( $H_2O_2$ ) saja dan  $\alpha-Fe_2O_3$  saja menghasilkan persentase degradasi metilen biru yang rendah (2% sampai 10%) Sedangkan menggunakan gabungan antara oksidator dan katalis hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) didoping mangan dengan konsentrasi mangan 0%, 10% dan 20 % menghasilkan degradasi yang tinggi dimana persentase degradasi metilen biru meningkat yaitu 87.31%, 99.63% dan 98.88%. Pendopingan hematit ( $\alpha-Fe_2O_3$ ) dengan mangan menyebabkan bertambahnya kemampuan nanopartikel hematit dalam mendegradasi metilen biru dibandingkan dengan tanpa doping. Pendopingan dengan konsentrasi yang lebih besar dari 10 % menurunkan kemampuan degradasi dari hematit

## REFERENSI

1. Hendrasarie, N. (2001). Penggunaan PAC (Poly Alumunium Cholirida) untuk Menurunkan Warna pada Limbah Industri Tekstil dengan Proses Koagulasi Flokulasi. *Jurnal Aksial Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, III, hal 86-91.
2. Bank, W. (2012). *World Development Indicator Table 3.6: Water Pollution*. Retrieved from World Bank.
3. Agustina, T. E., Nurisman, E., Prasetyowati, Haryani, N., Cundari, L., Novisa, A., et al. (2011). Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintetis dengan Menggunakan Reagen Fenton. *Semantic Scholar*.
4. Rambang, T. M. (2018). Naraca Air dengan Metode Thornwhaite & Mather di DAS Martapura Kalimantan Selatan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 2, 214-225.
5. Yang, R. T., Chen, J. P., Kikkinides, E. S., Cheng, L. S., & Cichanowicz, J. E. (1992). Pillared Clays as Superior Catalysts for Selective Catalytic Reduction of Nitric Oxide with Ammonia. *I&EC Research*, 31, 1440-1445.
6. Charpiro, A. (1962). *Radiation Chemistry of Polymeric Systems (High Polymers)*. New York: John Wiley & Sons Inc.
7. Sari, W. K., & Awaludin, A. (2019). Dopping  $MnO_2$  Dengan 2 Metode Berbeda dan Pengaruhnya pada Metilen Biru. Universitas Riau.