

<b>Degradasi remazol yellow FG dengan katalis oksida besi/karbon aktif dengan metode fotokatalis</b>			
Tanggal	Author	Editor	Bukti
08/08/2022	Submission	Received	Lampiran 1
17/11/2022		Review 1	Lampiran 2
27/11/2022	Upload Revised		Lampiran 3
30/11/2022		Accepted and Publish	Lampiran 4

Lampiran 1

[jtk] Submission

Acknowledgement  Inbox



Lia Cundari 8 Aug 2022

to me 



Aster Rahayu:

Thank you for submitting the manuscript, "A Degradation of Remazol Yellow FG with Iron Oxide/Activated Carbon Catalyst using Photocatalyst Method" to Jurnal Teknik Kimia. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Submission URL: <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/authorDashboard/submission/1222>  
Username: asterrahayu

If you have any questions, please contact me.  
Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Lia Cundari

---

[Jurnal Teknik Kimia](#)

## Degradasi Remazol Yellow FG dengan Katalis Oksida Besi/Karbon Aktif dengan Metode Fotokatalis

### Degradation of Remazol Yellow FG with Iron Oxide/Activated Carbon Catalyst using Photocatalyst Method

Aster Rahayu\*, Lindi Juliantri, Rahma Yunita Amalia

Department of Chemical Engineering, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Banguntapan, Bantul, D.I.Yogyakarta, 55191

\*Email: aster.rahayu@che.uad.ac.id

#### Abstrak

Di Indonesia, industri tekstil dan produk tekstil adalah salah satu penyumbang terbesar dalam peningkatan perekonomian. Namun perkembangan industri yang pesat ini berbanding terbalik dengan keseimbangan lingkungan hidup. Salah satu yang menjadi masalah utama dari limbah cair yang dihasilkan industri tekstil yaitu berupa zat warna. Umumnya limbah cair yang dibuang industri tekstil termasuk senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dengan cepat sehingga dapat menyebabkan polutan bagi lingkungan terutama ekosistem perairan. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kandungan zat warna dalam limbah industri tekstil antara lain metode biologi, koagulasi, elektrokoagulasi, adsorpsi, ozonisasi, klorinasi. Namun, dari beberapa metode tersebut kurang efektif dalam mengatasi limbah zat warna tekstil bahkan seringkali menimbulkan persoalan baru bagi lingkungan. Salah satu metode pengolahan yang saat ini sedang dikembangkan untuk mendegradasi warna pada limbah cair yakni metode fotokatalis lampu UV-sinar matahari. Metode fotokatalis lampu UV-sinar matahari ini menggunakan oksidasi besi/karbon aktif sebagai katalis. Pengolahan sample warna dilakukan dengan memvariasikan waktu penyinaran, konsentrasi katalis dan memvariasikan jenis sinar yang di aplikasikan ke larutan sampel 200 ml dengan penambahan katalis sebesar 0,1 gram terhadap waktu penyinaran selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam penyinaran lampu UV dan sinar matahari sehingga didapat persentase penurunan absorbansi tertinggi pada konsentrasi katalis 4% FE dalam katalis karbon aktif dan lama penyinaran matahari selama 5 jam dengan penurunan sebesar 97,06% pada sampel limbah tenun.

**Kata Kunci:** Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fotokatalis, Karbon Aktif, Remazol Yellow FG

#### 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, industri tekstil dan produk tekstil adalah salah satu penyumbang terbesar dalam peningkatan perekonomian. Namun perkembangan industri yang pesat ini berbanding terbalik dengan keseimbangan lingkungan hidup. Salah satu yang menjadi masalah utama dari limbah cair yang dihasilkan industri tekstil yaitu berupa zat warna. Umumnya limbah cair yang dibuang industri tekstil termasuk senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dengan cepat sehingga dapat menyebabkan polutan bagi lingkungan terutama ekosistem perairan (Wijaya et al. 2006)

Zat warna yang umumnya sangat tahan terhadap proses penguraian oleh mikroorganisme dengan suatu perlakuan biologis konvensional maupun oksidasi fisik, hal ini disebabkan oleh zat warna memiliki struktur molekul kompleks (Fayazi et al. 2016). *Remazol Yellow FG* merupakan zat warna yang umum digunakan dalam industri tekstil. *Remazol Yellow FG* paling sering digunakan karena gugus kromofornya sangat mudah untuk menghasilkan warna-warna yang tahan uji dan cerah juga tergolong relatif murah (Trujillo-Reyes et al. 2012) Adanya *Remazol Yellow FG* di ekosistem perairan maupun lingkungan dapat terdegradasi dengan alami oleh bantuan sinar matahari. Namun, cahaya matahari sampai keperairan relatif lambat menyebabkan penimbunan *Remazol Yellow FG* di tanah dan dasar perairan akan lebih cepat terjadi. Selain itu *Remazol Yellow FG* pada ekosistem perairan dapat mengganggu aktifitas penyinaran cahaya matahari sampai didalam air, hal ini menyebabkan proses fotosintesis mikroalga terhambat dan kadar oksigen dalam air berkurang. Sehingga menghasilkan bau tak sedap karena aktifitas mikroorganisme anoksik-anaerobik terganggu (Lachheb et al. 2002; Ariguna, Wiratini, and Sastrawidana 2014).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mendegradasi kandungan zat warna pada badan air dengan fotokatalisis seperti *Remazol Brilliant Blue R*, *Remazol Yellow FG*, *Rhodamine B* dan *acid blue* (Subramani et al. 2007; Lee et al. 2020; Purnawan et al. 2021; Wahyuningsih et al. 2017; Qutub et al. 2022). Fotokatalitik merupakan gabungan antara reaksi fotokimia dan katalis. Terbentuknya pasangan elektron *hole* positif pada partikel semikonduktor adalah proses awal dari metode fotokatalitik. Radikal hidroksil merupakan hasil dari reaksi reduksi oksidasi dari pasangan elektron *hole* positif sehingga dapat mendegradasi zat warna organik berbahaya (Sakti et al. 2013).

Metode fotokatalitik dalam proses degradasi zat warna dibantu oleh katalis dan sinar matahari sehingga dapat menurunkan zat warna berbahaya. Reaktivitas yang tinggi diperoleh dari radikal hidroksil yang mempengaruhi zat warna yang terdegradasi (Santhosh et al. 2018). Proses degradasi oleh cahaya matahari berjalan lambat, maka dari itu untuk menaikkan laju degradasi digunakan metode fotokatalis yaitu oksida besi yang bersifat semikonduktor seperti  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $ZnO$ ,  $TiO_2$  serta  $CuO$  karena memiliki kemampuan fotokatalitik yang saat terkena cahaya pada panjang gelombang tertentu maka oksidator tersebut mampu untuk mendegradasi zat warna organik menjadi senyawa yang lebih sederhana (Chijioke-Okere et al. 2019; Shukla et al. 2022; Hassena 2016; Jagadale et al. 2012; Firak et al. 2022; Zhang et al. 2021)

Kombinasi karbon aktif dan  $Fe_2O_3$  akan dimanfaatkan untuk meningkatkan reaksi oksidasi dengan bantuan sinar matahari yang digunakan sebagai fotokatalis.  $Fe_2O_3$  menjadi material yang menarik dikarenakan memiliki *band gap* yang relatif kecil untuk memudahkan proses eksitasi elektron. Eksitasi elektron terkonduksi dengan energi yang tidak terlalu besar dari pita valensi menuju pita konduksi. Pada penelitian ini akan dipelajari faktor-faktor yang berpengaruh pada proses fotodegradasi zat warna khususnya *Remazol Yellow FG* yaitu waktu penyinaran, konsentrasi katalis, serta konsentrasi *Remazol Yellow FG* serta mempelajari efektifitas dan karakteristik dari karbon aktif/ $Fe_2O_3$  yang digunakan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Magnetic stirrer, Erlenmeyer, Oven, Lampu UV, Gelas beker, Gelas arloji, Botol vial 20 ml, Labu ukur, Propipet, Pipet ukur, Pipet tetes, Cuvet, Stopwatch, Cawan porselen, Mortar dan alu, Furnace, Spektrofotometer UV-Vis, Pengaduk kaca, Corong. Adapun bahan yang digunakan yaitu Pewarna tekstil *Remazol Yellow FG*,  $Fe_2O_3$ , Aquadest, Karbon aktif, Isopropanol 99%, dan  $H_2O_2$  30%.

### 2.1. Preparasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif

Karbon aktif yang telah dipersiapkan dihaluskan dan *discreening* dengan ukuran 40 mesh, kemudian dikeringkan dengan oven hingga homogen selama 1 jam dengan suhu 60 °C untuk menghilangkan pengotor. Selanjutnya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan variasi konsentrasi sebesar 2% dan 4% dilarutkan dengan isopropil alkohol 99% kemudian ditambahkan 5 gram karbon aktif, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam dan dikeringkan secara alami 24 jam. Karbon aktif dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang sudah kering kemudian dikalsinasi untuk menghilangkan NO<sub>2</sub>, pada suhu 300-500 °C selama 3 jam.

### 2.2. Proses Degradasi Remazol Yellow FG

Pada proses degradasi *Remazol Yellow FG* menggunakan variabel bebas yaitu konsentrasi katalis Fe, jenis sinar dan waktu penyinaran Sedangkan variabel terikat berupa konsentrasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

*Remazol Yellow FG* 200 ml yang akan didegradasi dengan metode fotokatalis ditambah dengan 5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Kemudian diambil sebanyak 5 ml sampel sebelum melakukan degradasi sebagai titik 0 jam. Lalu ditambahkan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif dengan konsentrasi 2% dan 4% kedalam masing-masing larutan *Remazol Yellow FG*. Kemudian disinari dengan lampu UV dengan variasi waktu selama 1,2,3,4,5 jam. Sebagai pembandingan larutan juga disinari dengan sinar matahari secara langsung dengan variasi waktu yang sama. Kemudian diukur persentase degradasinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 415 nm. Persentase removal dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ removal} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif

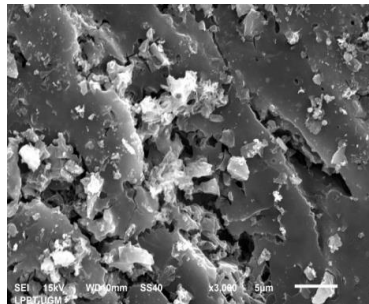
Pengujian larutan *Remazol Yellow FG* menggunakan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif sebanyak 5 gram yang telah dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada suhu 70 °C. Kemudian untuk perbandingan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam katalis Karbon Aktif yang digunakan sebesar 2% dan 4% dengan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebanyak 5 ml dalam larutan *Remazol Yellow FG* yang memiliki konsentrasi sebesar 20 ppm.

Setelah itu dilakukan proses degradasi dengan mencampurkan katalis pada larutan sampel *Remazol Yellow FG* dan sampel limbah tenun, lalu dihomogenkan dan dilakukan penyinaran dengan menggunakan variasi sinar lampu UV dan sinar matahari pada variasi waktu penyinaran selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Kemudian dilakukan pengecekan nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui persentase penurunan absorbansi setelah pemberian katalis.

Pada tahapan degradasi zat warna *Remazol Yellow FG*, ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan degradasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu proses distribusi oksida besi pada bagian permukaan karbon. Proses distribusi yang terjadi merata di atas permukaan dari karbon sehingga mampu memaksimalkan proses penjerapan. Pada Gambar 1 dapat dilihat morfologi permukaan katalis dengan 2% dan 4% kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Penyerbaran dengan 2% kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terlihat tidak terlalu merata seperti pada 4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi oksida yang digunakan yang dapat menutup permukaan karbon aktif sehingga sangat potensial untuk memiliki permukaan yang luas dengan pori-pori yang lebih besar sehingga gumpalan putih oksida besi dapat menempel pada permukaan karbon aktif



(a)



(c)

**Gambar 1.** (a) Hasil Analisis SEM untuk 2% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; (b) Hasil dari analisis SEM untuk 4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Pada Gambar 1(a) dapat dilihat bahwa oksida besi dengan konsentrasi 2% sudah cukup terdistribusi secara merata pada permukaan karbon, tetapi jumlah oksida besi masih belum cukup banyak untuk dapat terdistribusi dengan baik pada permukaan karbon yang luas. Sedangkan pada Gambar 1(b) dapat dilihat bahwa oksida besi pada konsentrasi 4% juga sudah terjadi proses distribusi dengan lebih merata, namun partikel-partikel yang terdapat pada oksida besi membentuk suatu *cluster* (kelompok), hal ini disebabkan karena oksida besi memiliki sifat magnet maka partikel menjadi berkelompok. Sehingga pada penelitian ini menggunakan konsentrasi Oksida Besi/Karbon Aktif terbaik yaitu konsentrasi 4%.

### 3.2. Pengaruh Konsentrasi Katalis Fe Terhadap persentase degradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG*

Pengaruh variasi konsentrasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dipelajari untuk mendapatkan persentase degradasi yang baik. Penambahan katalis pada proses degradasi zat warna dapat mempercepat proses pengikatan penurunan zat warna. Pengaruh konsentrasi dapat dilihat pada table 1.

**Tabel 1.** Pengaruh konsentrasi katalis pada persentase penurunan degradasi

No	Konsentrasi Katalis Fe (%)	Persentase penurunan (%)
1.	2%	84,19
2.	4%	92,22

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa persentase penurunan tertinggi terdapat divariasi konsentrasi katalis 4% yaitu sebesar 92,22%, sedangkan persentase penurunan yang lebih rendah terdapat pada penambahan konsentrasi katalis sebesar 2% yaitu sebesar 84,19%. Dapat terlihat jelas jika dengan penambahan konsentrasi katalis yang semakin banyak maka semakin cepat terjadi proses degradasi pada zat warna yang dilakukan pengujian. Penambahan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terlalu berlebihan memiliki pengaruh pada proses distribusi yang kurang merata dan terjadi proses aglomerasi, sehingga digunakan konsentrasi terbaik dalam penambahan katalis yaitu 4%. Pada konsentrasi 4% katalis dapat terdistribusi dengan lebih merata, dan partikel-partikel yang terdapat pada oksida besi membentuk suatu *cluster* (kelompok). Hal ini disebabkan karena oksida besi memiliki sifat magnet maka partikel menjadi berkelompok dan memudahkan dari proses pengikatan zat warna.

### 3.3. Pengaruh Waktu Penyinaran Terhadap Degradasi *Remazol Yellow FG*

Perbedaan waktu penyinaran memberikan efek persentase penurunan berbeda pada kemampuan degradasi dengan metode fotokatalis. Tabel 2 menunjukkan pengaruh variasi dari waktu penyinaran terhadap proses degradasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

**Tabel 2.** Pengaruh waktu penyinaran pada persentase degradasi

No	Variasi waktu penyinaran (jam)	Persentase Penurunan (%)
1	1	50,94
2	2	86,70
3	3	89,37
4	4	89,63
5	5	91,19

Dari Tabel 2. dapat dilihat bahwa penurunan absorbansi tertinggi adalah zat warna *Remazol Yellow FG* dengan waktu penyinaran paling lama yaitu 5 jam diikuti oleh waktu penyinaran 4 jam, 3 jam dan 2 jam peningkatan persentase penurunan absorbansi berbanding lurus dengan lama waktu penyinaran hal ini disebabkan karena semakin lama waktu penyinaran maka proses pengikatan katalis dan penyebaran elektronnya semakin tinggi. Sedangkan persentase penurunan paling sedikit pada penyinaran waktu 1 jam. Hal ini disebabkan oleh proses penyerapan warna terhadap penyinaran yang kurang maksimal sehingga partikel zat warna tidak terikat secara maksimal dan penurunannya tidak signifikan.

Selain itu dengan waktu penyinaran lama waktu kontak katalis dan cahaya menjadi efektif karena ruang kosong pada katalis yang hampa terisi dengan cahaya dan mengikat zat warna sehingga terjadi penurunan yang signifikan. Disamping itu semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak elektron yang terus tereksitasi sehingga semakin banyak pula  $H^+$  yang terbentuk. Semakin banyak  $H^+$ , maka radikal hidroksil juga akan semakin banyak yang akan berperan dalam proses fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

### 3.4. Pengaruh Jenis Sinar Terhadap Persentase Degradasi

Proses penyinaran, energi foton yang diserap oleh fotokatalis  $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif pada permukaan semakin banyak, sehingga akan mudah mendegradasi *Remazol Yellow FG*. Tabel 3 merupakan pengaruh jenis sinar terhadap persentase degradasi.

**Tabel 3.** Pengaruh jenis sinar terhadap persentase degradasi

No	Variasi Jenis Sinar	Persentase penurunan(%)
1	Lampu UV	89,72
2	Sinar Matahari	92,22

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa fotodegradasi absorbansi dari *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan 2 jenis sinar cukup signifikan, penyinaran zat warna dengan cahaya dapat membantu untuk mencapai fotokatalis menjadi lebih mudah. Persentase degradasi dengan sinar matahari lebih signifikan yaitu sebesar 92,22% dibandingkan dengan penyinaran lampu UV yaitu sebesar 89,72%. Hal ini disebabkan oleh penyinaran dengan matahari memiliki energi foton yang tinggi daripada lampu UV, energi foton yang dihasilkan sinar matahari mampu mempercepat proses fotokatalis untuk menghasilkan radikal radikal OH daripada penyinaran lampu UV, serta dengan adanya katalis Fe dapat meningkatkan energi kinetik dan proses penyebaran katalis didaerah sinar tampak yang disinari oleh foton dari cahaya matahari yang tinggi dan zat warna menjadi pudar sehingga nilai absorbansinya menjadi menurun.

Selain itu ada faktor lain yang menyebabkan sinar matahari lebih efektif digunakan dalam proses degradasi *Remazol Yellow FG* dibandingkan lampu UV yaitu perbedaan intensitas cahaya dan suhu dari sinar matahari sehingga menyebabkan jumlah radikal OH juga berbeda namun sebenarnya intensitas cahaya matahari yang sampai ke bumi dipengaruhi oleh jenis musim serta awan namun dari hasil penelitian ini dapat terlihat bahwa fotokatalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif dengan sinar matahari lebih efektif digunakan pada proses fotodegradasi *Remazol Yellow FG*.

### 3.5. Kondisi Optimum Terhadap Proses Degradasi *Remazol Yellow FG* dan Aplikasi pada Limbah Tenun

Observasi terhadap kondisi degradasi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan katalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif dilanjutkan pada kondisi optimum proses degradasi. Penyinaran sinar matahari selama 5 jam dengan menggunakan katalis dengan konsentrasi 4% menghasilkan persentase degradasi yang cukup besar yaitu 92,05%. Katalis dengan konsentrasi 4% menyebabkan persebaran pengikatan elektron katalis Fe terhadap zat warna lebih merata dibandingkan dengan penambahan konsentrasi yang telah dibahas sebelumnya yaitu 2%. Jika konsentrasi ditingkatkan maka molekul-molekul pengikat membentuk kelompok menyebabkan kompetisi antar molekul *Remazol Yellow FG* semakin besar sehingga zat warna *Remazol Yellow FG* berada kondisi jenuh selanjutnya *Remazol Yellow FG* terikat oleh katalis Fe dan terjadi proses degradasi. Selain itu dengan sinar matahari memberikan pengaruh yang cukup signifikan karena sinar matahari memiliki energi foton yang membantu mempercepat proses fotokatalis untuk mendegradasi zat warna sehingga probabilitas eksitasi elektronik dalam *Remazol Yellow FG* semakin kecil. Hal ini akan menyebabkan molekul yang terdapat pada *Remazol Yellow FG* semakin sedikit sehingga absorbansinya menurun. Waktu penyinaran 5 jam sangat efektif dalam proses degradasi disebabkan waktu penyinaran adalah waktu yang dibutuhkan pada proses interaksi antara fotokatalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif dengan sinar matahari dalam menghasilkan OH radikal. OH radikal merupakan oksidator kuat yang dapat digunakan untuk mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*. Semakin banyak OH radikal yang dihasilkan, maka semakin banyak pula zat warna yang mengalami proses degradasi (Wardhani et al. 2015)

Kondisi optimum proses degradasi selanjutnya diaplikasikan pada proses degradasi limbah tenun. Dengan melakukan proses pengulangan sebanyak 3 kali didapatkan hasil degradasi limbah tenun sebesar 97,06%. Sehingga dalam hal ini dapat diartikan jika degraaplikasi yang diterapkan berhasil, penurunan absorbansi limbah ini disebabkan karena beberapa hal diantaranya pada limbah tenun terdapat berbagai macam zat warna yang salah satunya terdapat *Remazol Yellow FG*, karena sifat dari zat warna itu sendiri jika diberikan zat pengikat molekul warna yaitu katalis serta disinari dengan cahaya dengan intensitas yang cukup besar dan dengan waktu yang lama maka molekul zat warna terpecah dan menjadi pudar sehingga menurunkan nilai absorbansinya.

Selain itu dengan penyinaran sinar matahari memberikan hasil degradasi yang optimum karena penyinaran dengan sinar matahari yang sebagian besar merupakan sinar tampak maka terjadi proses adsorpsi pada permukaan fotokatalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon aktif akan berguna sebagai sensitizer sinar tampak. Sensitizer sinar tampak dapat menyebabkan Fe akan tetap aktif pada daerah sinar tampak yang komponen paling besar dari sinar matahari, sensitizer zat warna menyebabkan laju degradasi zat warna pada limbah tenun tidak hanya dipengaruhi oleh hole+ dari fotokatalis yang menghasilkan radikal hidroksil saja, namun juga dipengaruhi oleh hole+ yang diperoleh dari sensitizer zat warna yang langsung mendegradasi zat warna pada limbah tenun tersebut (Lachheb et al. 2002).

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan jika proses degradasi *Remazol Yellow FG* dapat dilakukan dengan menggunakan katalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif dengan konsentrasi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 4%, penyinaran dilakukan dengan menggunakan sinar matahari selama 5 jam. Proses degradasi ini dapat diaplikasikan pada limbah tenun dengan persentase degradasi sebesar 97,06%.

## DAFTAR PUSTAKA

Ariguna, I Wayan Sapta Pratama, Ni Made Wiratini, and I Dewa Ketut Sastrawidana. 2014. "Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow Fg* Dan Limbah Tekstil Buatan Dengan Teknik Elektrokatalisis." *E-Journal*



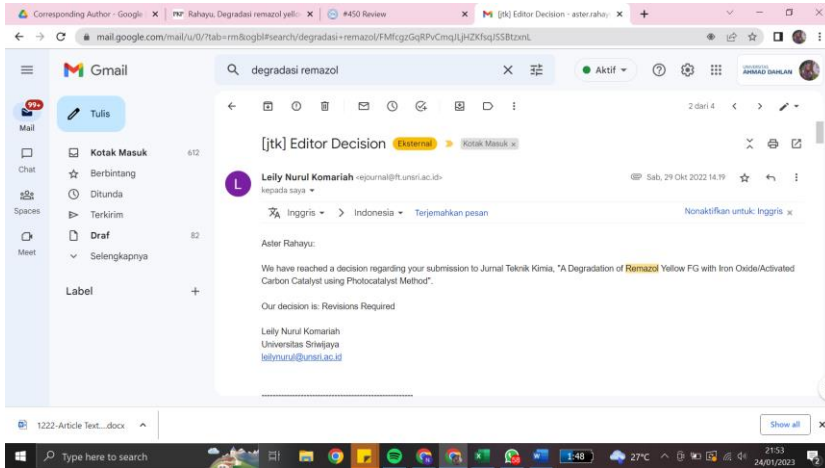
*Kimia Visvitalis* 2: 127–37.

- Chijioke-Okere, Maureen O., Nnaemeka John Okorochoa, Basil N. Anukam, and Emeka E. Oguzie. 2019. "Photocatalytic Degradation of a Basic Dye Using Zinc Oxide Nanocatalyst." *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 81 (equation 1): 18–26. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ilcpa.81.18>.
- Fayazi, Maryam, Mohammad Ali Taher, Daryoush Afzali, and Ali Mostafavi. 2016. "Enhanced Fenton-like Degradation of Methylene Blue by Magnetically Activated Carbon/Hydrogen Peroxide with Hydroxylamine as Fenton Enhancer." *Journal of Molecular Liquids* 216: 781–87. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.01.093>.
- Firak, Daniele Scheres, Luca Farkas, Máté Náfrádi, and Tünde Alapi. 2022. "Degradation of Chlorinated and Hydroxylated Intermediates in UVA/ClO<sub>2</sub> Systems: A Chlorine-Based Advanced Oxidation Process Investigation." *Journal of Environmental Chemical Engineering* 10 (3). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107554>.
- Hassena, Haile. 2016. "Photocatalytic Degradation of Methylene Blue by Using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nano Composite under Visible Light." *Modern Chemistry & Applications* 4 (1): 3–7. <https://doi.org/10.4172/2329-6798.1000176>.
- Jagdale, Tushar, Manjusha Kulkarni, D. Pravarthana, Wegdan Ramadan, and Pragati Thakur. 2012. "Photocatalytic Degradation of Azo Dyes Using Au:TiO<sub>2</sub>, γ-Fe<sub>3</sub>O<sub>3</sub>:TiO<sub>2</sub> Functional Nanosystems." *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 12 (2): 928–36. <https://doi.org/10.1166/jnn.2012.5171>.
- Lachheb, Hinda, Eric Puzenat, Ammar Houas, Mohamed Ksibi, Elimame Elaloui, Chantal Guillard, and Jean Marie Herrmann. 2002. "Photocatalytic Degradation of Various Types of Dyes (Alizarin S, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Red, Methylene Blue) in Water by UV-Irradiated Titania." *Applied Catalysis B: Environmental* 39 (1): 75–90. [https://doi.org/10.1016/S0926-3373\(02\)00078-4](https://doi.org/10.1016/S0926-3373(02)00078-4).
- Lee, Seong Youl, Dooho Kang, Sehee Jeong, Hoang Tung Do, and Joon Heon Kim. 2020. "Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Dye by TiO<sub>2</sub> and Gold Nanoparticles Supported on a Floating Porous Polydimethylsiloxane Sponge under Ultraviolet and Visible Light Irradiation." *ACS Omega* 5 (8): 4233–41. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04127>.
- Purnawan, Candra, Sayekti Wahyuningsih, Oktaviani Nur Aniza, and Octaria Priwidya Sari. 2021. "Photocatalytic Degradation of Remazol Brilliant Blue R and Remazol Yellow FG Using TiO<sub>2</sub> Doped Cd, Co, Mn." *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis* 16 (4): 804–15. <https://doi.org/10.9767/bcrec.16.4.11423.804-815>.
- Qutub, Nida, Preeti Singh, Suhail Sabir, Suresh Sagadevan, and Won Chun Oh. 2022. "Enhanced Photocatalytic Degradation of Acid Blue Dye Using CdS/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite." *Scientific Reports* 12 (1): 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09479-0>.
- Sakti, Rizky Bimanda, Agus Subagio, Heri Sutanto, and Jurusan Fisika. 2013. "SINTESIS LAPISAN TIPIS NANOKOMPOSIT TiO<sub>2</sub>/CNT MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL DAN APLIKASINYA UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA AZO ORANGE 3R." *Youngster Physics Journal* 2 (1): 41–48.
- Santhosh, Chella, A. Malathi, Ehsan Daneshvar, Pratap Kollu, and Amit Bhatnagar. 2018. "Photocatalytic Degradation of Toxic Aquatic Pollutants by Novel Magnetic 3D-TiO<sub>2</sub>@HPGA Nanocomposite." *Scientific Reports* 8 (1): 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33818-9>.
- Shukla, Brijesh Kumar, Shalu Rawat, Mayank Kumar Gautam, Hema Bhandari, Seema Garg, and Jiwan Singh. 2022. "Photocatalytic Degradation of Orange G Dye by Using Bismuth Molybdate: Photocatalysis Optimization and Modeling via Definitive Screening Designs." *Molecules* 27 (7). <https://doi.org/10.3390/molecules27072309>.
- Subramani, A. K., K. Byrappa, S. Ananda, K. M. Lokanatha Rai, C. Ranganathaiah, and M. Yoshimura. 2007. "Photocatalytic Degradation of Indigo Carmine Dye Using TiO<sub>2</sub> Impregnated Activated Carbon." *Bulletin*

*of Materials Science* 30 (1): 37–41. <https://doi.org/10.1007/s12034-007-0007-8>.

- Trujillo-Reyes, J sica, Vctor S nchez-Mendieta, Marcos Jos  Solache-Ros, and Arturo Col n-Cruz. 2012. "Removal of Remazol Yellow from Aqueous Solution Using Fe-Cu and Fe-Ni Nanoscale Oxides and Their Carbonaceous Composites." *Environmental Technology* 33 (5): 545–54. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.584571>.
- Wahdah, Rihaul. 2013. "Kadar Amonia (NH<sub>3</sub>) Pada Urin Bayi Laki-Laki Dan Bayi Perempuan Yang Berusia Kurang Dari Enam Bulan Dan Kaitannya Dengan Perbedaan Hukum Kenajisannya Menurut Islam."
- Wahyuningsih, Sayekti, Puji Estiningsih, Velina Anjani, Liya N.M.Z. Saputri, Candra Purnawan, and Edi Pramono. 2017. "Enhancing Remazol Yellow FG Decoloration by Adsorption and Photoelectrocatalytic Degradation." *Molekul* 12 (2): 126. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2017.12.2.321>.
- Wardhani, Sri, Rachmat T Triandi, Pemta Tia Deka, and Alif Rohmatil Jannah. 2015. "SINTESIS FOTOKATALIS Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZEOLIT UNTUK UJI FOTODEGRADASI ZAT WARNA JINGGA METIL." *Prosiding SEMIRATA*, no. Iii: 700–709.
- Wijaya, Karna, Eko Sugiharto, Is Fatimah, Sri Sudiono, and Diyan Kurniaysih. 2006. "UTILISASI TiO<sub>2</sub>-ZEOLIT DAN SINAR UV UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED." *Teknoin* 11 (3): 199–209. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol11.iss3.art4>.
- Zhang, Rong, Yanlan Ma, Wenting Lan, Dur E. Sameen, Saeed Ahmed, Jianwu Dai, Wen Qin, Suqing Li, and Yaowen Liu. 2021. "Enhanced Photocatalytic Degradation of Organic Dyes by Ultrasonic-Assisted Electrospray TiO<sub>2</sub>/Graphene Oxide on Polyacrylonitrile/ $\beta$ -Cyclodextrin Nanofibrous Membranes." *Ultrasonics Sonochemistry* 70 (August 2020): 105343. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105343>.

## Lampiran 2



## Degradasi Remazol Yellow FG dengan Katalis Oksida Besi/Karbon Aktif dengan Metode Fotokatalis

### Degradation of Remazol Yellow FG with Iron Oxide/Activated Carbon Catalyst using Photocatalyst Method

#### Abstrak

Di Indonesia, industri tekstil dan produk tekstil adalah salah satu penyumbang terbesar dalam peningkatan perekonomian. Namun perkembangan industri yang pesat ini berbanding terbalik dengan keseimbangan lingkungan hidup. Salah satu yang menjadi masalah utama dari limbah cair yang dihasilkan industri tekstil yaitu berupa zat warna. Umumnya limbah cair yang dibuang industri tekstil termasuk senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dengan cepat sehingga dapat menyebabkan polutan bagi lingkungan terutama ekosistem perairan. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kandungan zat warna dalam limbah industri tekstil antara lain metode biologi, koagulasi, elektrokoagulasi, adsorpsi, ozonisasi, klorinasi. Namun, dari beberapa metode tersebut kurang efektif dalam mengatasi limbah zat warna tekstil bahkan seringkali menimbulkan persoalan baru bagi lingkungan. Salah satu metode pengolahan yang saat ini sedang dikembangkan untuk mendegradasi warna pada limbah cair yakni metode fotokatalis lampu UV-sinar matahari. Metode fotokatalis lampu UV-sinar matahari ini menggunakan oksidasi besi/karbon aktif sebagai katalis. Pengolahan sample warna dilakukan dengan memvariasikan waktu penyinaran, konsentrasi katalis dan memvariasikan jenis sinar yang di aplikasikan ke larutan sampel 200 ml dengan penambahan katalis sebesar 0,1 gram terhadap waktu penyinaran selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam penyinaran lampu UV dan sinar matahari sehingga didapat persentase penurunan absorbansi tertinggi pada konsentrasi katalis 4 % FE dalam katalis karbon aktif dan lama penyinaran matahari selama 5 jam dengan penurunan sebesar 97,06 % pada sampel limbah tenun.

**Kata Kunci:**  $Fe_2O_3$ , Fotokatalis, Karbon Aktif, Remazol Yellow FG

#### 1. PENDAHULUAN

**Commented [I1]:** Kurang abstract (abstrak dalam Bahasa Inggris)

**Commented [I2]:** Mungkin kalimatnya dibalik → Industri dan produk tekstil di Indonesia....

**Commented [I3]:** sampel

**Commented [I4]:** jangan 1 kalimat, terlalu Panjang, buat 2 kalimat

Di Indonesia, industri tekstil dan produk tekstil adalah salah satu penyumbang terbesar dalam peningkatan perekonomian. Namun perkembangan industri yang pesat ini berbanding terbalik dengan keseimbangan lingkungan hidup. Salah satu yang menjadi masalah utama dari limbah cair yang dihasilkan industri tekstil yaitu berupa zat warna. Umumnya limbah cair yang dibuang industri tekstil termasuk senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dengan cepat sehingga dapat menyebabkan polutan bagi lingkungan terutama ekosistem perairan (Wijaya dkk. 2006)

Zat warna yang umumnya sangat tahan terhadap proses penguraian oleh mikroorganisme dengan suatu perlakuan biologis konvensional maupun oksidasi fisik, hal ini disebabkan oleh zat warna memiliki struktur molekul kompleks (Fayazi dkk. 2016). *Remazol Yellow FG* merupakan zat warna yang umum digunakan dalam industri tekstil. *Remazol Yellow FG* paling sering digunakan karena karena gugus kromofornya sangat mudah untuk menghasilkan warna-warna yang tahan uji dan cerah juga tergolong relatif murah (Trujillo-Reyes dkk. 2012) Adanya *Remazol Yellow FG* di ekosistem perairan maupun lingkungan dapat terdegradasi dengan alami oleh bantuan sinar matahari. Namun, cahaya matahari sampai keperairan relatif lambat menyebabkan penimbunan *Remazol Yellow FG* di tanah dan dasar perairan akan lebih cepat terjadi. Selain itu *Remazol Yellow FG* pada ekosistem perairan dapat mengganggu aktifitas penyinaran cahaya matahari sampai didalam air, hal ini menyebabkan proses fotosintesis mikroalga terhambat dan kadar oksigen dalam air berkurang. Sehingga menghasilkan bau tak sedap karena aktifitas mikroorganisme anoksik-anaerobik terganggu (Lachheb dkk. 2002; Ariguna dkk. 2014).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mendegradasi kandungan zat warna pada badan air dengan fotokatalisis seperti *Remazol Brilliant Blue R*, *Remazol Yellow FG*, *Rhodamine B* dan *acid blue* (Subramani dkk. 2007; Lee dkk. 2020; Purnawan dkk. 2021; Wahyuningsih dkk. 2017; Qutub dkk. 2022). Fotokatalitik merupakan gabungan antara reaksi fotokimia dan katalis. Terbentuknya pasangan elektron *hole* positif pada partikel semikonduktor adalah proses awal dari metode fotokatalitik. Radikal hidroksil merupakan hasil dari reaksi reduksi oksidasi dari pasangan elektron *hole* positif **sehinguel** dapat mendegradasi zat warna organik berbahaya (Sakti dkk. 2013).

Metode fotokatalitik dalam proses degradasi zat warna dibantu oleh katalis dan sinar matahari sehingga dapat menurunkan zat warna berbahaya. Reaktivitas yang tinggi diperoleh dari radikal hidroksil yang mempengaruhi zat warna yang terdegradasi (Santhosh dkk. 2018). Proses degradasi oleh cahaya matahari berjalan lambat, maka dari itu untuk menaikkan laju degradasi digunakan metode fotokatalis yaitu oksida besi yang bersifat semikonduktor seperti  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $ZnO$ ,  $TiO_2$  serta  $CuO$  karena memiliki kemampuan fotokatalitik yang saat terkena cahaya pada panjang gelombang tertentu maka oksidator tersebut mampu untuk mendegradasi zat warna organik menjadi senyawa yang lebih sederhana (Chijioke-Okere dkk. 2019; Shukla dkk. 2022; Hassena 2016; Jagadale dkk. 2012; Firak dkk. 2022; Zhang dkk. 2021)

Kombinasi karbon aktif dan  $Fe_2O_3$  akan dimanfaatkan untuk meningkatkan reaksi oksidasi dengan bantuan sinar matahari yang digunakan sebagai fotokatalis.  $Fe_2O_3$  menjadi material yang menarik dikarenakan memiliki *band gap* yang relatif kecil untuk memudahkan proses eksitasi elektron. Eksitasi elektron terkonduksi dengan energi yang tidak terlalu besar dari pita valensi menuju pita konduksi. Pada penelitian ini akan dipelajari faktor-faktor yang berpengaruh pada proses fotodegradasi zat warna khususnya *Remazol Yellow FG* yaitu waktu penyinaran, konsentrasi katalis, serta konsentrasi *Remazol Yellow FG* serta mempelajari efektifitas dan karakteristik dari karbon aktif/ $Fe_2O_3$  yang digunakan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Magnetic stirrer, Erlenmeyer, Oven, Lampu UV, Gelas beker, Gelas arloji, Botol vial 20 ml, Labu ukur, Propipet, Pipet ukur, Pipet tetes, Cuvet, Stopwatch, Cawan porselen, Mortar dan alu, Furnace, Spektrofotometer UV-Vis, Pengaduk kaca, Corong. Adapun bahan yang digunakan yaitu Pewarna tekstil *Remazol Yellow FG*,  $Fe_2O_3$ , Aquadest, Karbon aktif, Isopropanol 99 %, dan  $H_2O_2$  30 %.

### 3.6. Preparasi $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif

Karbon aktif yang telah dipersiapkan dihaluskan dan *discreening* dengan ukuran 40 mesh, kemudian dikeringkan dengan oven hingga homogen selama 1 jam dengan suhu  $60\text{ }^\circ\text{C}$  untuk menghilangkan pengotor.

Commented [I5]: ??

Selanjutnya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan variasi konsentrasi sebesar 2 % dan 4 % dilarutkan dengan isopropil alkohol 99 % kemudian ditambahkan 5 gram karbon aktif, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam dan dikeringkan secara alami 24 jam. Karbon aktif dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang sudah kering kemudian dikalsinasi untuk menghilangkan NO<sub>2</sub>, pada suhu 300-500 °C selama 3 jam.

### 3.7. Proses Degradasi Remazol Yellow FG

Pada proses degradasi *Remazol Yellow FG* menggunakan variabel bebas yaitu konsentrasi katalis Fe, jenis sinar dan waktu penyinaran. Sedangkan variabel terikat berupa konsentrasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

*Remazol Yellow FG* 200 ml yang akan didegradasi dengan metode fotokatalis ditambah dengan 5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Kemudian diambil sebanyak 5 ml sampel sebelum melakukan degradasi sebagai titik 0 jam. Lalu ditambahkan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif dengan konsentrasi 2 % dan 4 % kedalam masing-masing larutan *Remazol Yellow FG*. Kemudian disinari dengan lampu UV dengan variasi waktu selama 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Sebagai perbandingan larutan juga disinari dengan sinar matahari secara langsung dengan variasi waktu yang sama. Kemudian diukur persentase degradasinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 415 nm. Persentase removal dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ removal} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \% \quad (1)$$

Commented [I6]: Sumber??

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

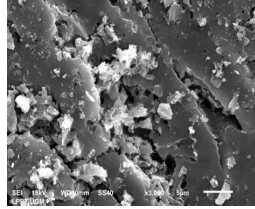
### 4.1. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif

Pengujian larutan *Remazol Yellow FG* menggunakan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif sebanyak 5 gram yang telah dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada suhu 70 °C. Kemudian untuk perbandingan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam katalis Karbon Aktif yang digunakan sebesar 2 % dan 4 % dengan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebanyak 5 ml dalam larutan *Remazol Yellow FG* yang memiliki konsentrasi sebesar 20 ppm. Selanjutnya dilakukan proses degradasi dengan mencampurkan katalis pada larutan sampel *Remazol Yellow FG* dan sampel limbah tenun, lalu dihomogenkan dan dilakukan penyinaran dengan menggunakan variasi sinar lampu UV dan sinar matahari pada variasi waktu penyinaran selama 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Kemudian dilakukan pengecekan nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui persentase penurunan absorbansi setelah pemberian katalis.

Pada tahapan degradasi zat warna *Remazol Yellow FG*, ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan degradasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu proses distribusi oksida besi pada bagian permukaan karbon. Proses distribusi yang terjadi merata di atas permukaan dari karbon sehingga mampu memaksimalkan proses penyerapan. Pada Gambar 1 dapat dilihat morfologi permukaan katalis dengan 2 % dan 4 % kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Penyerbaran dengan 2 % kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terlihat tidak terlalu merata seperti pada 4 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi oksida yang digunakan yang dapat menutup permukaan karbon aktif sehingga sangat potensial untuk memiliki permukaan yang luas dengan pori-pori yang lebih besar sehingga gumpalan putih oksida besi dapat menempel pada permukaan karbon aktif.



(a)



(b)

**Gambar 1.** (a) Hasil Analisis SEM untuk 2 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; (b) Hasil dari analisis SEM untuk 4 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Pada Gambar 1(a) dapat dilihat bahwa oksida besi dengan konsentrasi 2 % sudah cukup terdistribusi secara merata pada permukaan karbon, tetapi jumlah oksida besi masih belum cukup banyak untuk dapat terdistribusi dengan baik pada permukaan karbon yang luas. Sedangkan pada Gambar 1(b) dapat dilihat bahwa oksida besi pada konsentrasi 4 % juga sudah terjadi proses distribusi dengan lebih merata, namun partikel-partikel yang terdapat pada oksida besi membentuk suatu *cluster* (kelompok), hal ini disebabkan karena oksida besi memiliki sifat magnet maka partikel menjadi berkelompok. Sehingga pada penelitian ini menggunakan konsentrasi Oksida Besi/Karbon Aktif terbaik yaitu konsentrasi 4 %.

#### 4.2. Pengaruh Konsentrasi Katalis Fe Terhadap persentase degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG

Pengaruh variasi konsentrasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dipelajari untuk mendapatkan persentase degradasi yang baik. Penambahan katalis pada proses degradasi zat warna dapat mempercepat proses pengikatan penurunan zat warna. Pengaruh konsentrasi dapat dilihat pada Table 1.

**Tabel 1.** Pengaruh konsentrasi katalis pada persentase penurunan degradasi

No	Konsentrasi Katalis Fe (%)	Persentase penurunan (%)
1.	2	84,19
2.	4	92,22

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa persentase penurunan tertinggi terdapat divariasi konsentrasi katalis 4 % yaitu sebesar 92,22 %, sedangkan persentase penurunan yang lebih rendah terdapat pada penambahan konsentrasi katalis sebesar 2 % yaitu sebesar 84,19 %. Dapat terlihat jelas jika dengan penambahan konsentrasi katalis yang semakin banyak maka semakin cepat terjadi proses degradasi pada zat warna yang dilakukan pengujian. Penambahan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terlalu berlebihan memiliki pengaruh pada proses distribusi yang kurang merata dan terjadi proses aglomerasi, sehingga digunakan konsentrasi terbaik dalam penambahan katalis yaitu 4 %. Pada konsentrasi 4 % katalis dapat terdistribusi dengan lebih merata, dan partikel-partikel yang terdapat pada oksida besi membentuk suatu *cluster* (kelompok). Hal ini disebabkan karena oksida besi memiliki sifat magnet maka partikel menjadi mengelompok dan memudahkan dari proses pengikatan zat warna.

**Commented [17]:** Apakah dua variasi ini bisa mewakili persentase penurunan degradasi?

**Commented [18]:** konsentrasi (perbaiki typo2 lainnya)

**Commented [19]:** konsentrasi

**Commented [110]:** konsentrasi

#### 4.3. Pengaruh Waktu Penyinaran Terhadap Degradasi Remazol Yellow FG

Perbedaan waktu penyinaran memberikan efek persentase penurunan berbeda pada kemampuan degradasi dengan metode fotokatalis. Tabel 2 menunjukkan pengaruh variasi dari waktu penyinaran terhadap proses degradasi zat warna Remazol Yellow FG.

**Tabel 2.** Pengaruh waktu penyinaran pada persentase degradasi

No	Variasi waktu penyinaran (jam)	Persentase Penurunan (%)
1	1	50,94
2	2	86,70

3	3	89,37
4	4	89,63
5	5	91,19

Dari Tabel 2. dapat dilihat bahwa penurunan absorbansi tertinggi adalah zat warna *Remazol Yellow FG* dengan waktu penyinaran paling lama yaitu 5 jam diikuti oleh waktu penyinaran 4 jam, 3 jam dan 2 jam peningkatan persentase penurunan absorbansi berbanding lurus dengan lama waktu penyinaran hal ini disebabkan karena semakin lama waktu penyinaran maka proses pengikatan katalis dan penyebaran elektronnya semakin tinggi. Sedangkan persentase penurunan paling sedikit pada penyinaran waktu 1 jam. Hal ini disebabkan oleh proses penyerapan warna terhadap penyinaran yang kurang maksimal sehingga partikel zat warna tidak terikat secara maksimal dan penurunannya tidak signifikan.

Selain itu dengan waktu penyinaran lama waktu kontak katalis dan cahaya menjadi efektif karena ruang kosong pada katalis yang hampa terisi dengan cahaya dan mengikat zat warna sehingga terjadi penurunan yang signifikan. Disamping itu semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak elektron yang terus tereksitasi sehingga semakin banyak pula  $H^+$  yang terbentuk. Semakin banyak  $H^+$ , maka radikal hidroksil juga akan semakin banyak yang akan berperan dalam proses fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

**Commented [I11]:** Adakah teori yang menguatkan pernyataan ini?

#### 4.4. Pengaruh Jenis Sinar Terhadap Persentase Degradasi

Proses penyinaran, energi foton yang diserap oleh fotokatalis  $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif pada permukaan semakin banyak, sehingga akan mudah mendegradasi *Remazol Yellow FG*. Tabel 3 merupakan pengaruh jenis sinar terhadap persentase degradasi.

**Tabel 3.** Pengaruh jenis sinar terhadap persentase degradasi

No	Variasi Jenis Sinar	Persentase penurunan(%)
1	Lampu UV	89,72
2	Sinar Matahari	92,22

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa fotodegradasi absorbansi dari *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan 2 jenis sinar cukup signifikan, penyinaran zat warna dengan cahaya dapat membantu untuk mencapai fotokatalis menjadi lebih mudah. Persentase degradasi dengan sinar matahari lebih signifikan yaitu sebesar 92,22 % dibandingkan dengan penyinaran lampu UV yaitu sebesar 89,72 %. Hal ini disebabkan oleh penyinaran dengan matahari memiliki energi foton yang tinggi daripada lampu UV, energi foton yang dihasilkan sinar matahari mampu mempercepat proses fotokatalis untuk menghasilkan radikal radikal OH daripada penyinaran lampu UV, serta dengan adanya katalis Fe dapat meningkatkan energi kinetik dan proses penyebaran katalis didaerah sinar tampak yang disinari oleh foton dari cahaya matahari yang tinggi dan zat warna menjadi pudar sehingga nilai absorbansinya menjadi menurun.

**Commented [I12]:** Sebaiknya diperkuat dengan pernyataan dari penelitian sebelumnya

Selain itu ada faktor lain yang menyebabkan sinar matahari lebih efektif digunakan dalam proses degradasi *Remazol Yellow FG* dibandingkan lampu UV yaitu perbedaan intensitas cahaya dan suhu dari sinar matahari sehingga menyebabkan jumlah radikal OH juga berbeda namun sebenarnya intensitas cahaya matahari yang sampai ke bumi dipengaruhi oleh jenis musim serta awan namun dari hasil penelitian ini dapat terlihat bahwa fotokatalis  $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif dengan sinar matahari lebih efektif digunakan pada proses fotodegradasi *Remazol Yellow FG*.

#### 4.5. Kondisi Optimum Terhadap Proses Degradasi *Remazol Yellow FG* dan Aplikasi pada Limbah Tenun

Observasi terhadap kondisi degrassi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan katalis  $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif dilanjutkan pada kondisi optimum proses degradasi. Penyinaran sinar matahari selama 5 jam dengan menggunakan katalis dengan konsentrasi 4 % menghasilkan persentase degradasi yang cukup besar yaitu 92,05



% Katalis dengan konsentrasi 4 % menyebabkan persebaran pengikatan elektron katalis Fe terhadap zat warna lebih merata dibandingkan dengan penambahan konsentrasi yang telah dibahas sebelumnya yaitu 2 %. Jika konsentrasi ditingkatkan maka molekul-molekul pengikat membentuk kelompok menyebabkan kompetisi antar molekul *Remazol Yellow FG* semakin besar sehingga zat warna *Remazol Yellow FG* berada kondisi jenuh selanjutnya *Remazol Yellow FG* terikat oleh katalis Fe dan terjadi proses degradasi. Selain itu dengan sinar matahari memberikan pengaruh yang cukup signifikan karena sinar matahari memiliki energi foton yang membantu mempercepat proses fotokatalis untuk mendegradasi zat warna sehingga probabilitas eksitasi elektronik dalam *Remazol Yellow FG* semakin kecil. Hal ini akan menyebabkan molekul yang terdapat pada *Remazol Yellow FG* semakin sedikit sehingga absorbansinya menurun. Waktu penyinaran 5 jam sangat efektif dalam proses degradasi disebabkan waktu penyinaran adalah waktu yang dibutuhkan pada proses interaksi antara fotokatalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif dengan sinar matahari dalam menghasilkan OH radikal. OH radikal merupakan oksidator kuat yang dapat digunakan untuk mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*. Semakin banyak OH radikal yang dihasilkan, maka semakin banyak pula zat warna yang mengalami proses degradasi (Wardhani dkk. 2015)

Kondisi optimum proses degradasi selanjutnya diaplikasikan pada proses degradasi limbah tenun. Dengan melakukan proses pengulangan sebanyak 3 kali didapatkan hasil degradasi limbah tenun sebesar 97,06 %. Sehingga dalam hal ini dapat diartikan jika degraaplikasi yang diterapkan berhasil, penurunan absorbansi limbah ini disebabkan karena beberapa hal diantaranya pada limbah tenun terdapat berbagai macam zat warna yang salah satunya terdapat *Remazol Yellow FG*, karena sifat dari zat warna itu sendiri jika diberikan zat pengikat molekul warna yaitu katalis serta disinari dengan cahaya dengan intensitas yang cukup besar dan dengan waktu yang lama maka molekul zat warna terpecah dan menjadi pudar sehingga menurunkan nilai absorbansinya.

Selain itu dengan penyinaran sinar matahari memberikan hasil degradasi yang optimum karena penyinaran dengan sinar matahari yang sebagian besar merupakan sinar tampak maka terjadi proses adsorpsi pada permukaan fotokatalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon aktif akan berguna sebagai sensitizer sinar tampak. Sensitizer sinar tampak dapat menyebabkan Fe akan tetap aktif pada daerah sinar tampak yang komponen paling besar dari sinar matahari, sensitizer zat warna menyebabkan laju degradasi zat warna pada limbah tenun tidak hanya dipengaruhi oleh hole+ dari fotokatalis yang menghasilkan radikal hidroksil saja, namun juga dipengaruhi oleh hole+ yang diperoleh dari sensitizer zat warna yang langsung mendegradasi zat warna pada limbah tenun tersebut (Lachheb dkk. 2002).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan jika proses degradasi *Remazol Yellow FG* dapat dilakukan dengan menggunakan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif dengan konsentrasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 4 %, penyinaran dilakukan dengan menggunakan sinar matahari selama 5 jam. Proses degradasi ini dapat diaplikasikan pada limbah tenun dengan persentase degradasi sebesar 97,06 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ariguna, I Wayan Sapta Pratama, Ni Made Wiratini, and I Dewa Ketut Sastrawidana. 2014. "Degradasi Zat Warna Remazol Yellow Fg Dan Limbah Tekstil Buatan Dengan Teknik Elektrokatalisis." *E-Journal Kimia Visitalis* 2: 127–37.
- Chijioke-Okere, Maureen O., Nnaemeka John Okorocho, Basil N. Anukam, and Emeka E. Oguzie. 2019. "Photocatalytic Degradation of a Basic Dye Using Zinc Oxide Nanocatalyst." *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 81 (equation 1): 18–26. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ilcpa.81.18>.
- Fayazi, Maryam, Mohammad Ali Taher, Daryoush Afzali, and Ali Mostafavi. 2016. "Enhanced Fenton-like Degradation of Methylene Blue by Magnetically Activated Carbon/Hydrogen Peroxide with Hydroxylamine as Fenton Enhancer." *Journal of Molecular Liquids* 216: 781–87. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.01.093>.
- Firak, Daniele Scheres, Luca Farkas, Máté Náfrádi, and Tünde Alapi. 2022. "Degradation of Chlorinated and

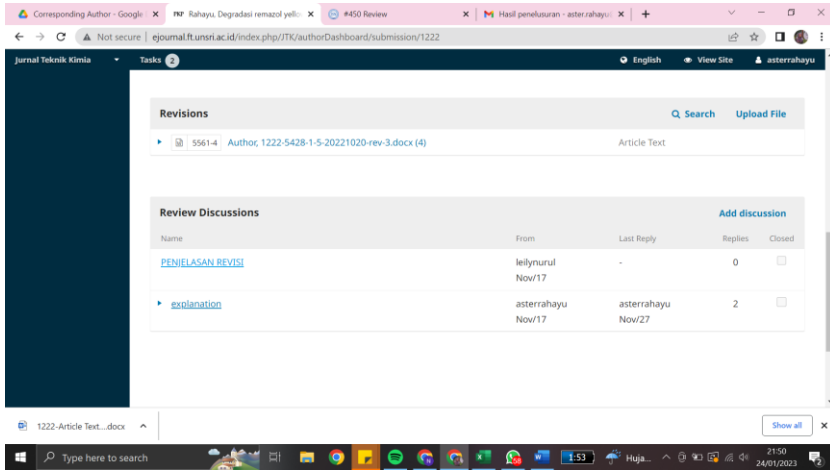
- Hydroxylated Intermediates in UVA/CIO<sub>2</sub> Systems: A Chlorine-Based Advanced Oxidation Process Investigation.” *Journal of Environmental Chemical Engineering* 10 (3). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107554>.
- Hassena, Haile. 2016. “Photocatalytic Degradation of Methylene Blue by Using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nano Composite under Visible Light.” *Modern Chemistry & Applications* 4 (1): 3–7. <https://doi.org/10.4172/2329-6798.1000176>.
- Jagdale, Tushar, Manjusha Kulkarni, D. Pravarthana, Wegdan Ramadan, and Pragati Thakur. 2012. “Photocatalytic Degradation of Azo Dyes Using Au:TiO<sub>2</sub>, γ-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:TiO<sub>2</sub> Functional Nanosystems.” *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 12 (2): 928–36. <https://doi.org/10.1166/jnn.2012.5171>.
- Lachheb, Hinda, Eric Puzenat, Ammar Houas, Mohamed Ksibi, Elimame Elaloui, Chantal Guillard, and Jean Marie Herrmann. 2002. “Photocatalytic Degradation of Various Types of Dyes (Alizarin S, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Red, Methylene Blue) in Water by UV-Irradiated Titania.” *Applied Catalysis B: Environmental* 39 (1): 75–90. [https://doi.org/10.1016/S0926-3373\(02\)00078-4](https://doi.org/10.1016/S0926-3373(02)00078-4).
- Lee, Seong Youl, Dooho Kang, Sehee Jeong, Hoang Tung Do, and Joon Heon Kim. 2020. “Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Dye by TiO<sub>2</sub> and Gold Nanoparticles Supported on a Floating Porous Polydimethylsiloxane Sponge under Ultraviolet and Visible Light Irradiation.” *ACS Omega* 5 (8): 4233–41. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04127>.
- Purnawan, Candra, Sayekti Wahyuningsih, Oktaviani Nur Aniza, and Octaria Priwidya Sari. 2021. “Photocatalytic Degradation of Remazol Brilliant Blue R and Remazol Yellow FG Using TiO<sub>2</sub> Doped Cd, Co, Mn.” *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis* 16 (4): 804–15. <https://doi.org/10.9767/bcrec.16.4.11423.804-815>.
- Qutub, Nida, Preeti Singh, Suhail Sabir, Suresh Sagadevan, and Won Chun Oh. 2022. “Enhanced Photocatalytic Degradation of Acid Blue Dye Using CdS/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite.” *Scientific Reports* 12 (1): 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09479-0>.
- Sakti, Rizky Bimanda, Agus Subagio, Heri Sutanto, and Jurusan Fisika. 2013. “Sintesis Lapisan Tipis Nanokomposit TiO<sub>2</sub>/CNT Menggunakan Metode Sol-Gel dan Aplikasinya Untuk Fotodegradasi Zat Warna Azo Orange 3R.” *Youngster Physics Journal* 2 (1): 41–48.
- Santhosh, Chella, A. Malathi, Ehsan Daneshvar, Pratap Kollu, and Amit Bhatnagar. 2018. “Photocatalytic Degradation of Toxic Aquatic Pollutants by Novel Magnetic 3D-TiO<sub>2</sub>@HPGA Nanocomposite.” *Scientific Reports* 8 (1): 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33818-9>.
- Shukla, Brijesh Kumar, Shalu Rawat, Mayank Kumar Gautam, Hema Bhandari, Seema Garg, and Jiwan Singh. 2022. “Photocatalytic Degradation of Orange G Dye by Using Bismuth Molybdate: Photocatalysis Optimization and Modeling via Definitive Screening Designs.” *Molecules* 27 (7). <https://doi.org/10.3390/molecules27072309>.
- Subramani, A. K., K. Byrappa, S. Ananda, K. M. Lokanatha Rai, C. Ranganathaiah, and M. Yoshimura. 2007. “Photocatalytic Degradation of Indigo Carmine Dye Using TiO<sub>2</sub> Impregnated Activated Carbon.” *Bulletin of Materials Science* 30 (1): 37–41. <https://doi.org/10.1007/s12034-007-0007-8>.
- Trujillo-Reyes, Jéscica, Vctor Sánchez-Mendieta, Marcos José Solache-Ros, and Arturo Colín-Cruz. 2012. “Removal of Remazol Yellow from Aqueous Solution Using Fe-Cu and Fe-Ni Nanoscale Oxides and Their Carbonaceous Composites.” *Environmental Technology* 33 (5): 545–54. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.584571>.
- Wahdah, Rihaul. 2013. “Kadar Amonia (NH<sub>3</sub>) Pada Urin Bayi Laki-Laki Dan Bayi Perempuan Yang Berusia Kurang Dari Enam Bulan Dan Kaitannya Dengan Perbedaan Hukum Kenajisannya Menurut Islam.”
- Wahyuningsih, Sayekti, Puji Estiningsih, Velina Anjani, Liya N.M.Z. Saputri, Candra Purnawan, and Edi Pramono. 2017. “Enhancing Remazol Yellow FG Decoloration by Adsorption and Photoelectrocatalytic Degradation.” *Molekul* 12 (2): 126. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2017.12.2.321>.
- Wardhani, Sri, Rachmat T Triandi, Pemta Tia Deka, and Alif Rohmatil Jannah. 2015. “Sintesis Fotokatalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-

Zeolit Untuk Uji Fotodegradasi Zat Warna Jingga Metil.” *Prosiding SEMIRATA*, no. Iii: 700–709.

Wijaya, Karna, Eko Sugiharto, Is Fatimah, Sri Sudiono, and Diyan Kurniaysih. 2006. “UTILISASI TiO<sub>2</sub>-ZEOLIT DAN SINAR UV UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED.” *Teknoin* 11 (3): 199–209. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol11.iss3.art4>.

Zhang, Rong, Yanlan Ma, Wenting Lan, Dur E. Sameen, Saeed Ahmed, Jianwu Dai, Wen Qin, Suqing Li, and Yaowen Liu. 2021. “Enhanced Photocatalytic Degradation of Organic Dyes by Ultrasonic-Assisted Electrospray TiO<sub>2</sub>/Graphene Oxide on Polyacrylonitrile/ $\beta$ -Cyclodextrin Nanofibrous Membranes.” *Ultrasonics Sonochemistry* 70 (August 2020): 105343. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105343>.

### Lampiran 3



## Degradasi Remazol Yellow FG dengan Katalis Oksida Besi/Karbon Aktif dengan Metode Fotokatalis

### Degradation of Remazol Yellow FG with Iron Oxide/Activated Carbon Catalyst using Photocatalyst Method

Aster Rahayu\*, Lindi Juliantri, Rahma Yunita Amalia

*Department of Chemical Engineering, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Banguntapan, Bantul, D.I.Yogyakarta, 55191*

*\*Email: aster.rahayu@che.uad.ac.id*

#### Abstrak

Di Indonesia, industri tekstil dan produk tekstil adalah salah satu penyumbang terbesar dalam peningkatan perekonomian. Namun perkembangan industri yang pesat ini berbanding terbalik dengan keseimbangan lingkungan hidup. Salah satu yang menjadi masalah utama dari limbah cair yang dihasilkan industri tekstil yaitu berupa zat warna. Umumnya limbah cair yang dibuang industri tekstil termasuk senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dengan cepat sehingga dapat menyebabkan polutan bagi lingkungan terutama ekosistem perairan. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kandungan zat warna dalam limbah industri tekstil antara lain metode biologi, koagulasi, elektrokoagulasi, adsorpsi, ozonisasi, klorinasi. Namun, dari beberapa metode tersebut kurang efektif dalam mengatasi limbah zat warna tekstil bahkan seringkali menimbulkan persoalan baru bagi lingkungan. Salah satu metode pengolahan yang saat ini sedang dikembangkan untuk mendegradasi warna pada limbah cair yakni metode fotokatalis lampu UV-sinar matahari. Metode fotokatalis lampu UV-sinar matahari ini menggunakan oksidasi besi/karbon aktif sebagai katalis. Pengolahan sample warna dilakukan dengan memvariasikan waktu penyinaran, konsentrasi katalis dan memvariasikan jenis sinar yang di aplikasikan ke larutan sampel 200 ml dengan penambahan katalis sebesar 0,1 gram terhadap waktu penyinaran selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam penyinaran lampu UV dan sinar matahari sehingga didapat persentase penurunan absorbansi tertinggi pada konsentrasi katalis 4% FE dalam katalis karbon aktif dan lama penyinaran matahari selama 5 jam dengan penurunan sebesar 97,06% pada sampel limbah tenun.

**Kata Kunci:**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Fotokatalis, Karbon Aktif, Remazol Yellow FG

#### 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, industri tekstil dan produk tekstil adalah salah satu penyumbang terbesar dalam peningkatan perekonomian. Namun perkembangan industri yang pesat ini berbanding terbalik dengan keseimbangan lingkungan hidup. Salah satu yang menjadi masalah utama dari limbah cair yang dihasilkan industri tekstil yaitu berupa zat warna. Umumnya limbah cair yang dibuang industri tekstil termasuk senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dengan cepat sehingga dapat menyebabkan polutan bagi lingkungan terutama ekosistem perairan (Wijaya et al. 2006)

Zat warna yang umumnya sangat tahan terhadap proses penguraian oleh mikroorganisme dengan suatu perlakuan biologis konvensional maupun oksidasi fisik, hal ini disebabkan oleh zat warna memiliki struktur molekul kompleks (Fayazi et al. 2016). *Remazol Yellow FG* merupakan zat warna yang umum digunakan dalam industri tekstil. *Remazol Yellow FG* paling sering digunakan karena karena gugus kromofornya sangat mudah untuk menghasilkan warna-warna yang tahan uji dan cerah juga tergolong relatif murah (Trujillo-Reyes et al. 2012) Adanya *Remazol Yellow FG* di ekosistem perairan maupun lingkungan dapat terdegradasi dengan alami oleh bantuan sinar matahari. Namun, cahaya matahari sampai keperairan relatif lambat menyebabkan penimbunan *Remazol Yellow FG* di tanah dan dasar perairan akan lebih cepat terjadi. Selain itu *Remazol Yellow FG* pada ekosistem perairan dapat mengganggu aktifitas penyinaran cahaya matahari sampai didalam air, hal ini menyebabkan proses fotosintesis mikroalga terhambat dan kadar oksigen dalam air berkurang. Sehingga menghasilkan bau tak sedap karena aktifitas mikroorganisme anoksik-anaerobik terganggu (Lachheb et al. 2002; Ariguna, Wiratini, and Sastrawidana 2014).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mendegradasi kandungan zat warna pada badan air dengan fotokatalisis seperti *Remazol Brilliant Blue R*, *Remazol Yellow FG*, *Rhodamine B* dan *acid blue* (Subramani et al. 2007; Lee et al. 2020; Purnawan et al. 2021; Wahyuningsih et al. 2017; Qutub et al. 2022). Fotokatalitik merupakan gabungan antara reaksi fotokimia dan katalis. Terbentuknya pasangan elektron *hole* positif pada partikel semikonduktor adalah proses awal dari metode fotokatalitik. Radikal hidroksil merupakan hasil dari reaksi reduksi oksidasi dari pasangan elektron *hole* positif sehingga dapat mendegradasi zat warna organik berbahaya (Sakti et al. 2013).

Metode fotokatalitik dalam proses degradasi zat warna dibantu oleh katalis dan sinar matahari sehingga dapat menurunkan zat warna berbahaya. Reaktivitas yang tinggi diperoleh dari radikal hidroksil yang mempengaruhi zat warna yang terdegradasi (Santhosh et al. 2018). Proses degradasi oleh cahaya matahari berjalan lambat, maka dari itu untuk menaikkan laju degradasi digunakan metode fotokatalis yaitu oksida besi yang bersifat semikonduktor seperti  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $ZnO$ ,  $TiO_2$  serta  $CuO$  karena memiliki kemampuan fotokatalitik yang saat terkena cahaya pada panjang gelombang tertentu maka oksidator tersebut mampu untuk mendegradasi zat warna organik menjadi senyawa yang lebih sederhana (Chijioke-Okere et al. 2019; Shukla et al. 2022; Hassena 2016; Jagadale et al. 2012; Firak et al. 2022; Zhang et al. 2021)

Kombinasi karbon aktif dan  $Fe_2O_3$  akan dimanfaatkan untuk meningkatkan reaksi oksidasi dengan bantuan sinar matahari yang digunakan sebagai fotokatalis.  $Fe_2O_3$  menjadi material yang menarik dikarenakan memiliki *band gap* yang relatif kecil untuk memudahkan proses eksitasi elektron. Eksitasi elektron terkonduksi dengan energi yang tidak terlalu besar dari pita valensi menuju pita konduksi. Pada penelitian ini akan dipelajari faktor-faktor yang berpengaruh pada proses fotodegradasi zat warna khususnya *Remazol Yellow FG* yaitu waktu penyinaran, konsentrasi katalis, serta konsentrasi *Remazol Yellow FG* serta mempelajari efektifitas dan karakteristik dari karbon aktif/ $Fe_2O_3$  yang digunakan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Magnetic stirrer, Erlenmeyer, Oven, Lampu UV, Gelas beker, Gelas arloji, Botol vial 20 ml, Labu ukur, Propipet, Pipet ukur, Pipet tetes, Cuvet, Stopwatch, Cawan porselen, Mortar dan alu, Furnace, Spektrofotometer UV-Vis, Pengaduk kaca, Corong. Adapun bahan yang digunakan yaitu Pewarna tekstil *Remazol Yellow FG*,  $Fe_2O_3$ , Aquadest, Karbon aktif, Isopropanol 99%, dan  $H_2O_2$  30%.

#### 4.6. Preparasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif

Karbon aktif yang telah dipersiapkan dihaluskan dan *discreening* dengan ukuran 40 mesh, kemudian dikeringkan dengan oven hingga homogen selama 1 jam dengan suhu 60 °C untuk menghilangkan pengotor. Selanjutnya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan variasi konsentrasi sebesar 2% dan 4% dilarutkan dengan isopropil alkohol 99% kemudian ditambahkan 5 gram karbon aktif, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam dan dikeringkan secara alami 24 jam. Karbon aktif dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang sudah kering kemudian dikalsinasi untuk menghilangkan NO<sub>2</sub>, pada suhu 300-500 °C selama 3 jam.

#### 4.7. Proses Degradasi Remazol Yellow FG

Pada proses degradasi *Remazol Yellow FG* menggunakan variabel bebas yaitu konsentrasi katalis Fe, jenis sinar dan waktu penyinaran Sedangkan variabel terikat berupa konsentrasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

*Remazol Yellow FG* 200 ml yang akan didegradasi dengan metode fotokatalis ditambah dengan 5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Kemudian diambil sebanyak 5 ml sampel sebelum melakukan degradasi sebagai titik 0 jam. Lalu ditambahkan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif dengan konsentrasi 2% dan 4% kedalam masing-masing larutan *Remazol Yellow FG*. Kemudian disinari dengan lampu UV dengan variasi waktu selama 1,2,3,4,5 jam. Sebagai pembandingan larutan juga disinari dengan sinar matahari secara langsung dengan variasi waktu yang sama. Kemudian diukur persentase degradasinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 415 nm. Persentase removal dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ removal} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

### 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif

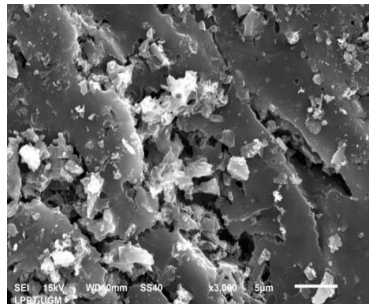
Pengujian larutan *Remazol Yellow FG* menggunakan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif sebanyak 5 gram yang telah dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada suhu 70 °C. Kemudian untuk perbandingan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam katalis Karbon Aktif yang digunakan sebesar 2% dan 4% dengan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebanyak 5 ml dalam larutan *Remazol Yellow FG* yang memiliki konsentrasi sebesar 20 ppm.

Setelah itu dilakukan proses degradasi dengan mencampurkan katalis pada larutan sampel *Remazol Yellow FG* dan sampel limbah tenun, lalu dihomogenkan dan dilakukan penyinaran dengan menggunakan variasi sinar lampu UV dan sinar matahari pada variasi waktu penyinaran selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Kemudian dilakukan pengecekan nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui persentase penurunan absorbansi setelah pemberian katalis.

Pada tahapan degradasi zat warna *Remazol Yellow FG*, ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan degradasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu proses distribusi oksida besi pada bagian permukaan karbon. Proses distribusi yang terjadi merata di atas permukaan dari karbon sehingga mampu memaksimalkan proses penjerapan. Pada Gambar 1 dapat dilihat morfologi permukaan katalis dengan 2% dan 4% kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Penyerbaran dengan 2% kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terlihat tidak terlalu merata seperti pada 4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi oksida yang digunakan yang dapat menutup permukaan karbon aktif sehingga sangat potensial untuk memiliki permukaan yang luas dengan pori pori yang lebih besar sehingga gumpalan putih oksida besi dapat menempel pada permukaan karbon aktif



(a)



(c)

**Gambar 1.** (a) Hasil Analisis SEM untuk 2% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; (b) Hasil dari analisis SEM untuk 4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Pada Gambar 1(a) dapat dilihat bahwa oksida besi dengan konsentrasi 2% sudah cukup terdistribusi secara merata pada permukaan karbon, tetapi jumlah oksida besi masih belum cukup banyak untuk dapat terdistribusi dengan baik pada permukaan karbon yang luas. Sedangkan pada Gambar 1(b) dapat dilihat bahwa oksida besi pada konsentrasi 4% juga sudah terjadi proses distribusi dengan lebih merata, namun partikel-partikel yang terdapat pada oksida besi membentuk suatu *cluster* (kelompok), hal ini disebabkan karena oksida besi memiliki sifat magnet maka partikel menjadi berkelompok. Sehingga pada penelitian ini menggunakan konsentrasi Oksida Besi/Karbon Aktif terbaik yaitu konsentrasi 4%.

### 5.2. Pengaruh Konsentrasi Katalis Fe Terhadap persentase degradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG*

Pengaruh variasi konsentrasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dipelajari untuk mendapatkan persentase degradasi yang baik. Penambahan katalis pada proses degradasi zat warna dapat mempercepat proses pengikatan penurunan zat warna. Pengaruh konsentrasi dapat dilihat pada table 1.

**Tabel 1.** Pengaruh konsentrasi katalis pada persentase penurunan degradasi

No	Konsentrasi Katalis Fe (%)	Persentase penurunan (%)
1.	2%	84,19
2.	4%	92,22

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa persentase penurunan tertinggi terdapat divariasi konsentrasi katalis 4% yaitu sebesar 92,22%, sedangkan persentase penurunan yang lebih rendah terdapat pada penambahan konsentrasi katalis sebesar 2% yaitu sebesar 84,19%. Dapat terlihat jelas jika dengan penambahan konsentrasi katalis yang semakin banyak maka semakin cepat terjadi proses degradasi pada zat warna yang dilakukan pengujian. Penambahan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terlalu berlebihan memiliki pengaruh pada proses distribusi yang kurang merata dan terjadi proses aglomerasi, sehingga digunakan konsentrasi terbaik dalam penambahan katalis yaitu 4%. Pada konsentrasi 4% katalis dapat terdistribusi dengan lebih merata, dan partikel-partikel yang terdapat pada oksida besi membentuk suatu *cluster* (kelompok). Hal ini disebabkan karena oksida besi memiliki sifat magnet maka partikel menjadi berkelompok dan memudahkan dari proses pengikatan zat warna.

### 5.3. Pengaruh Waktu Penyinaran Terhadap Degradasi *Remazol Yellow FG*



Perbedaan waktu penyinaran memberikan efek persentase penurunan berbeda pada kemampuan degradasi dengan metode fotokatalis. Tabel 2 menunjukkan pengaruh variasi dari waktu penyinaran terhadap proses degradasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

**Tabel 2.** Pengaruh waktu penyinaran pada persentase degradasi

No	Variasi waktu penyinaran (jam)	Persentase Penurunan (%)
1	1	50,94
2	2	86,70
3	3	89,37
4	4	89,63
5	5	91,19

Dari Tabel 2. dapat dilihat bahwa penurunan absorbansi tertinggi adalah zat warna *Remazol Yellow FG* dengan waktu penyinaran paling lama yaitu 5 jam diikuti oleh waktu penyinaran 4 jam, 3 jam dan 2 jam peningkatan persentase penurunan absorbansi berbanding lurus dengan lama waktu penyinaran hal ini disebabkan karena semakin lama waktu penyinaran maka proses pengikatan katalis dan penyebaran elektronnya semakin tinggi. Sedangkan persentase penurunan paling sedikit pada penyinaran waktu 1 jam. Hal ini disebabkan oleh proses penyerapan warna terhadap penyinaran yang kurang maksimal sehingga partikel zat warna tidak terikat secara maksimal dan penurunannya tidak signifikan.

Selain itu dengan waktu penyinaran lama waktu kontak katalis dan cahaya menjadi efektif karena ruang kosong pada katalis yang hampa terisi dengan cahaya dan mengikat zat warna sehingga terjadi penurunan yang signifikan. Disamping itu semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak elektron yang terus tereksitasi sehingga semakin banyak pula  $H^+$  yang terbentuk. Semakin banyak  $H^+$ , maka radikal hidroksil juga akan semakin banyak yang akan berperan dalam proses fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

#### 5.4. Pengaruh Jenis Sinar Terhadap Persentase Degradasi

Proses penyinaran, energi foton yang diserap oleh fotokatalis  $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif pada permukaan semakin banyak, sehingga akan mudah mendegradasi *Remazol Yellow FG*. Tabel 3 merupakan pengaruh jenis sinar terhadap persentase degradasi.

**Tabel 3.** Pengaruh jenis sinar terhadap persentase degradasi

No	Variasi Jenis Sinar	Persentase penurunan(%)
1	Lampu UV	89,72
2	Sinar Matahari	92,22

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa fotodegradasi absorbansi dari *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan 2 jenis sinar cukup signifikan, penyinaran zat warna dengan cahaya dapat membantu untuk mencapai fotokatalis menjadi lebih mudah. Persentase degradasi dengan sinar matahari lebih signifikan yaitu sebesar 92,22% dibandingkan dengan penyinaran lampu UV yaitu sebesar 89,72%. Hal ini disebabkan oleh penyinaran dengan matahari memiliki energi foton yang tinggi daripada lampu UV, energi foton yang dihasilkan sinar matahari mampu mempercepat proses fotokatalis untuk menghasilkan radikal radikal OH daripada penyinaran lampu UV, serta dengan adanya katalis Fe dapat meningkatkan energi kinetik dan proses penyebaran katalis didaerah sinar tampak yang disinari oleh foton dari cahaya matahari yang tinggi dan zat warna menjadi pudar sehingga nilai absorbansinya menjadi menurun.

Selain itu ada faktor lain yang menyebabkan sinar matahari lebih efektif digunakan dalam proses degradasi *Remazol Yellow FG* dibandingkan lampu UV yaitu perbedaan intensitas cahaya dan suhu dari sinar matahari sehingga menyebabkan jumlah radikal OH juga berbeda namun sebenarnya intensitas cahaya matahari yang sampai ke bumi dipengaruhi oleh jenis musim serta awan namun dari hasil penelitian ini dapat terlihat bahwa fotokatalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif dengan sinar matahari lebih efektif digunakan pada proses fotodegradasi *Remazol Yellow FG*.

#### 5.5. Kondisi Optimum Terhadap Proses Degradasi *Remazol Yellow FG* dan Aplikasi pada Limbah Tenun

Observasi terhadap kondisi degradasi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan katalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif dilanjutkan pada kondisi optimum proses degradasi. Penyinaran sinar matahari selama 5 jam dengan menggunakan katalis dengan konsentrasi 4% menghasilkan persentase degradasi yang cukup besar yaitu 92,05%. Katalis dengan konsentrasi 4% menyebabkan persebaran pengikatan elektron katalis Fe terhadap zat warna lebih merata dibandingkan dengan penambahan konsentrasi yang telah dibahas sebelumnya yaitu 2%. Jika konsentrasi ditingkatkan maka molekul-molekul pengikat membentuk kelompok menyebabkan kompetisi antar molekul *Remazol Yellow FG* semakin besar sehingga zat warna *Remazol Yellow FG* berada kondisi jenuh selanjutnya *Remazol Yellow FG* terikat oleh katalis Fe dan terjadi proses degradasi. Selain itu dengan sinar matahari memberikan pengaruh yang cukup signifikan karena sinar matahari memiliki energi foton yang membantu mempercepat proses fotokatalis untuk mendegradasi zat warna sehingga probabilitas eksitasi elektronik dalam *Remazol Yellow FG* semakin kecil. Hal ini akan menyebabkan molekul yang terdapat pada *Remazol Yellow FG* semakin sedikit sehingga absorbansinya menurun. Waktu penyinaran 5 jam sangat efektif dalam proses degradasi disebabkan waktu penyinaran adalah waktu yang dibutuhkan pada proses interaksi antara fotokatalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif dengan sinar matahari dalam menghasilkan OH radikal. OH radikal merupakan oksidator kuat yang dapat digunakan untuk mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*. Semakin banyak OH radikal yang dihasilkan, maka semakin banyak pula zat warna yang mengalami proses degradasi (Wardhani et al. 2015)

Kondisi optimum proses degradasi selanjutnya diaplikasikan pada proses degradasi limbah tenun. Dengan melakukan proses pengulangan sebanyak 3 kali didapatkan hasil degradasi limbah tenun sebesar 97,06%. Sehingga dalam hal ini dapat diartikan jika degraaplikasi yang diterapkan berhasil, penurunan absorbansi limbah ini disebabkan karena beberapa hal diantaranya pada limbah tenun terdapat berbagai macam zat warna yang salah satunya terdapat *Remazol Yellow FG*, karena sifat dari zat warna itu sendiri jika diberikan zat pengikat molekul warna yaitu katalis serta disinari dengan cahaya dengan intensitas yang cukup besar dan dengan waktu yang lama maka molekul zat warna terpecah dan menjadi pudar sehingga menurunkan nilai absorbansinya.

Selain itu dengan penyinaran sinar matahari memberikan hasil degradasi yang optimum karena penyinaran dengan sinar matahari yang sebagian besar merupakan sinar tampak maka terjadi proses adsorpsi pada permukaan fotokatalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon aktif akan berguna sebagai sensitizer sinar tampak. Sensitizer sinar tampak dapat menyebabkan Fe akan tetap aktif pada daerah sinar tampak yang komponen paling besar dari sinar matahari, sensitizer zat warna menyebabkan laju degradasi zat warna pada limbah tenun tidak hanya dipengaruhi oleh hole+ dari fotokatalis yang menghasilkan radikal hidroksil saja, namun juga dipengaruhi oleh hole+ yang diperoleh dari sensitizer zat warna yang langsung mendegradasi zat warna pada limbah tenun tersebut (Lachheb et al. 2002).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan jika proses degradasi *Remazol Yellow FG* dapat dilakukan dengan menggunakan katalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif dengan konsentrasi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 4%, penyinaran dilakukan dengan menggunakan sinar matahari selama 5 jam. Proses degradasi ini dapat diaplikasikan pada limbah tenun dengan persentase degradasi sebesar 97,06%.

#### DAFTAR PUSTAKA

Ariguna, I Wayan Sapta Pratama, Ni Made Wiratini, and I Dewa Ketut Sastrawidana. 2014. "Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG* Dan Limbah Tekstil Buatan Dengan Teknik Elektrokatalisis." *E-Journal*

*Kimia Visvitalis* 2: 127–37.

- Chijioke-Okere, Maureen O., Nnaemeka John Okorochoa, Basil N. Anukam, and Emeka E. Oguzie. 2019. "Photocatalytic Degradation of a Basic Dye Using Zinc Oxide Nanocatalyst." *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 81 (equation 1): 18–26. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ilcpa.81.18>.
- Fayazi, Maryam, Mohammad Ali Taher, Daryoush Afzali, and Ali Mostafavi. 2016. "Enhanced Fenton-like Degradation of Methylene Blue by Magnetically Activated Carbon/Hydrogen Peroxide with Hydroxylamine as Fenton Enhancer." *Journal of Molecular Liquids* 216: 781–87. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.01.093>.
- Firak, Daniele Scheres, Luca Farkas, Máté Náfrádi, and Tünde Alapi. 2022. "Degradation of Chlorinated and Hydroxylated Intermediates in UVA/ClO<sub>2</sub> Systems: A Chlorine-Based Advanced Oxidation Process Investigation." *Journal of Environmental Chemical Engineering* 10 (3). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107554>.
- Hassena, Haile. 2016. "Photocatalytic Degradation of Methylene Blue by Using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nano Composite under Visible Light." *Modern Chemistry & Applications* 4 (1): 3–7. <https://doi.org/10.4172/2329-6798.1000176>.
- Jagdale, Tushar, Manjusha Kulkarni, D. Pravarthana, Wegdan Ramadan, and Pragati Thakur. 2012. "Photocatalytic Degradation of Azo Dyes Using Au:TiO<sub>2</sub>, γ-Fe<sub>3</sub>O<sub>3</sub>:TiO<sub>2</sub> Functional Nanosystems." *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 12 (2): 928–36. <https://doi.org/10.1166/jnn.2012.5171>.
- Lachheb, Hinda, Eric Puzenat, Ammar Houas, Mohamed Ksibi, Elimame Elaloui, Chantal Guillard, and Jean Marie Herrmann. 2002. "Photocatalytic Degradation of Various Types of Dyes (Alizarin S, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Red, Methylene Blue) in Water by UV-Irradiated Titania." *Applied Catalysis B: Environmental* 39 (1): 75–90. [https://doi.org/10.1016/S0926-3373\(02\)00078-4](https://doi.org/10.1016/S0926-3373(02)00078-4).
- Lee, Seong Youl, Dooho Kang, Sehee Jeong, Hoang Tung Do, and Joon Heon Kim. 2020. "Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Dye by TiO<sub>2</sub> and Gold Nanoparticles Supported on a Floating Porous Polydimethylsiloxane Sponge under Ultraviolet and Visible Light Irradiation." *ACS Omega* 5 (8): 4233–41. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04127>.
- Purnawan, Candra, Sayekti Wahyuningsih, Oktaviani Nur Aniza, and Octaria Priwidya Sari. 2021. "Photocatalytic Degradation of Remazol Brilliant Blue R and Remazol Yellow FG Using TiO<sub>2</sub> Doped Cd, Co, Mn." *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis* 16 (4): 804–15. <https://doi.org/10.9767/brec.16.4.11423.804-815>.
- Qutub, Nida, Preeti Singh, Suhail Sabir, Suresh Sagadevan, and Won Chun Oh. 2022. "Enhanced Photocatalytic Degradation of Acid Blue Dye Using CdS/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite." *Scientific Reports* 12 (1): 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09479-0>.
- Sakti, Rizky Bimanda, Agus Subagio, Heri Sutanto, and Jurusan Fisika. 2013. "SINTESIS LAPISAN TIPIS NANOKOMPOSIT TiO<sub>2</sub>/CNT MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL DAN APLIKASINYA UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA AZO ORANGE 3R." *Youngster Physics Journal* 2 (1): 41–48.
- Santhosh, Chella, A. Malathi, Ehsan Daneshvar, Pratap Kollu, and Amit Bhatnagar. 2018. "Photocatalytic Degradation of Toxic Aquatic Pollutants by Novel Magnetic 3D-TiO<sub>2</sub>@HPGA Nanocomposite." *Scientific Reports* 8 (1): 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33818-9>.
- Shukla, Brijesh Kumar, Shalu Rawat, Mayank Kumar Gautam, Hema Bhandari, Seema Garg, and Jiwan Singh. 2022. "Photocatalytic Degradation of Orange G Dye by Using Bismuth Molybdate: Photocatalysis Optimization and Modeling via Definitive Screening Designs." *Molecules* 27 (7). <https://doi.org/10.3390/molecules27072309>.
- Subramani, A. K., K. Byrappa, S. Ananda, K. M. Lokanatha Rai, C. Ranganathaiah, and M. Yoshimura. 2007. "Photocatalytic Degradation of Indigo Carmine Dye Using TiO<sub>2</sub> Impregnated Activated Carbon." *Bulletin*

*of Materials Science* 30 (1): 37–41. <https://doi.org/10.1007/s12034-007-0007-8>.

- Trujillo-Reyes, J sica, Vctor S nchez-Mendieta, Marcos Jos  Solache-Ros, and Arturo Col n-Cruz. 2012. "Removal of Remazol Yellow from Aqueous Solution Using Fe-Cu and Fe-Ni Nanoscale Oxides and Their Carbonaceous Composites." *Environmental Technology* 33 (5): 545–54. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.584571>.
- Wahdah, Rihaul. 2013. "Kadar Amonia (NH<sub>3</sub>) Pada Urin Bayi Laki-Laki Dan Bayi Perempuan Yang Berusia Kurang Dari Enam Bulan Dan Kaitannya Dengan Perbedaan Hukum Kenajisannya Menurut Islam."
- Wahyuningsih, Sayekti, Puji Estiningsih, Velina Anjani, Liya N.M.Z. Saputri, Candra Purnawan, and Edi Pramono. 2017. "Enhancing Remazol Yellow FG Decoloration by Adsorption and Photoelectrocatalytic Degradation." *Molekul* 12 (2): 126. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2017.12.2.321>.
- Wardhani, Sri, Rachmat T Triandi, Pemta Tia Deka, and Alif Rohmatil Jannah. 2015. "SINTESIS FOTOKATALIS Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZEOLIT UNTUK UJI FOTODEGRADASI ZAT WARNA JINGGA METIL." *Prosiding SEMIRATA*, no. Iii: 700–709.
- Wijaya, Karna, Eko Sugiharto, Is Fatimah, Sri Sudiono, and Diyan Kurniaysih. 2006. "UTILISASI TiO<sub>2</sub>-ZEOLIT DAN SINAR UV UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED." *Teknoin* 11 (3): 199–209. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol11.iss3.art4>.
- Zhang, Rong, Yanlan Ma, Wenting Lan, Dur E. Sameen, Saeed Ahmed, Jianwu Dai, Wen Qin, Suqing Li, and Yaowen Liu. 2021. "Enhanced Photocatalytic Degradation of Organic Dyes by Ultrasonic-Assisted Electrodeposition of TiO<sub>2</sub>/Graphene Oxide on Polyacrylonitrile/ $\beta$ -Cyclodextrin Nanofibrous Membranes." *Ultrasonics Sonochemistry* 70 (August 2020): 105343. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105343>.

Lampiran 4

Received June 2022, Revised August 2022, Accepted for publication November 2022

---

*Judul Artikel (dalam Bahasa Indonesia, Font Times New Romans, 10 pt, italic)*

*catalyst with a sun irradiation time of 5 hours. The percentage of reduction that has been produced reaches 97.06% by applying it to the weaving waste sample.*

*Keywords: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Photocatalyst, Activated Carbon, Remazol Yellow FG*

## Degradasi remazol yellow FG dengan katalis oksida besi/karbon aktif dengan metode fotokatalis

### Degradation of remazol yellow FG with iron oxide/activated carbon catalyst using photocatalyst method

Aster Rahayu<sup>1,\*</sup>, Lindi Juliantri<sup>1</sup>, dan Rahma Yunita Amalia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Ringroad Selatan, Kragilan, Tamanan, Banguntapan, Bantul, D.I.Yogyakarta, 55191

\*Email: [aster.rahayu@che.uad.ac.id](mailto:aster.rahayu@che.uad.ac.id)

#### Abstrak

Industri dan produk tekstil di Indonesia adalah salah satu penyumbang terbesar dalam peningkatan perekonomian. Namun perkembangan industri yang pesat ini berbanding terbalik dengan keseimbangan lingkungan hidup. Salah satu yang menjadi masalah utama dari limbah cair yang dihasilkan industri tekstil yaitu berupa zat warna. Umumnya limbah cair yang dibuang industri tekstil termasuk senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dengan cepat sehingga dapat menyebabkan polutan bagi lingkungan terutama ekosistem perairan. Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kandungan zat warna dalam limbah industri tekstil antara lain metode biologi, koagulasi, elektrokoagulasi, adsorpsi, ozonisasi, klorinasi. Namun, dari beberapa metode tersebut kurang efektif dalam mengatasi limbah zat warna tekstil bahkan seringkali menimbulkan persoalan baru bagi lingkungan. Salah satu metode pengolahan yang saat ini sedang dikembangkan untuk mendegradasi warna pada limbah cair yakni metode fotokatalis lampu UV-sinar matahari. Metode fotokatalis lampu UV-sinar matahari ini menggunakan oksidasi besi/karbon aktif sebagai katalis. Pengolahan sampel warna dilakukan dengan memvariasikan waktu penyinaran, konsentrasi katalis dan memvariasikan jenis sinar. Variabel tersebut diaplikasikan pada larutan sampel 200 ml dengan penambahan katalis sebesar 0,1 gram pada waktu penyinaran selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam penyinaran lampu UV dan sinar matahari. Kondisi ini menghasilkan penurunan absorbansi tertinggi pada konsentrasi katalis 4 % FE dalam katalis karbon aktif dengan lama penyinaran matahari selama 5 jam. Persentase penurunan yang telah dihasilkan mencapai 97,06 % dengan mengaplikasikannya pada sampel limbah tenun.

**Kata Kunci:**  $Fe_2O_3$ , Fotokatalis, Karbon Aktif, Remazol Yellow FG

#### Abstract

The textile and textile product industry in Indonesia is one of the biggest contributors to economic growth. However, this rapid industrial development is inversely proportional to the balance of the environment. One of the main problems of liquid waste produced by the textile industry is in the form of dyes. Generally, the liquid waste discharged from the textile industry includes organic compounds that cannot be decomposed by microorganisms quickly so that they can cause pollutants to the environment, especially aquatic ecosystems. Several methods can be used to minimize the dye content in textile industry waste, including biological methods, coagulation, electrocoagulation, adsorption, ozonation, and chlorination. However, some of these methods are less effective in dealing with textile dye waste and often create new problems for the environment. One of the processing methods currently being developed to degrade the color of liquid waste is the UV-sunlight photocatalyst method. This UV-sunlight photocatalyst method uses the oxidation of iron/activated carbon as a catalyst. Color sample processing is done by varying the irradiation time, catalyst concentration and varying the type of light. These variables were applied to a 200 ml sample solution with the addition of 0.1 gram of catalyst at 1 hour, 2 hours, 3 hours, 4 hours, and 5 hours of UV lamp and sunlight irradiation. This condition resulted in the highest decrease in absorbance at a catalyst concentration of 4% FE in an activated carbon

*catalyst with a sun irradiation time of 5 hours. The percentage of reduction that has been produced reaches 97.06% by applying it to the weaving waste sample.*

*Keywords: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Photocatalyst, Activated Carbon, Remazol Yellow FG*

## 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, industri tekstil dan produk tekstil adalah salah satu penyumbang terbesar dalam peningkatan perekonomian. Namun perkembangan industri yang pesat ini berbanding terbalik dengan keseimbangan lingkungan hidup. Salah satu yang menjadi masalah utama dari limbah cair yang dihasilkan industri tekstil yaitu berupa zat warna. Umumnya limbah cair yang dibuang industri tekstil termasuk senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dengan cepat sehingga dapat menyebabkan polutan bagi lingkungan terutama ekosistem perairan (Wijaya dkk. 2006)

Zat warna yang umumnya sangat tahan terhadap proses penguraian oleh mikroorganisme dengan suatu perlakuan biologis konvensional maupun oksidasi fisik, hal ini disebabkan oleh zat warna memiliki struktur molekul kompleks (Fayazi dkk. 2016). *Remazol Yellow FG* merupakan zat warna yang umum digunakan dalam industri tekstil. *Remazol Yellow FG* paling sering digunakan karena karena gugus kromofornya sangat mudah untuk menghasilkan warna-warna yang tahan uji dan cerah juga tergolong relatif murah (Trujillo-Reyes dkk. 2012) Adanya *Remazol Yellow FG* di ekosistem perairan maupun lingkungan dapat terdegradasi dengan alami oleh bantuan sinar matahari. Namun, cahaya matahari sampai keperairan relatif lambat menyebabkan penimbunan *Remazol Yellow FG* di tanah dan dasar perairan akan lebih cepat terjadi. Selain itu *Remazol Yellow FG* pada ekosistem perairan dapat mengganggu aktifitas penyinaran cahaya matahari sampai didalam air, hal ini menyebabkan proses fotosintesis mikroalga terhambat dan kadar oksigen dalam air berkurang. Sehingga menghasilkan bau tak sedap karena aktifitas mikroorganisme anaerobik terganggu (Lachheb dkk. 2002; Ariguna dkk. 2014).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mendegradasi kandungan zat warna pada badan air dengan fotokatalisis seperti *Remazol Brilliant Blue R*, *Remazol Yellow FG*, *Rhodamine B* dan *acid blue* (Subramani dkk. 2007; Lee dkk. 2020; Purnawan dkk. 2021; Wahyuningsih dkk. 2017; Qutub dkk. 2022). Fotokatalitik merupakan

gabungan antara reaksi fotokimia dan katalis. Terbentuknya pasangan elektron *hole* positif pada partikel semikonduktor adalah proses awal dari metode fotokatalitik. Radikal hidroksil merupakan hasil dari reaksi reduksi oksidasi dari pasangan elektron *hole* positif sehingga dapat mendegradasi zat warna organik berbahaya (Sakti dkk. 2013).

Metode fotokatalitik dalam proses degradasi zat warna dibantu oleh katalis dan sinar matahari sehingga dapat menurunkan zat warna berbahaya. Reaktivitas yang tinggi diperoleh dari radikal hidroksil yang mempengaruhi zat warna yang terdegradasi (Santhosh dkk. 2018). Proses degradasi oleh cahaya matahari berjalan lambat, maka dari itu untuk menaikkan laju degradasi digunakan metode fotokatalis yaitu oksida besi yang bersifat semikonduktor seperti Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub> serta CuO karena memiliki kemampuan fotokatalitik yang saat terkena cahaya pada panjang gelombang tertentu maka oksidator tersebut mampu untuk mendegradasi zat warna organik menjadi senyawa yang lebih sederhana (Chijioke-Okere dkk. 2019; Shukla dkk. 2022; Hassena 2016; Jagadale dkk. 2012; Firak dkk. 2022; Zhang dkk. 2021)

Kombinasi karbon aktif/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> akan dimanfaatkan untuk meningkatkan reaksi oksidasi dengan bantuan sinar matahari yang digunakan sebagai fotokatalis. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menjadi material yang menarik dikarenakan memiliki *band gap* yang relatif kecil untuk memudahkan proses eksitasi elektron. Eksitasi elektron terkonduksi dengan energi yang tidak terlalu besar dari pita valensi menuju pita konduksi. Penelitian ini akan mengobservasi faktor-faktor yang berpengaruh pada proses fotodegradasi zat warna khususnya *Remazol Yellow FG* yaitu waktu penyinaran, konsentrasi katalis, serta konsentrasi *Remazol Yellow FG*. Karakteristik dan efektifitas karbon aktif/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> juga akan dipelajari pada degradasi *Remazol Yellow FG* yang terkandung pada limbah tenun.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam sintesis karbon aktif/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang digunakan adalah Karbon

aktif, Isopropanol 99 %, dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 %, Pewarna tekstil *Remazol Yellow FG*, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Aquadest. Karakterisasi karbon aktif//Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang dihasilkan akan dilakukan dengan melihat morfologi permukaan dengan Scanning Electron Microscope (SEM) S-4800 (Hitachi, Tokyo, Japan). Dalam proses pengukuran kemampuan degradasi *Remazol Yellow FG* akan diukur berdasarkan daya serapan dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

### 2.1. Preparasi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif

Karbon aktif yang telah dipersiapkan dihaluskan dan *discreening* dengan ukuran 40 mesh, kemudian dikeringkan dengan oven hingga homogen selama 1 jam dengan suhu 60°C untuk menghilangkan pengotor. Selanjutnya Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan variasi konsentrasisebesar 2 % dan 4 % dilarutkan dengan isopropil alkohol 99 % kemudian ditambahkan 5 gram karbon aktif, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam dan dikeringkan secara alami 24 jam. Karbon aktif dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang sudah kering kemudian dikalsinasi untuk menghilangkan NO<sub>2</sub>, pada suhu 300-500°C selama 3 jam.

### 2.2. Proses Degradasi Remazol Yellow FG

Pada proses degradasi *Remazol Yellow FG* menggunakan variabel bebas yaitu konsentrasi katalis Fe, jenis sinar dan waktu penyinaran Sedangkan variabel terikat berupa konsentrasizat warna *Remazol Yellow FG*.

*Remazol Yellow FG* 200 ml yang akan didegradasi dengan metode fotokatalis ditambah dengan 5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Kemudian diambil sebanyak 5 ml sampel sebelum melakukan degradasi sebagai titik 0 jam. Lalu ditambahkan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/karbon aktif dengan konsentrasi 2 % dan 4 % kedalam masing-masing larutan *Remazol Yellow FG*. Kemudian disinari dengan lampu UV dengan variasi waktu selama 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Sebagai pembanding larutan juga disinari dengan sinar matahari secara langsung dengan variasi waktu yang sama. Kemudian di ukur persentase degradasinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 415 nm. Pada penelitian ini, persentase removal dihitung dengan rumus sebagai berikut: (Chen dkk. 2003 dan Lee dkk. 2004)

$$\% \text{ removal} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \%$$

(1)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif

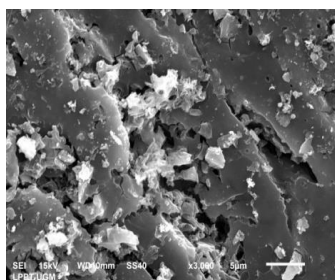
Pengujian larutan *Remazol Yellow FG* menggunakan katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Karbon Aktif sebanyak 5 gram yang telah dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada suhu 70°C. Kemudian untuk perbandingan kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam katalis Karbon Aktif yang digunakan sebesar 2 % dan 4 % dengan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebanyak 5 ml dalam larutan *Remazol Yellow FG* yang memiliki konsentrasi sebesar 20 ppm. Selanjutnya dilakukan proses degradasi dengan mencampurkan katalis pada larutan sampel *Remazol Yellow FG* dan sampel limbah tenun, lalu dihomogenkan dan dilakukan penyinaran dengan menggunakan variasi sinar lampu UV dan sinar matahari pada variasi waktu penyinaran selama 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Kemudian dilakukan pengecekan nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui persentase penurunan absorbansi setelah pemberian katalis.

Pada tahapan degradasi zat warna *Remazol Yellow FG*, ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan degradasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu proses distribusi oksida besi pada bagian permukaan karbon. Proses distribusi yang terjadi merata di atas permukaan dari karbon sehingga mampu memaksimalkan proses penjerapan. Pada Gambar 1 dapat dilihat morfologi permukaan katalis dengan 2 % dan 4 % kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Penyerbaran dengan 2 % kadar Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terlihat tidak terlalu merata seperti pada 4 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi oksida yang digunakan yang dapat menutup permukaan karbon aktif sehingga sangat potensial untuk memiliki permukaan yang luas dengan pori pori yang lebih besar sehingga gumpalan putih oksida besi dapat menempel pada permukaan karbon aktif



(a)





(b)

**Gambar 1.** (a) Hasil Analisis SEM untuk 2 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; (b) Hasil dari analisis SEM untuk 4 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Pada Gambar 1(a) dapat dilihat bahwa oksida besi dengan konsentrasi 2 % sudah cukup terdistribusi secara merata pada permukaan karbon, tetapi jumlah oksida besi masih belum cukup banyak untuk dapat terdistribusi dengan baik pada permukaan karbon yang luas. Sedangkan pada Gambar 1(b) dapat dilihat bahwa oksida besi pada konsentrasi 4 % juga sudah terjadi proses distribusi dengan lebih merata, namun partikel-partikel yang terdapat pada oksida besi membentuk suatu *cluster* (kelompok), hal ini disebabkan karena oksida besi memiliki sifat magnet maka partikel menjadi berkelompok. Sehingga pada penelitian ini menggunakan oksida besi/karbon aktif dengan konsentrasi 4 %.

### 3.2. Pengaruh Konsentrasi Katalis Fe Terhadap persentase degradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG*

Pengaruh variasi konsentrasi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dipelajari untuk mendapatkan persentase degradasi yang baik. Penambahan katalis pada proses degradasi zat warna dapat mempercepat proses pengikatan penurunan zat warna. Pengaruh konsentrasi dapat dilihat pada Table 1.

**Tabel 1.** Pengaruh konsentrasi katalis pada persentase penurunan degradasi

No	Konsentrasi Katalis Fe (%)	Persentase penurunan (%)
1.	2	84,19
2.	4	92,22

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa persentase penurunan tertinggi terdapat divariasi konsentrasi katalis 4 % yaitu sebesar 92,22 %, sedangkan persentase penurunan yang lebih rendah terdapat pada penambahan konsentrasi katalis sebesar 2 % yaitu sebesar 84,19 %. Dapat terlihat jelas jika dengan penambahan konsentrasi katalis yang

semakin banyak maka semakin cepat terjadi proses degradasi pada zat warna yang dilakukan pengujian. Penambahan katalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang terlalu berlebihan memiliki pengaruh pada proses distribusi yang kurang merata dan terjadi proses aglomerasi, sehingga digunakan konsentrasiterbaik dalam penambahan katalis yaitu 4 %. Pada konsentrasi 4 % katalis dapat terdistribusi dengan lebih merata, dan partikel-partikel yang terdapat pada oksida besi membentuk suatu *cluster* (kelompok). Hal ini disebabkan karena oksida besi memiliki sifat magnet maka partikel menjadi mengelompok dan memudahkan dari proses pengikatan zat warna.

### 3.3. Pengaruh Waktu Penyinaran Terhadap Degradasi *Remazol Yellow FG*

Perbedaan waktu penyinaran memberikan efek persentase penurunan berbeda pada kemampuan degradasi dengan metode fotokatalis. Tabel 2 menunjukkan pengaruh variasi dari waktu penyinaran terhadap proses degradasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

**Tabel 2.** Pengaruh waktu penyinaran pada persentase deგრadasi

No	Variasi waktu penyinaran (jam)	Persentase Penurunan (%)
1	1	50,94
2	2	86,70
3	3	89,37
4	4	89,63
5	5	91,19

Dari Tabel 2. dapat dilihat bahwa penurunan absorbansi tertinggi adalah zat warna *Remazol Yellow FG* dengan waktu penyinaran paling lama yaitu 5 jam diikuti oleh waktu penyinaran 4 jam, 3 jam dan 2 jam peningkatan persentase penurunan absorbansi berbanding lurus dengan lama waktu penyinaran hal ini disebabkan karena semakin lama waktu penyinaran maka proses pengikatan katalis dan penyebaran elektronnya semakin tinggi. Sedangkan persentase penurunan paling sedikit pada penyinaran waktu 1 jam. Hal ini disebabkan oleh proses penyerapan warna terhadap penyinaran yang kurang maksimal sehingga partikel zat warna tidak terikat secara maksimal dan penurunannya tidak signifikan.

Selain itu dengan waktu penyinaran lama waktu kontak katalis dan cahaya menjadi efektif karena ruang kosong pada katalis yang hampa terisi dengan cahaya dan mengikat zat warna sehingga

terjadi penurunan yang signifikan. Disamping itu semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak elektron yang terus tereksitasi sehingga semakin banyak pula  $H^+$  yang terbentuk. Semakin banyak  $H^+$ , maka radikal hidroksil juga akan semakin banyak yang akan berperan dalam proses fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*. Elektron akan tereksitasi ke pita konduksi dari pita valensi meninggalkan *hole* jika foton dengan energi  $h\nu$  melebihi celah pita energi material semikonduktor yang telah mengenai material tersebut (Mirosawa dkk, 2018). Untuk material yang bersifat konduktif seperti metal, pembawa muatan yang dihasilkan akan berekombinasi sementara untuk material semikonduktor, Sebagian pasangan *electron-hole* tereksitasi akan mengalami difusi sehingga terjebak dipermukaan katalis untuk selanjutnya mengalami reaksi kimia dengan molekul akseptor atau mengalami donor absorber.

### 3.4. Pengaruh Jenis Sinar Terhadap Persentase Degradasi

Proses penyinaran, energi foton yang diserap oleh fotokatalis  $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif pada permukaan semakin banyak, sehingga akan mudah mendegradasi *Remazol Yellow FG*. Tabel 3 merupakan pengaruh jenis sinar terhadap persentase degradasi.

**Tabel 3.** Pengaruh jenis sinar terhadap persentase degradasi

No	Variasi Jenis Sinar	Persentase penurunan(%)
1	Lampu UV	89,72
2	Sinar Matahari	92,22

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa dari penelitian sebelumnya fotodegradasi absorbansi dari *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan 2 jenis sinar cukup signifikan, penyinaran zat warna dengan cahaya dapat membantu untuk mencapai fotokatalis menjadi lebih mudah. Persentase degradasi dengan sinar matahari lebih signifikan yaitu sebesar 92,22 % dibandingkan dengan penyinaran lampu UV yaitu sebesar 89,72 %. Hal ini disebabkan oleh penyinaran dengan matahari memiliki energi foton yang tinggi daripada lampu UV, energi foton yang dihasilkan sinar matahari mampu mempercepat proses fotokatalis untuk menghasilkan radikal radikal OH daripada penyinaran lampu UV, serta dengan adanya katalis Fe dapat meningkatkan energi kinetik dan proses

penyebaran katalis didaerah sinar tampak yang disinari oleh foton dari cahaya matahari yang tinggi dan zat warna menjadi pudar sehingga nilai absorbansinya menjadi menurun (Bhernama, 2015).

Selain itu ada faktor lain yang menyebabkan sinar matahari lebih efektif digunakan dalam proses degradasi *Remazol Yellow FG* dibandingkan lampu UV yaitu perbedaan intensitas cahaya dan suhu dari sinar matahari sehingga menyebabkan jumlah radikal OH juga berbeda namun sebenarnya intensitas cahaya matahari yang sampai ke bumi dipengaruhi oleh jenis musim serta awan namun dari hasil penelitian ini dapat terlihat bahwa fotokatalis  $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif dengan sinar matahari lebih efektif digunakan pada proses fotodegradasi *Remazol Yellow FG*.

### 3.5. Proses Degradasi *Remazol Yellow FG* pada Limbah Tenun

Observasi terhadap kondisi degrassi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan katalis  $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif dilanjutkan pada kondisi optimum proses degradasi. Penyinaran sinar matahari selama 5 jam dengan menggunakan katalis dengan konsentrasi 4 % menghasilkan persentase degradasi yang cukup besar yaitu 92,05 %. Katalis dengan konsentrasi 4 % menyebabkan persebaran pengikatan elektron katalis Fe terhadap zat warna lebih merata dibandingkan dengan penambahan konsentrasinyang telah dibahas sebelumnya yaitu 2 %. Jika konsentrasi ditingkatkan maka molekul-molekul pengikat membentuk kelompok menyebabkan kompetisi antar molekul *Remazol Yellow FG* semakin besar sehingga zat warna *Remazol Yellow FG* berada kondisi jenuh selanjutnya *Remazol Yellow FG* terikat oleh katalis Fe dan terjadi proses degradasi. Selain itu dengan sinar matahari memberikan pengaruh yang cukup signifikan karena sinar matahari memiliki energi foton yang membantu mempercepat proses fotokatalis untuk mendegradasi zat warna sehingga probabilitas eksitasi elektronik dalam *Remazol Yellow FG* semakin kecil. Hal ini akan menyebabkan molekul yang terdapat pada *Remazol Yellow FG* semakin sedikit sehingga absorbansinya menurun. Waktu penyinaran 5 jam sangat efektif dalam proses degradasi disebabkan waktu penyinaran adalah waktu yang dibutuhkan pada proses interaksi antara fotokatalis  $Fe_2O_3$ /Karbon Aktif dengan sinar matahari dalam menghasilkan OH radikal. OH radikal merupakan oksidator kuat yang dapat digunakan untuk mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*. Semakin banyak OH radikal yang dihasilkan, maka semakin banyak pula zat warna yang mengalami proses degradasi (Wardhani dkk. 2015)

Kondisi optimum proses degradasi selanjutnya diaplikasikan pada proses degrassi limbah tenun. Dengan melakukan proses pengulangan sebanyak 3 kali didapatkan hasil degradasi limbah tenun sebesar 97,06 %. Sehingga dalam hal ini dapat diartikan jika degraaplikasi yang diterapkan berhasil, penurunan absorbansi limbah ini disebabkan karena beberapa hal diantaranya pada limbah tenun terdapat berbagai macam zat warna yang salah satunya terdapat *Remazol Yellow FG*, karena sifat dari zat warna itu sendiri jika diberikan zat pengikat molekul warna yaitu katalis serta disinari dengan cahaya dengan intensitas yang cukup besar dan dengan waktu yang lama maka molekul zat warna terpecah dan menjadi pudar sehingga menurunkan nilai absorbansinya.

Selain itu dengan penyinaran sinar matahari memberikan hasil degradasi yang optimum karena penyinaran dengan sinar matahari yang sebagian besar merupakan sinar tampak maka terjadi proses adsorpsi pada permukaan fotokatalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon aktif akan berguna sebagai sensitizer sinar tampak. Sensitizer sinar tampak dapat menyebabkan Fe akan tetap aktif pada daerah sinar tampak yang komponen paling besar dari sinar matahari, sensitizer zat warna menyebabkan laju degradasi zat warna pada limbah tenun tidak hanya dipengaruhi oleh hole+ dari fotokatalis yang menghasilkan radikal hidroksil saja, namun juga dipengaruhi oleh hole+ yang diperoleh dari sensitizer zat warna yang langsung mendegradasi zat warna pada limbah tenu tersebut (Lachheb dkk. 2002).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan jika proses degradasi *Remazol Yellow FG* dapat dilakukan dengan menggunakan katalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /Karbon Aktif dengan konsentrasi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 4 %, penyinaran dilakukan dengan menggunakan sinar matahari selama 5 jam. Proses degradasi ini dapat diaplikasikan pada limbah tenun dengan persentase degradasi sebesar 97,06 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ariguna, I Wayan Sapta Pratama, Ni Made Wiratini, and I Dewa Ketut Sastrawidana. 2014. "Degradasi Zat Warna Remazol Yellow Fg Dan Limbah Tekstil Buatan Dengan Teknik Elektrooksidasi." *E-Journal Kimia Visvitalis* 2: 127–37.
- Bhernama, Bhayu Gita, Safni, Syukri. 2015. "Degradasi Zat Warna Metil Yellow dengan

- Penyinaran matahari dan Penambahan Katalis  $\text{TiO}_2$ - $\text{SnO}_2$ . *Lantanida Journal*, Vol. 3 No. 2.
- Chen Chu Yuan, Lin Chun I and Chen His Kuei. 2003. "Kinetics of Adsoption of  $\beta$ -Carotene from Soy Oil with Activated Rice Hull Ash." *J.Chem. Eng. Japan* 36 (3): 265-270. <https://doi.org/10.1252/jcej.36.265>.
- Chen Hsien Lee and Chun I Lin. 2004. "Kinetics of Adsorption of Phospholipids from Hydrated and Alkali-Refined Clay." *J.Chem. Eng. Japan* (37) (6): 764-771. <https://doi.org/10.1252/jcej.37.764>
- Chijioko-Okere, Maureen O., Nnaemeka John Okorocho, Basil N. Anukam, and Emeka E. Oguzie. 2019. "Photocatalytic Degradation of a Basic Dye Using Zinc Oxide Nanocatalyst." *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 81 (equation 1): 18–26. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ilcpa.81.18>.
- Fayazi, Maryam, Mohammad Ali Taher, Daryoush Afzali, and Ali Mostafavi. 2016. "Enhanced Fenton-like Degradation of Methylene Blue by Magnetically Activated Carbon/Hydrogen Peroxide with Hydroxylamine as Fenton Enhancer." *Journal of Molecular Liquids* 216: 781–87. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.01.093>.
- Firak, Daniele Scheres, Luca Farkas, Máté Náfrádi, and Tünde Alapi. 2022. "Degradation of Chlorinated and Hydroxylated Intermediates in UVA/ClO<sub>2</sub> Systems: A Chlorine-Based Advanced Oxidation Process Investigation." *Journal of Environmental Chemical Engineering* 10 (3). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107554>.
- Hassena, Haile. 2016. "Photocatalytic Degradation of Methylene Blue by Using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nano Composite under Visible Light." *Modern Chemistry & Applications* 4 (1): 3–7. <https://doi.org/10.4172/2329-6798.1000176>.
- Jagadale, Tushar, Manjusha Kulkarni, D. Pravarthana, Wegdan Ramadan, and Pragati Thakur. 2012. "Photocatalytic Degradation of Azo Dyes Using Au:TiO<sub>2</sub>,  $\gamma$ -Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:TiO<sub>2</sub> Functional Nanosystems." *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 12 (2): 928–36. <https://doi.org/10.1166/jnn.2012.5171>.
- Lachheb, Hinda, Eric Puzenat, Ammar Houas, Mohamed Ksibi, Elimame Elaloui, Chantal Guillard, and Jean Marie Herrmann. 2002. "Photocatalytic Degradation of Various Types of Dyes (Alizarin S, Crocein Orange G, Methyl Red, Congo Red, Methylene Blue) in Water by UV-Irradiated Titania." *Applied Catalysis B: Environmental* 39 (1): 75–90. [https://doi.org/10.1016/S0926-3373\(02\)00078-4](https://doi.org/10.1016/S0926-3373(02)00078-4).

- Lee, Seong Youl, Dooho Kang, Sehee Jeong, Hoang Tung Do, and Joon Heon Kim. 2020. "Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Dye by TiO<sub>2</sub> and Gold Nanoparticles Supported on a Floating Porous Polydimethylsiloxane Sponge under Ultraviolet and Visible Light Irradiation." *ACS Omega* 5 (8): 4233–41. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04127>.
- Purnawan, Candra, Sayekti Wahyuningsih, Oktaviani Nur Aniza, and Octaria Priwidya Sari. 2021. "Photocatalytic Degradation of Remazol Brilliant Blue R and Remazol Yellow FG Using TiO<sub>2</sub> Doped Cd, Co, Mn." *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis* 16 (4): 804–15. <https://doi.org/10.9767/bcrec.16.4.11423.804-815>.
- Qutub, Nida, Preeti Singh, Suhail Sabir, Suresh Sagadevan, and Won Chun Oh. 2022. "Enhanced Photocatalytic Degradation of Acid Blue Dye Using CdS/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite." *Scientific Reports* 12 (1): 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09479-0>.
- Sakti, Rizky Bimanda, Agus Subagio, Heri Sutanto, and Jurusan Fisika. 2013. "Sintesis Lapisan Tipis Nanokomposit TiO<sub>2</sub>/CNT Menggunakan Metode Sol-Gel dan Aplikasinya Untuk Fotodegradasi Zat Warna Azo Orange 3R." *Youngster Physics Journal* 2 (1): 41–48.
- Santhosh, Chella, A. Malathi, Ehsan Daneshvar, Pratap Kollu, and Amit Bhatnagar. 2018. "Photocatalytic Degradation of Toxic Aquatic Pollutants by Novel Magnetic 3D-TiO<sub>2</sub>@HPGA Nanocomposite." *Scientific Reports* 8 (1): 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33818-9>.
- Satoshi Morisawa, Mai Furukawa, Ikki Tateishi, Hideyuki Katsumata, Satoshi Kaneco, Kazuaki Masuyama. 2018. "Photocatalytic degradation of Linuron in aqueous solution with nanosized TiO<sub>2</sub> under sunlight irradiation". *J.Chem. Eng. Japan* 7 (2): 119-122. <https://doi.org/10.11425/sst.7.119>
- Shukla, Brijesh Kumar, Shalu Rawat, Mayank Kumar Gautam, Hema Bhandari, Seema Garg, and Jiwan Singh. 2022. "Photocatalytic Degradation of Orange G Dye by Using Bismuth Molybdate: Photocatalysis Optimization and Modeling via Definitive Screening Designs." *Molecules* 27 (7). <https://doi.org/10.3390/molecules27072309>.
- Subramani, A. K., K. Byrappa, S. Ananda, K. M. Lokanatha Rai, C. Ranganathaiah, and M. Yoshimura. 2007. "Photocatalytic Degradation of Indigo Carmine Dye Using TiO<sub>2</sub> Impregnated Activated Carbon." *Bulletin of Materials Science* 30 (1): 37–41. <https://doi.org/10.1007/s12034-007-0007-8>.
- Trujillo-Reyes, J sica, Vctor S nchez-Mendieta, Marcos Jos  Solache-Ros, and Arturo Col n-Cruz. 2012. "Removal of Remazol Yellow from Aqueous Solution Using Fe-Cu and Fe-Ni Nanoscale Oxides and Their Carbonaceous Composites." *Environmental Technology* 33 (5): 545–54. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.584571>.
- Wahyuningsih, Sayekti, Puji Estiningsih, Velina Anjani, Liya N.M.Z. Saputri, Candra Purnawan, and Edi Pramono. 2017. "Enhancing Remazol Yellow FG Decoloration by Adsorption and Photoelectrocatalytic Degradation." *Molekul* 12 (2): 126. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2017.12.2.321>.
- Wardhani, Sri, Rachmat T Triandi, Pemta Tia Deka, and Alif Rohmatil Jannah. 2015. "Sintesis Fotokatalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Zeolit Untuk Uji Fotodegradasi Zat Warna Jingga Metil." *Prosiding SEMIRATA*, no. Iii: 700–709.
- Wijaya, Karna, Eko Sugiharto, Is Fatimah, Sri Sudiono, and Diyan Kurniaysih. 2006. "UTILISASI TiO<sub>2</sub>-ZEOLIT DAN SINAR UV UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED." *Teknoin* 11 (3): 199–209. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol11.iss3.art4>.
- Zhang, Rong, Yanlan Ma, Wenting Lan, Dur E. Sameen, Saeed Ahmed, Jianwu Dai, Wen Qin, Suqing Li, and Yaowen Liu. 2021. "Enhanced Photocatalytic Degradation of Organic Dyes by Ultrasonic-Assisted Electro spray TiO<sub>2</sub>/Graphene Oxide on Polyacrylonitrile/ $\beta$ -Cyclodextrin Nanofibrous Membranes." *Ultrasonics Sonochemistry* 70 (August 2020): 105343. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105343>.