

Artikel 13

by Aster Rahayu

Submission date: 28-Mar-2023 01:49PM (UTC+0700)

Submission ID: 2048856441

File name: 2022-November-JTK-CDU.pdf (461.73K)

Word count: 4130

Character count: 25145

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^{1,*}, Lindi Juliantri¹, dan Rahma Yunita Amalia¹

¹Department 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

Industri dan produk tekstil di Indonesia adalah salah satu penyumbang terbesar dalam peningkatan perekonomian. Namun perkembangan industri yang pesat 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 diujicobakan 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 proportioned 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

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

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_2O_3 , 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. Limbah cair 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 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_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 (Chijioko-Okere dkk. 2019; Shukla dkk. 2022; Hassena 2016; Jagadale dkk. 2012; Firak dkk. 2022; Zhang dkk. 2021)

Kombinasi karbon aktif/ 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. Penelitian ini akan menguji faktor-faktor yang berpengaruh pada proses fotodegradasi zat warna khususnya Remazol Yellow FG yaitu waktu penyinaran, konsentrasi katalis, serta konsentrasi karbon aktif/ Fe_2O_3 juga akan dipelajari pada degradasi Remazol Yellow FG yang terkandung pada limbah tenun.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam sintesis karbon aktif/ Fe_2O_3 yang digunakan adalah Karbon

aktif, Isopropanol 99 %, dan H₂O₂ 30 %. Pewarna tekstil *Remazol Yellow* FG, Fe₂O₃ dan Aquadest. Karakterisasi karbon aktif/Fe₂O₃ 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 Fe₂O₃/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 Fe₂O₃ dengan variasi konsentrasi sebesar 2 % dan 4 % dilarutkan dengan isopropil alkohol kemudian ditambahkan 5 gram karbon aktif, kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam dan dikeringkan secara alami 24 jam. Karbon aktif dan Fe₂O₃ yang sudah kering kemudian dikalsinasi untuk menghilangkan NO₂, 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 H₂O₂. Kemudian diambil sebanyak 5 ml sampel sebelum melakukan degradasi sebagai titik 0 jam. Lalu ditambahkan katalis Fe₂O₃/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 diukur 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

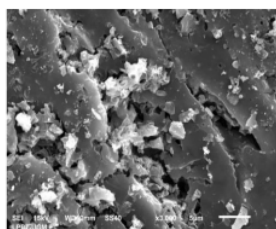
3.1. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Fe₂O₃/Karbon Aktif

Pengujian larutan *Remazol Yellow* FG menggunakan katalis Fe₂O₃/Karbon aktif sebanyak 5 gram yang telah dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada suhu 70°C. Kemudian untuk perbandingan kadar Fe₂O₃ dalam katalis Karbon Aktif yang digunakan sebesar 2 % dan 4 % dengan penambahan H₂O₂ 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 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 Fe₂O₃. Penyerapan dengan 2 % kadar Fe₂O₃ terlihat tidak terlalu merata seperti pada 4 % Fe₂O₃. 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_2O_3 ; (b) Hasil dari analisis SEM untuk 4 % Fe_2O_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 Fe_2O_3 dipelajari untuk mendapatkan persentase degradasi yang baik. Penambahan katalis pada proses degradasi zat warna dapat mempercepat proses pengurangan 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_2O_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 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. 3. 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 (Miroswa 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

17. 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 degradasi *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 reaksi 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 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 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Karbon}$ 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).

12

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan jika proses degradasi *Remazol Yellow FG* dapat dilakukan dengan menggunakan katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Karbon}$ Aktif dengan konsentrasi Fe_2O_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

38

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 Elektrokodisasi." *E-Journal Kimia Visvitalis* 2: 127–37. 13

Bhernama, Bhayu Gita, Safni, Syukri. 2015. "Degradasi Zat Warna Metil Yellow dengan

Penyinaran matahari dan Penambahan Katalis

$\text{ZnO}-\text{SnO}_2$. *Lantanida Journal*, Vol. 3 No. 2.

Chen Chu Yuan, Lin Chun I and Chen His Kuei. 2003. "Kinetics of Adsorption of β -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 on Hydrated and Alkali-Refined Clay." *J.Chem. Eng. Japan* (37) (6): 764-771. <https://doi.org/10.1252/jcej.37.764>

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* 26 (1): 18–26. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ilcpa.18.18>.

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/CIO₂ 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 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 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 $\text{Au}:\text{TiO}_2$, $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 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).

- 45 Lee, Seong Youl, Dooh Kang, Sehee Jeong, Hoang Tung Do, and Joon Heon Kim. 2020. "Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Dye by TiO₂ 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 TiO₂ 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>.
- 47 Qutub, Nida, Preeti Singh, Suhail Sabir, Suresh Sagadevan, and Won Chun Oh. 2022. "Enhanced Photocatalytic Degradation of Acid Blue Dye Using CdS/TiO₂ Nanocomposite." *Scientific Reports* 12 (1): 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-0479-0>.
- Sakti, Rizky Bimanda, Agus Subagio, Heri Sutanto, and Jurusan Fisika. 2013. "Sintesis Lapisan Tipis Nanokomposit TiO₂/CNT Menggunakan Metode Sol-Gel dan Aplikasinya Untuk Fotodegradasi Zat Warna Azo Orange 3R." *Youngster Physics Journal* 2 (1): 41–48.
- 20 Santhosh, Chella, A. Malathi, Ehsan Daneshvar, Pratap Kollu, and Amit Bhatnagar. 2018. "Photocatalytic Degradation of Toxic Aquatic Pollutants by Novel Magnetic 3D-TiO₂@HPGA Nanocomposite." *Scientific Reports* 8 (1): 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33818-9>.
- 41 Satoshi Morisawa, Mai Furukawa, Ikki Tateishi, Hideyuki Katsumata, Satoshi Kaneco, Kazuaki Masuyama. 2018. "Photocatalytic degradation of Linuron in aqueous solution with nanosized TiO₂ under sunlight irradiation". *J.Chem. Eng. Japan* 7 (2): 119–122. <https://doi.org/10.11425/sst.7.119>
- 44 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 TiO₂ Impregnated Activated Carbon." *Bulletin of Materials Science* 30 (1): 37–41.
- 31 <https://doi.org/10.1007/s12034-007-0007-8>.
- 46 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 Cores." *Environmental Technology* 33 (5): 545–54. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.584571>.
- 14 Wahyuningsih, Sayekti, Puji Estiningsih, Velina Anjani, Liya N.M.Z. Saputri, Candra Purnawan, and Edi Pramono. 2017. "Enhancing Remazol Yellow FG Decolorination by Adsorption and Photoelectrocatalytic Degradation." *Molekul* 12 (2): 126. <https://doi.org/10.20884/1.jm.2017.12.2.321>.
- 5 Wardhani, Sri, Rachmat T Triandi, Penta Tia Deka, and Alif Rohmatil Jannah. 2015. "Sintesis Fotokatalis Fe₂O₃-Zeolit Untuk Uji Fotodegradasi Zat Warna Jingga Metil." *Prosiding S6 MIRATA*, no. Iii: 700–709.
- Wijaya, Karna, Eko Sugiharto, Is Fatimah, Sri Sudiono, and Diyan Kurniaysih. 2006. "UTILISASI TiO₂-ZEOLIT DAN SINAR UV UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED." *Teknoin* 11 (3): 199–209. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol11.iss3.art4>.
- 42 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 TiO₂/Graphene Oxide on Polyacrylonitrile/β-Cyclodextrin Nanofibrous Membranes." *Ultronics Sonochemistry* 70 (August 2020): 105343. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105343>.

Artikel 13

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Jenderal Achmad Yani Student Paper	2%
2	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	1%
3	ejournal.unibabwi.ac.id Internet Source	1%
4	ejournal.upnjatim.ac.id Internet Source	1%
5	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
6	media.neliti.com Internet Source	1%
7	www.pertanika.upm.edu.my Internet Source	1%
8	archive.org Internet Source	1%
9	eprints.uad.ac.id Internet Source	1%

10	journal.uad.ac.id Internet Source	1 %
11	ouci.dntb.gov.ua Internet Source	1 %
12	publikasiilmiah.unwahas.ac.id Internet Source	1 %
13	vdocuments.net Internet Source	<1 %
14	europub.co.uk Internet Source	<1 %
15	link.springer.com Internet Source	<1 %
16	eprints.uns.ac.id Internet Source	<1 %
17	www.scribd.com Internet Source	<1 %
18	Naomi L. Stock, Julie Peller, K. Vinodgopal, Prashant V. Kamat. "Combinative Sonolysis and Photocatalysis for Textile Dye Degradation", Environmental Science & Technology, 2000 Publication	<1 %
19	Yoshio Nosaka, Atsuko Y. Nosaka. "Comment on "Coumarin as a Quantitative Probe for Hydroxyl Radical Formation in Heterogeneous	<1 %

Photocatalysis", The Journal of Physical Chemistry C, 2019

Publication

20 Jeongdae Im, Frank E. Löffler. "Fate of Bisphenol A in Terrestrial and Aquatic Environments", Environmental Science & Technology, 2016 <1 %
Publication

21 ejournal.akfarsurabaya.ac.id <1 %
Internet Source

22 repository.unp.ac.id <1 %
Internet Source

23 Submitted to Shri Mata Vaishno Devi University(SMVDU), Katra <1 %
Student Paper

24 U. I. Brimberg. "Kinetics of Bleaching of Vegetable Oils", Journal of the American Oil Chemists' Society, 1982 <1 %
Publication

25 jurnal.unsyiah.ac.id <1 %
Internet Source

26 repositorio.cualtos.udg.mx:8080 <1 %
Internet Source

27 jurnal.untad.ac.id <1 %
Internet Source

28 www.ojs.jmolekul.com

Internet Source

<1 %

29

adoc.pub

Internet Source

<1 %

30

kimia.fmipa.um.ac.id

Internet Source

<1 %

31

www.asianpubs.org

Internet Source

<1 %

32

Grace Aprianne Bellatrix Patiung, Audy D. Wuntu, Meiske S. Sangi. "Penggunaan Karbon Aktif Cangkang Pala - TiO₂ Untuk Fotodegradasi Zat Warna Metanil Yellow", Jurnal MIPA, 2014

Publication

<1 %

33

docobook.com

Internet Source

<1 %

34

docplayer.info

Internet Source

<1 %

35

docplayer.net

Internet Source

<1 %

36

economy.okezone.com

Internet Source

<1 %

37

ejournal.unisbablitar.ac.id

Internet Source

<1 %

journal.unnes.ac.id

38

Internet Source

<1 %

39

etheses.uin-malang.ac.id

Internet Source

<1 %

40

journal.ugm.ac.id

Internet Source

<1 %

41

mie-u.repo.nii.ac.jp

Internet Source

<1 %

42

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

Internet Source

<1 %

43

scholar.colorado.edu

Internet Source

<1 %

44

www.mdpi.com

Internet Source

<1 %

45

www.nature.com

Internet Source

<1 %

46

agris.fao.org

Internet Source

<1 %

47

doaj.org

Internet Source

<1 %

48

ejournal.undip.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 1 words

Exclude bibliography Off