

**DEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED DENGAN KATALIS
TiO₂ MENGGUNAKAN METODE FOTOLISIS**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah satu persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana sains



Oleh :

ROFILIAN JULIZEN

18036021/2018

PROGRAM STUDI KIMIA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

PERSETUJUAN SKRIPSI

DEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED* DENGAN KATALIS TiO_2 MENGUNAKAN METODE FOTOLISIS

Nama : Rofilian Julizen
NIM : 18036021
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2022

Mengetahui
Kepala Departemen



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19721024 199803 1 001

Disetujui Oleh
Pembimbing



Hary Sanjaya, S.Si., M.Si
NIP. 19830428 200912 1 007

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Rofilian Julizen
NIM : 18036021
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

DEGRADASI ZAT WARNA *CONGO RED* DENGAN KATALIS TiO_2 MENGUNAKAN METODE FOTOLISIS

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Padang

Padang, Agustus 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Hary Sanjaya, S.Si.,M.Si	
Anggota	: Prof. Ali Amran, M.Pd.,MA.,Ph.D	
Anggota	: Prof. Indang Dewata, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama	: Rofilian Julizen
NIM/TM	: 18036021 / 2018
Tempat/Tanggal Lahir	: Tanah Merah / 22 Juli 2000
Program Studi	: Kimia
Departemen	: Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat	: Jalan Pemda No.225 Kecamatan Tanah Merah
No. HP/Telp	: 085363760168
Judul Skripsi	: Degradasi Zat Warna Congo Red Dengan Katalis TiO_2 Menggunakan Metode Fotolisis

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di Universitas Negeri Padang maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh – sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Agustus 2022
Yang membuat pernyataan



Rofilian Julizen
NIM. 18036021

DEGRADASI ZAT WARNA CONGO RED DENGAN KATALIS TiO_2 MENGGUNAKAN METODE FOTOLISIS

Rofilian Julizen

ABSTRAK

Industri tekstil di Indonesia semakin meningkat akibatnya limbah yang dihasilkan semakin banyak salah satunya limbah zat warna. Limbah yang dihasilkan memberikan dampak terhadap lingkungan di sekitarnya. Untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat limbah tersebut maka ada beberapa metode yang digunakan salah satunya degradasi dengan metode fotolisis.

Pada penelitian ini zat warna yang didegradasi adalah *Congo Red* dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu optimum dan lampu UV optimum dalam degradasi zat warna *Congo Red*. Persentase degradasi didapatkan dari nilai absorbansi yang diukur menggunakan instrumen spektrofotometer UV-VIS.

Hasil pengukuran panjang gelombang *Congo Red* yang diperoleh yaitu 497 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu radiasi optimum untuk mendegradasi larutan zat warna *Congo Red* dengan katalis TiO_2 adalah 180 menit dengan persentase degradasi sebesar 92%. Pada pengaruh lampu UV untuk mendegradasi larutan zat warna *Congo Red* dengan katalis TiO_2 pada daya lampu UV 20 watt dengan waktu optimum 180 menit diperoleh persen degradasi tertinggi sebesar 95,21%. Sedangkan persen degradasi larutan zat warna *Congo Red* dengan katalis TiO_2 dengan sinar matahari sebagai sumber radiasi didapatkan sebesar 60,47%.

Kata Kunci : Degradasi, *Congo Red*, Fotolisis, TiO_2

DEGRADATION OF *CONGO RED* COLORS WITH TiO₂ CATALYST USING PHOTOLYSIS METHOD

Rofilian Julizen

ABSTRACT

The textile industry in Indonesia is increasing as a result of which more and more waste is produced, one of which is dye waste. The resulting waste has an impact on the surrounding environment. To reduce the impact caused by the waste, there are several methods used, one of which is degradation by the photolysis method.

In this study, the dye that was degraded was *Congo Red* with TiO₂ as a catalyst using the photolysis method. This study aims to determine the optimum time and optimum UV lamp in the degradation of *Congo Red* dye. The percentage of degradation was obtained from the absorbance value which was measured using a UV-VIS spectrophotometer instrument.

The result of measuring the wavelength of *Congo Red* obtained is 497 nm. The results showed that the optimum radiation time to degrade *Congo Red* dye solution with TiO₂ catalyst was 180 minutes with a degradation percentage of 92%. On the effect of UV lamp to degrade *Congo Red* dye solution with TiO₂ catalyst at UV lamp power of 20 watts with optimum time of 180 minutes, the highest percentage of degradation was 95.21%. While the percent degradation of *Congo Red* dye solution with TiO₂ catalyst with sunlight as a radiation source was obtained at 60.47%.

Keywords: Degradation, *Congo Red*, Photolysis, TiO₂

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang selalu dicurahkan kepada seluruh hamba-Nya. Shalawat beserta salam dikirimkan kepada tauladan ummat Islam yakni Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah dengan nikmat dan hidayah-Nya, penulis telah dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul “Degradasi Zat Warna *Congo Red* Menggunakan Katalis TiO_2 dengan Metode Fotolisis”. Selama penyelesaian penelitian ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, baik itu berupa saran, bimbingan dan sumbangan pemikiran. Oleh sebab itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, yang telah memberikan nikmat menuntut ilmu sehingga penulis dapat menambah wawasan di Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

1. Ibu dan Ayah penulis yang telah meridhoi penulis dan memberikan semangat dalam penyelesaian proposal penelitian ini.
2. Bapak Hary Sanjaya, M.Si selaku Dosen Pembimbing Tugas akhir dan Penasehat Akademik.
3. Bapak Prof. Ali Amran.,M.Pd.,MA.,Ph.D dan Bapak Prof.Dr. Indang Dewata, M.Si selaku dosen penguji I dan II.
4. Bapak Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D selaku Ketua Departemen Kimia dan Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

5. Bapak dan Ibu dosen pengajar serta seluruh karyawan akademik dan non akademik di Departemen Kimia FMIPA UNP.
6. Tim Fotolisis angkatan 2018 memberikan motivasi dan masukan yang berharga dalam penelitian ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis berpedoman kepada buku Panduan Penulisan skripsi Non Kependidikan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Sebagai langkah penyempurnaan, penulis mengharapkan masukan, kritikan, dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan skripsi ini. Semoga masukan, kritikan, dan saran yang diberikan menjadi amal ibadah, aamiin. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di dunia Sains.

Padang, Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi masalah	4
C. Rumusan Masalah	4
D. Batasan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Congo Red	6
B. Semikonduktor	7
C. Titanium Dioksida (TiO ₂)	8
D. Fotolisis	9
E. Fotokatalisis	10
F. Spektrofotometri UV-Vis	12
G. FTIR	15
BAB III	17
METODE PENELITIAN	17
A. Waktu dan Tempat	17
B. Objek Penelitian	17

C.	Variabel Penelitian.....	17
D.	Alat dan Bahan.....	17
	1. Alat.....	17
	2. Bahan.....	18
E.	Prosedur Penelitian	18
	1. Pembuatan Larutan Zat Warna <i>Congo Red</i>	18
	2. Penentuan λ maks <i>Congo Red</i> dengan Spektrofotometer UV- Vis...	18
	3. Degradasi <i>Congo Red</i> dengan Variasi Waktu Secara Fotolisis.....	18
	4. Degradasi Larutan <i>Congo Red</i> dengan Variasi Daya Lampu Secara Fotolisis.....	19
	5. Degradasi <i>Congo Red</i> dengan menggunakan Sinar Mtahari Sebagai Sumber Radiasi.....	19
F.	Teknik Analisa Data	19
G.	Identifikasi FTIR <i>Congo Red</i> Sebelum dan Sesudah Proses Fotokatalisis.	20
BAB IV		21
PEMBAHASAN		21
A.	Degradasi <i>Congo Red</i> Dengan Variasi Waktu Radiasi Menggunakan Metode Fotolisis.....	21
B.	Degradasi <i>Congo Red</i> dengan Variasi Lampu UV Menggunakan Metode Fotolisis.....	27
C.	Degradasi Zat Warna <i>Congo Red</i> Dengan Sinar Matahari Sebagai Sumber Radiasi.....	30
D.	Identifikasi Zat Warna <i>Congo Red</i> Sebelum Dan Setelah Degradasi Menggunakan FTIR.....	33
BAB V.....		35
PENUTUP.....		35
A.	Kesimpulan	35
B.	Saran	35
DAFTAR PUSTAKA		36
LAMPIRAN.....		43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur molekul <i>Congo Red</i>	6
Gambar 2. Struktur TiO ₂ anatase, rutil dan brokit (Qodri, 2011)	8
Gambar 3. Tahapan reaksi fotokatalitik	11
Gambar 4. Rancangan alat penelitian.....	12
Gambar 5. Kurva pengaruh variasi waktu radiasi terhadap degradasi zat warna <i>Congo Red</i> menggunakan katalis TiO ₂ dengan metode fotolisis.	22
Gambar 6. Reaksi fotolisis <i>Congo Red</i>	25
Gambar 7. Kurva pengaruh daya lampu UV terhadap degradasi zat warna <i>Congo Red</i> menggunakan katalis TiO ₂ dengan metode fotolisis.....	27
Gambar 8. Kurva pengaruh daya lampu UV terhadap degradasi zat warna <i>Congo Red</i> menggunakan katalis ZnO dengan metode fotolisis.	29
Gambar 9. Diagram Perbandingan % Degradasi.	31
Gambar 10. Grafik FTIR sebelum dan sesudah degradasi.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Preparasi larutan zat warna.....	43
Lampiran 2. Degradasi larutan <i>Congo red</i> dengan variasi waktu secara fotolisis	44
Lampiran 3. Degradasi larutan <i>Congo Red</i> dengan variasi lampu UV secara fotolisis.....	45
Lampiran 4. Desain Penelitian	46
Lampiran 5. Gambar preparasi sampel degradasi zat warna <i>Congo Red</i> dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis.	47
Lampiran 6. Gambar alat photoreactor fotolisis	48
Lampiran 7. Absorbansi zat warna <i>Congo Red</i> sebelum didegradasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis.	49
Lampiran 8. Absorbansi zat warna <i>Congo Red</i> dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis setelah didegradasi pada variasi waktu radiasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis.	50
Lampiran 9. Perhitungan persen degradasi zat warna <i>Congo Red</i> dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis pada variasi waktu radiasi.....	51
Lampiran 10. Hasil degradasi zat warna <i>Congo Red</i> dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis pada variasi waktu radiasi.....	53
Lampiran 11. Absorbansi zat warna <i>Congo Red</i> dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis setelah didegradasi pada variasi daya lampu UV dengan waktu optimum menggunakan spektrofotometer UV-Vis.....	54
Lampiran 12. Perhitungan persen degradasi zat warna <i>Congo Red</i> dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis pada variasi waktu radiasi.....	55
Lampiran 13. Hasil degradasi zat warna <i>Congo Red</i> dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis pada variasi lampu UV.	56
Lampiran 14. Perhitungan persen degradasi zat warna <i>Congo Red</i> dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis dengan sinar matahari sebagai sumber radiasi.....	57
Lampiran 15. Hasil degradasi zat warna <i>Congo Red</i> dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis dengan sinar matahari sebagai sumber radiasi.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan sektor industri tekstil di Indonesia saat ini berkembang pesat, selain itu juga memberikan dampak buruk pada makhluk hidup, limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil tersebut dapat menyebabkan pencemaran ekosistem air. Zat warna tersebut merupakan senyawa organik non-biodegradabel atau senyawa yang sulit terurai sehingga menyebabkan pencemaran pada lingkungan terlebih lagi pada lingkungan perairan (Wijaya *et al.*, 2005).

Salah satu jenis limbah industri tekstil adalah limbah cair, dan merupakan yang relatif banyak kita jumpai. Pada industri pencelupan, limbah tekstil yang dihasilkan sangat memungkinkan terjadinya pencemaran pada lingkungan, yang menyebabkan itu terjadi adalah intensitas warna yang tinggi dan kandungan bahan pencemar yang sangat kompleks dari air limbah tekstil tersebut. Komponen utama yang terdapat pada rendahnya kualitas air limbah tekstil tersebut karena keberadaan zat warna yang terdapat dalam macam-macam jenis senyawa kimia dengan variasi konsentrasi yang berbeda. Banyak dari berbagai jenis bahan pewarna berdampak secara mutagenik dan karsinogenik terhadap kehidupan manusia dan perairan karena merupakan racun (Rodríguez Couto, 2009).

Sebagian besar zat warna yang digunakan dalam proses pewarnaan tekstil akan terbuang sebagai limbah. Sebagian besar limbah cair industri tekstil yang berupa zat warna memiliki struktur aromatik karena merupakan senyawa organik, oleh karena itu zat warna dari limbah cair sulit terdegradasi secara alami yang tidak baik bagi lingkungan dan akan berdampak buruk bagi makhluk hidup.

Congo Red merupakan salah satu contoh zat warna tekstil dan banyak digunakan. Zat warna *Congo Red* yang terkandung dalam Limbah cair dapat merusak berbagai macam jenis makhluk hidup yang terkena dampak dari zat warna *Congo Red* tersebut dikarenakan *Congo Red* memiliki sifat racun yang cukup tinggi, terutama yang hidup di perairan maupun tidak. *Congo Red* yang terakumulasi dalam organisme dapat menyebabkan difungsi hati, gangguan saraf, dan ginjal (Saraswati *et al.*, 2015).

Salah satu metode potensial untuk mendegradasi senyawa zat warna dari limbah industri tekstil adalah Advanced Oxidation Processes (AOPs). Teknologi AOPs ini merupakan metode oksidasi fasa larutan berdasarkan pembentukan dan penggunaan radikal hidroksil (OH) sebagai produk samping proses, yang dapat menghancurkan senyawa target (polutan), dan dapat digunakan sendiri atau dengan berbagai macam kombinasi (Harnum & Sanjaya, 2013)

Saat ini, telah banyak terdapat teknik dan metode yang digunakan dalam penanggulangan limbah zat warna tekstil, diantaranya yaitu metode oksidasi, koagulasi, ozonisasi, adsorpsi, biodegradasi, elektrokimia, klorinasi, penyerapan dan pengendapan karbon aktif dan metode fotodegradasi (Fatimah *et al.*, 2006). Metode fotodegradasi merupakan metode yang paling efektif berdasarkan dari metode-metode tersebut. Metode fotodegradasi lebih mudah diterapkan dari metode lain, selain itu metode fotodegradasi tidak terlalu menggunakan banyak biaya (Prima *et al.*, 2012).

Metode fotodegradasi (degradasi-fotokatalis) membutuhkan bahan katalis semikonduktor dan penyinaran radiasi sinar ultraviolet (UV). Energi celah pita yang dimiliki dari bahan semikonduktor tersebut menyesuaikan panjang

gelombang dari sinar ultraviolet. Proses fotokatalis umumnya menggunakan katalis antara lain TiO_2 , Fe_2O_3 , SnO_2 , ZnO , ZnS dan CuS (Prima *et al.*, 2012). Salah satu dari banyaknya katalis yang umum digunakan TiO_2 tergolong yang paling unggul dan banyak tersedia di pasaran (Fatimah *et al.*, 2006).

Dalam aplikasi fotokatalisis TiO_2 lebih sering digunakan sebagai katalis dan salah satu yang paling sering adalah pengolahan limbah, hal ini dikarenakan TiO_2 mempunyai celah pita atau bandgap yang cukup besar yaitu (3,2 eV), sifatnya tidak beracun, stabil terhadap cahaya, tidak larut dalam kondisi eksperimen dan kemampuan untuk mengoksidasi yang tinggi (Linsebigler *et al.*, 1995).

TiO_2 sendiri juga merupakan katalis yang lumayan sering dan banyak digunakan dalam penelitian-penelitian yang sedang berkembang sekarang maupun dalam industri. Hal ini terjadi karena TiO_2 memiliki keunggulan seperti harganya yang relatif murah, tidak beracun dan yang terpenting kestabilan dan keaktifannya saat terkena cahaya. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa TiO_2 merupakan fotokatalis yang ramah terhadap lingkungan. Kendala dari TiO_2 ini secara komersil yang tersedia, tidak selektif dalam menguraikan zat warna dan memiliki aktivitas fotokatalis yang masih terbilang rendah. (Subramani *et al.*, 2007).

Saat ini penelitian tentang TiO_2 sangat berkembang, karena titanium dioksida yang digunakan tidak hanya senyawa murni, tetapi juga dimodifikasi dengan memasukkan logam lain, baik itu sejumlah kecil kation atau anion, dapat mengubah sifat bahan induk. Banyak penelitian telah dilakukan terhadap logam-logam yang disisipkan dalam TiO_2 , seperti Cu, Ni, Pt, Zn, Pd, Fe dan Ag, baik

dalam bentuk lapisan tipis maupun dadlam bentuk serbuk (Harnum & Sanjaya, 2013).

Dari penjabaran diatas, saya sebagai penulis tertarik melakukan penelitian mengenai “Degradasi Zat Warna *Congo Red* menggunakan Metode Fotolisis dengan Katalis TiO_2 ”. Degradasi *Congo Red* dipengaruhi oleh lamanya waktu degradasi dan jumlah persentase katalis TiO_2 yang digunakan. Penelitian ini diharapkan bisa memberikan edukasi dan solusi untuk mengurangi dampak limbah zat warna yang dihasilkan industri khususnya untuk industri tekstil itu sendiri agar tidak melakukan pembuangan limbah tidak pada tempatnya yang berakibat negatif terhadap lingkungan disekitarnya.

B. Indentifikasi masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas dapat diidentifikasi beberapa masalah :

1. *Congo Red* merupakan jenis pewarna sintetik yang digunakan oleh industri tekstil yang mengandung limbah berbahaya dan dapat merusak lingkungan dan gangguan terhadap makhluk hidup.
2. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses degradasi *Congo Red* adalah penambahan katalis TiO_2 dengan metode fotolisis.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh waktu radiasi yang digunakan terhadap degradasi warna *Congo Red* ?
2. Bagaimana pengaruh variasi daya lampu UV terhadap degradasi *Congo Red* ?

D. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pendegradasian *Congo Red* dilakukan dengan metode Fotolisis.
2. Variasi waktu radiasi pada proses degradasi *Congo Red* yang digunakan pada penelitian ini adalah 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, 180 menit dan 210 menit.
3. Variasi daya lampu UV 8 watt, 10 watt, 15 watt, dan 20 watt terhadap hasil degradasi *congo red*.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan waktu optimum proses degradasi zat warna Congo Red dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis.
2. Menentukan variasi daya lampu UV dengan absorbansi terkecil pada degradasi zat warna Congo Red dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis.

F. Manfaat Penelitian

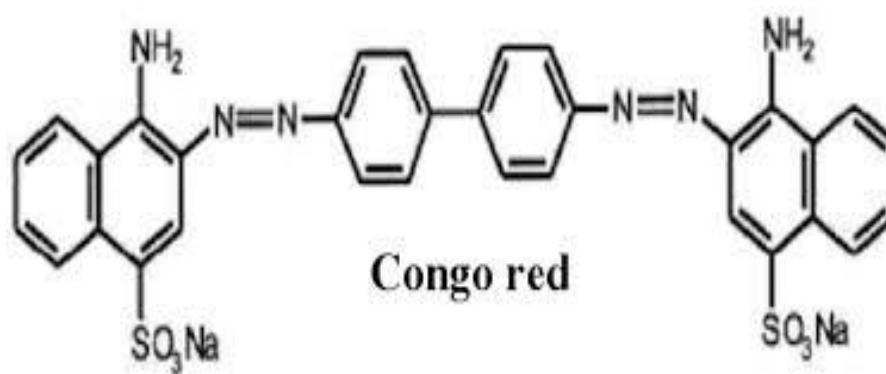
Hasil dari penelitian ini dapat diharapkan memberikan edukasi dan ilmu pengetahuan terutama dalam bidang Fotokatalis yang mengembangkan metode Fotolisis untuk mendegradasi zat warna *Congo Red* secara efektif dan efisien serta dapat dijadikan sebagai referensi atau acuan untuk penelitian selanjutnya agar pendegradasian ini dapat diterapkan dalam industri skala besar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Congo Red

Congo Red adalah senyawa dengan rumus molekul $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$. Ini juga merupakan jenis pewarna Azo, yang umumnya memiliki gugus hidroksiamina dan gugus amino tersubsitusi. *Congo Red* mempunyai nama IUPAC natrium benzydindiazo-bis-1-naftilamin-4-sulfonat. Senyawa *Congo Red* mempunyai berat molekul 696,67 g/mol (O'neil, 2001). Di dalam air, *Congo Red* membentuk koloid berwarna merah. Spektrofotometer dapat mengamati warna merah dari *Congo Red* tersebut. Puncak karakteristik yang di tunjukkan spectra *Congo Red* sekitar 498 nm. Di antara solusinya, dalam bidang industri selulosa *Congo Red* banyak digunakan contohnya pada industri kertas dan industri kain katun. Congo red merupakan zat warna yang cukup berbahaya pada makhluk hidup, zat warna *Congo Red* bisa menyebabkan kanker dan alergi seperti anaphylactic shock (O'neil, 2001).



Gambar 1. Struktur molekul *Congo Red*.

B. Semikonduktor

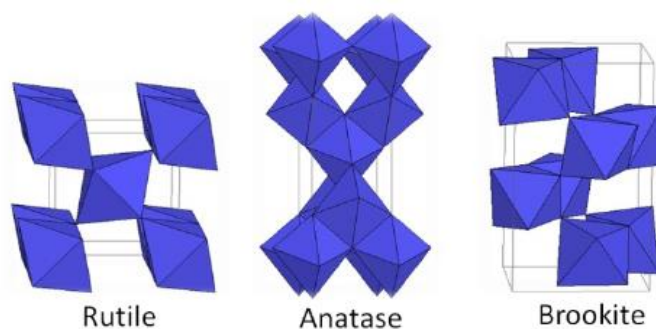
Semikonduktor merupakan material dimana konduktivitasnya berada pada antara konduktor dan isolator. Parameter utama yang membedakan semikonduktor dari bahan lain adalah celah pita energi. Energi celah pita membentuk perbedaan energi pada antara bagian atas pita valensi dan bagian bawah pita konduksi, yang menentukan energi perpindahan (transisi) yang dibutuhkan elektron untuk bertransisi dari pita valensi ke pita konduksi. Celah pita energi (E_g) semikonduktor adalah antara 0-4 eV, sedangkan energi celah pita isolator lebih tinggi dari 4 eV, dan energi celah pita konduktor lebih rendah dari 0,5 eV.

Menurut laporan, semikonduktor adalah bahan yang dapat menghasilkan arus karena lompatan elektron yang tereksitasi. Namun, jika semikonduktor yang digunakan memiliki celah pita sempit (0,5-1 eV), semikonduktor dapat menghasilkan arus karena energi celah pita sempit akan mendorong transisi elektron dari celah pita. Selain itu, celah energi yang besar menyebabkan efisiensi operasi yang rendah, karena energi yang besar membutuhkan energi yang besar untuk memancarkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi untuk menghasilkan arus. Karena penelitian tentang persiapan bahan yang digunakan, karakteristik energi celah pita dan kesulitan mentransmisikan arus merupakan parameter penting untuk menentukan sifat listrik padatan. Mampu menghasilkan dan mengirimkan elektron adalah tren dalam beberapa dekade terakhir (Aminullah *et al.*, 2019).

C. Titanium Dioksida (TiO_2)

TiO_2 adalah semikonduktor yang telah lama dipergunakan dalam proses fotokatalitik karena fotoaktivitasnya dan stabilitas kimianya yang tinggi dalam kondisi yang keras. Senyawa ini tidak beracun, relatif murah, dapat mereduksi ion logam dalam larutan dan mengoksidasi polutan organik (Qodri, 2011).

Ada 3 fase TiO_2 , yaitu anatase, rutil dan brokit. Namun, dalam proses fotokatalitik, hanya anatase dan rutil yang berperan penting, karena perbedaannya hanya pada densitas, luas permukaan, dan situs aktif. Perbedaan antara struktur kristal ini mempengaruhi perbedaan celah pita. Jika lingkungan atau susunan atom Ti dan O pada kristal TiO_2 berbeda maka akan menyebabkan perbedaan band gap, misalnya band gap pada rutil adalah 3,0 eV dan band gap pada anatase adalah 3,2 eV (Triandi and Gunlazuardi, 2001).



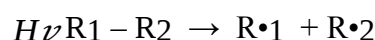
Gambar 2. Struktur TiO_2 anatase, rutil dan brokit (Qodri, 2011)

TiO_2 anatase memiliki area aktivasi yang lebih luas dibandingkan dengan TiO_2 rutil, sehingga TiO_2 anatase lebih reaktif terhadap cahaya. Karena densitas dan indeks reaksinya yang tinggi, rutil memiliki kristal yang lebih padat dibandingkan anatase, yaitu 3,894 gr/cm³ untuk anatase dan 4,250 gr/cm³ untuk rutil. Adapun indeks bias anatase 2,5688 dan rutil 2,9467 (Ferinda, 2017).

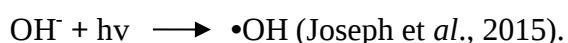
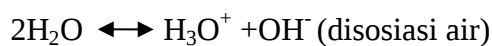
TiO₂ memiliki karakteristik konduktivitas fotolistrik yang tinggi, mudah digunakan, toksisitas rendah, kelembaman dan biaya rendah, serta memiliki aktivitas dan efisiensi fotokatalitik yang tinggi (Chen & Mao, 2007). TiO₂ dapat digunakan untuk fotokatalisis di bawah sinar ultraviolet (UV), karena energi celah pita TiO₂ lebih kecil dari pada ultraviolet matahari, sehingga dapat terjadi eksitasi electron (Saravanan *et al.*, 2009).

D. Fotolisis

Fotolisis adalah proses menggunakan cahaya dan katalis untuk mendegradasi senyawa. Ketika material fotolitik disinari dengan cahaya, bahan tersebut menyerap energi foton, menyebabkan reaksi kimia dan terjadinya kompleks logam dan katalis. Partikel fotokatalis menyerap sinar ultraviolet membentuk 2 pasang elektron dan *hole* (Bhernama1*) & , Prof. Safni1), n.d.). Reaksi fotolisis langsung dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi fotolisis biasanya digunakan untuk reaksi degradasi polutan dalam media cair maupun gas karena menghasilkan produk berupa ion atau radikal. Reaksi yang terjadi pada fotolisis yaitu:

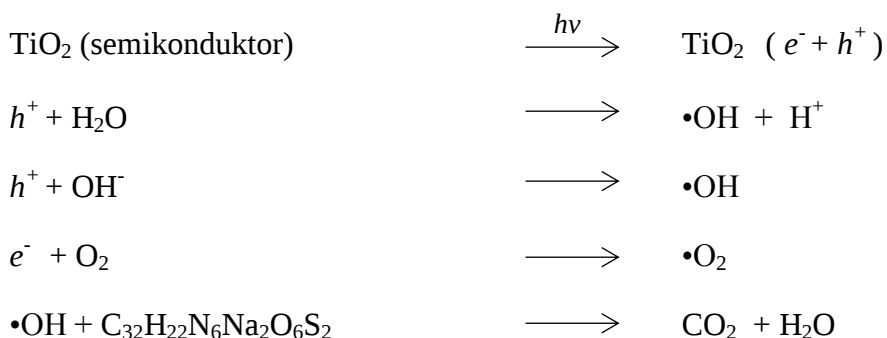


Fotolisis membutuhkan adanya molekul oksigen atau air, karena kelembaban mempercepat proses fotolisis. Dalam kasus fotolisis, penyerapan foton molekul digunakan untuk memisahkan molekul, sehingga energi foton yang diserap harus lebih cepat dari energi yang ditentukan. Dalam hal ini, untuk reaksi fotolisis panjang gelombang energi foton harus yang paling cocok (Bismo, 2006).

E. Fotokatalisis

Fotokatalisis merupakan gabungan dari dua kata cahaya dan katalis, sehingga dapat disebut sebagai reaksi yang terjadi karena adanya cahaya dan katalis, yang dapat mempercepat reaksi kimia. Dalam reaksi fotokatalitik ini, katalis berguna untuk mempercepat reaksi penyinaran melawati interaksi substrat dalam keadaan dasar dan tereksitasi. Fotokatalisis merupakan salah satu metode AOPs (Advanced Oxidation Process) (Yahdiana, 2011).

Mekanisme reaksi Fotokatalis yaitu :

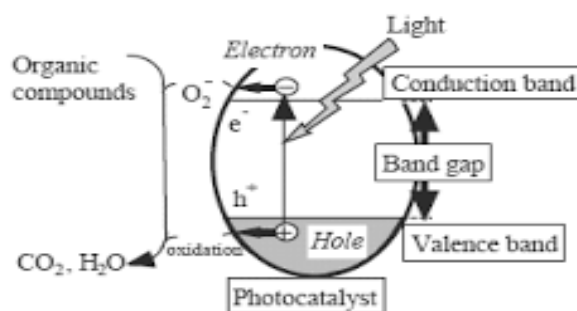


Dari reaksi diatas dapat dijelaskan bila nanokomposit TiO_2 dikenai sinar UV yang nilainya sama atau lebih dari band gap semikonduktor membentuk elektron dan hole di permukaannya. Hole akan kekosongan elektron akibat eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Hole ini adalah oksidator kuat yang megoksidasi air H_2O . Reaksi pada hole dengan H_2O , atom H^+ yang memiliki

biloks +1 yang mengalami reduksi saat pembentukan $\bullet\text{OH}$ yang biloksnya 0. Sedangkan ketika molekul H_2O mengalami oksidasi biloks 0 ke +1. Selanjutnya hole akan bereaksi dengan molekul OH^- dan terjadi pelepasan elektron membentuk $\bullet\text{OH}$. Elektron akan menginisiasi reaksi reduksi pada permukaan katalis. Elektron bereaksi dengan oksigen yang memiliki keelektronegatifan tinggi yang nantinya terbentuk anion superoksida radikal ($\bullet\text{O}_2^-$) yang merupakan spesi pengoksidasi yang kuat (Ali & Siew, 2007).

Keuntungan dari fase fotokatalis ini adalah limbah yang dihasilkan tidak berbahaya, menggunakan bahan kimia lebih efisien dan menghemat energi. Fotokatalis ini memiliki kemampuan sebagai reduktor dan oksidator, serta merupakan metode yang potensial dan efektif untuk mengolah limbah senyawa organik dan non-organik (Naimah *et al.*, 2014).

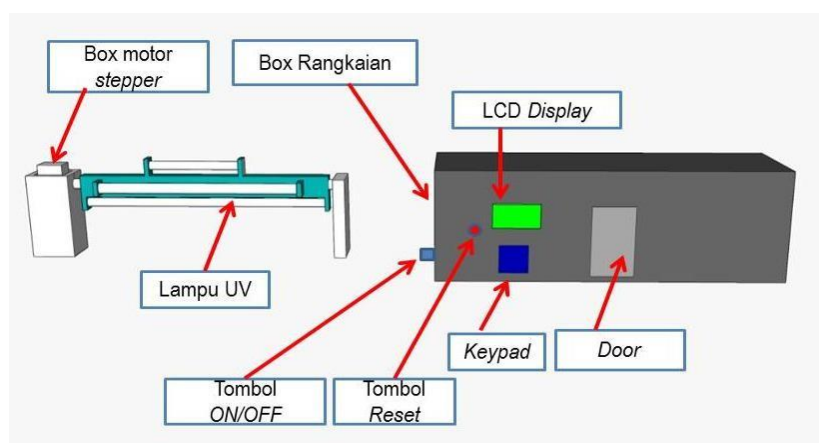
Umumnya pada proses fotokatalitik ini dapat menyebabkan pemisahan muatan atau eksitasi cahaya dalam semikonduktor karena dimulai dengan penyerapan foton dari semikonduktor. Dengan meninggalkan lubang positif di pita valensi, elektron tereksitasi di pita konduksi. Elektron di pita konduksi bereaksi dengan akseptor elektron, dan lubang positif pada pita valensi bereaksi dengan donor elektron (Rao *et al.*, 2009).



Gambar 3. Tahapan reaksi fotokatalitik

Metode fotokatalitik ini memiliki kemampuan sebagai reduktor dan oksidan yang potensial, serta dapat mengolah limbah senyawa organik dan non-organik secara efektif (Naimah *et al.*, 2014).

Berikut rancangan alat yang akan digunakan dalam proses degradasi *Congo Red* secara metode fotolisis.



Gambar 4. Rancangan alat penelitian.

F. Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan kombinasi dari spektrofotometri ultraviolet dan spektrofotometri visible atau cahaya tampak. Ada dua sumber cahaya yang berbeda dari alat ini yaitu sumber cahaya ultraviolet dan sumber cahaya tampak. Larutan yang dianalisis diukur dengan menyerap sinar ultraviolet atau sinar tampak. Konsentrasi larutan yang dianalisis akan sebanding dengan jumlah cahaya yang diserap oleh zat yang terkandung dalam larutan.

Transisi yang terjadi pada spektrofotometri UV-Vis adalah transisi dari elektron tingkat energi tinggi (HOMO) ke tingkat energi yang rendah (LUMO). Pada bagian besar molekul, orbital molekul pada tingkat energi terendah adalah orbital σ yang terikat dengan ikatan σ , dan orbital π berada pada tingkat yang

lebih tinggi. Orbital tidak terikat (n) yang mengandung elektron tidak berpasangan berada pada tingkat energy yang lebih tinggi, sedangkan orbital anti ikatan kosong σ^* dan π^* menempati tingkat energi yang paling tinggi (Apriyani, 2007).

Spektrofotometer UV-VIS banyak digunakan sebagai pengukuran kuantitatif. Secara umum digunakan untuk menentukan nilai konsentrasi dari suatu larutan. Nilai absorbansi sinar yang tertangkap adalah fungsi konsentrasi. Pengukuran UV-VIS ini digambarkan dalam persamaan Lambert Beer sebagai berikut:

$$A = \epsilon \times b \times c$$

Keterangan :

A = absorbansi

ϵ = koefisien absorbansi molar ($\text{mol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$)

b = panjang lintasan (cm)

c = konsentrasi absorben (mol L^{-1}) (Yenni *et al.*, 2015).

Dalam beberapa kasus, absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi analit untuk menentukan jarak cahaya pada saat sampel melewati proses penyinaran. Hukum Lambert Beer merupakan hubungan linier yang dipengaruhi oleh banyak faktor seperti fotodegradasi suatu molekul, karakterisasi spektro, adanya senyawa fluoresen pada sampel, PH dari analit, dan interaksi analit dengan pelarutnya (L.C. Passos & M.F.S. Saraiva, 2019).

Spektrofotometri UV-Vis mempunyai prinsip kerja berdasarkan interaksi antara radiasi sinar elektromagnetik dengan molekul zat yang di analisis. Prinsip spektroskopi UV-Visible didasarkan pada penyerapan sinar ultraviolet (200-350

nm) dan sinar tampak (350-800 nm) oleh suatu senyawa yang menghasilkan spektra yang berbeda yang berdasarkan interaksi cahaya dan materi.

Spektroskopi serapan UV dapat digunakan untuk menentukan secara kuantitatif senyawa yang menyerap radiasi UV. Hal ini dilakukan dengan mengukur intensitas cahaya melewati sampel sehubungan dengan intensitas cahaya yang melewati sampel referensi. Teknik ini dapat digunakan untuk berbagai jenis sampel, termasuk cairan, padatan, film tipis, dan kaca. Di rentang radiasi, spektrofotometri UV-Vis menempati area yang sangat sempit. Namun, kisaran ini sangat penting karena perbedaan energi sesuai dengan keadaan elektroik atom dan molekul (Moeur *et al.*, 2006).

Penyerapan pada UV-Vis dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu kromofor, pemilihan pelarut, suhu dan ion organik. Komponen dari Spektrofotometri UV-Vis meliputi sumber sinar, monokromator, kuvet dan detektor. Cahaya dari sumber cahaya akan melewati monokromator dan membuat cahaya yang lewat memiliki panjang gelombang. Radiasi yang dihasilkan akan difokuskan pada detektor, mengubahnya menjadi berkas elektron (Helwandi, 2016).

Fotokatalitik yang melibatkan TiO_2 terbatas pada panjang gelombang iridiasi di wilayah UV karena semikonduktor TiO_2 memiliki celah pita lebar yaitu sekitar 2,5 eV dan hanya dapat menyerap sinar UV dibawah 380 nm. Larutan yang di analisis akan diukur serapan sinar tampak dan sinar ultravioletnya dan konsentrasi larutan yang dianalisis akan sama dengan jumlah cahaya yang diserap oleh zat yang terkandung dalam larutan.

G. FTIR

FTIR merupakan instrument dengan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier, yang digunakan untuk menganalisis dan mendeteksi hasil spektrumnya (Anam & Firdausi, 2007).

Spektroskopi inframerah dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa organik karena spektrumnya sangat kompleks dan terdiri dari banyak puncak. Selain itu, setiap gugus fungsi menyerap cahaya inframerah pada frekuensi yang unik. Berdasarkan penelitian sebelumnya, jenis kelompok fungsional yang dapat menunjukkan komposisi umum obat-obatan dan pembalut limbah telah ditentukan. (Silviah *et al.*, 2019).

Spektroskopi inframerah adalah metode yang mencakup teknik penyerapan, emisi dan fluoresensi. Komponen medan listrik biasanya berperan dalam komponen medan listrik, misalnya dalam transmisi hanya terdapat fenomena pemantulan dan pembiasan pada banyak spektrometer. Penyerapan gelombang elektromagnetik dapat menyebabkan tingkat energi dalam molekul menjadi tereksitasi, dalam bentuk rotasi dan penyerapan. Elektron yang bergetar membangkitkan spektrum elektromagnetik dan daerah-daerah yang terbagi dari atas. Gelombang yang digunakan dalam spektroskopi infra merah berada di daerah infra merah berukuran sedang, dengan panjang gelombang berkisar antara 2,5 m sampai dengan 50 m, atau 4.000 cm^{-1} hingga 2.000 cm^{-1} . Bagian ini cocok untuk perubahan energi getaran molekul senyawa organik. Sedangkan daerah inframerah jauh (2000 cm^{-1} sampai 400 cm^{-1}) berguna untuk molekul yang mengandung atom berat seperti senyawa anorganik.

Spektroskopi inframerah dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa organik yang belum diketahui karena spectrum FTIR yang diperoleh bersifat spesifik terhadap gugus fungsi senyawa organik tersebut. Cara ini banyak digunakan karena cepat dan harganya murah. Dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam molekul. Teknik yang digunakan adalah teknik non-destruktif untuk penentuan kualitatif dan kuantitatif gugus fungsi senyawa organik dalam (Limbong, 2017).

Sidik jari dari FTIR adalah informasi data yang sangat kompleks, sehingga menggambarkan secara lengkap sifat-sifat kimia material. Perubahan posisi dan intensitas pita spectrum FTIR akan berhubungan dengan perubahan komposisi kimia material. Oleh sebab itu, meskipun komposisi kimia suatu senyawa tidak pasti, spektroskopi FTIR dapat digunakan untuk membedakan satu tanaman dengan tanaman lainnya (Siregar *et al.*, 2015).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Degradasi zat warna *Congo Red* dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis pada variasi waktu didapatkan waktu optimum pada waktu 180 menit dengan persentase degradasi sebesar 92%.
2. Degradasi zat warna *Congo Red* dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis pada variasi lampu UV didapatkan lampu UV dengan absorbansi terkecil pada daya 20 watt dengan persen degradasi sebesar 95,21%.
3. Degradasi zat warna *Congo Red* dengan katalis TiO_2 menggunakan metode fotolisis dengan sinar matahari sebagai sumber radiasi dengan persentase di atas 50% yaitu 60,47%. Sinar matahari sebagai sumber radiasi dapat dilakukan dengan waktu penyinaran yang bertingkat dengan kondisi lingkungan pengukuran dan nilai intensitas radiasi yang lebih spesifik sehingga dapat mencapai kondisi degradasi yang lebih optimum.

B. Saran

1. Mempelajari degradasi zat warna *Congo Red* menggunakan metode fotolisis dengan katalis yang berbeda.
2. Mempelajari penggunaan katalis yang digunakan untuk mendegradasi zat warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, R., & Siew, O. O. I. B. (2007). *PHOTODEGRADATION OF NEW METHYLENE BLUE IN AQUEOUS SOLUTION USING ZINC OXIDE AND TITANIUM DIOXIDE AS CATALYST* *The textile industry produces large quantities of highly coloured effluents . These aqueous effluents are generally toxic and resistant to dest.* 45, 31–41.
- Aminullah, M. W., Setiawan, H., Huda, A., Samaulah, H., Haryati, S., & Bustan, M. D. (2019). Pengaruh Komposisi Material Semikonduktor Dalam Menurunkan Energi Band Gap Terhadap Konversi Gelombang Mikro. *Jurnal EECCIS*, 13(2), 65–70.
- Anam, C., & Firdausi, K. S. (2007). Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi Ftir. *Berkala Fisika*, 10(1), 79–85.
- Apriyani, indri r. (2007). DEGRADASI FOTOELEKTROKATALITIK REMAZOL YELLOW FG MENGGUNAKAN SEMIKONDUKTOR LAPIS TIPIS GRAFIT/TiO₂/Cu DAN GRAFIT/KOMPOSIT TiO₂-SiO₂/Cu. *Skripsi Universitas Sebelas Maret*, 7–10.
- Bhernama1*), B. G., & , Prof. Safni1), D. S. (n.d.). *DEGRADASI ZAT WARNA METANIL YELLOW SECARA FOTOLISIS DAN PENYINARAN MATAHARI DENGANPENAMBAHAN KATALIS TiO₂ -anatase dan SnO₂.* 1(1), 49–62.