

**DEGRADASI ZAT WARNA REMAZOL YELLOW FG
MENGUNAKAN ZnO/TiO₂ SEBAGAI KATALIS DENGAN
METODE FOTOSONOLISIS**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains*



**Oleh :
FAUZIAH RAHMA YASIN
NIM/TM. 16036071/2016**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

DEGRADASI AT WARNA *REMAZOL YELLOW FG* MENGGUNAKAN
 ZnO/TiO_2 SEBAGAI KATALIS DENGAN METODE FOTOSONOLISIS

Nama : Fauziah Rahma Yasin
NIM/TM : 16036071/ 2016
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2020

Mengetahui:

Ketua Jurusan Kimia



Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D
NIP. 197009021998011002

Disetujui Oleh:

Pembimbing



Harv Sanjava, S.Si, M.Si
NIP.19830428 200912 1 007

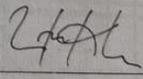
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Kimia
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul : Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG*
menggunakan ZnO/TiO_2 sebagai Katalis dengan
Metode Fotosonolisis
Nama : Fauziah Rahma Yasin
NIM : 16036071
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2020

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Hary Sanjaya, S.Si, M.Si	
2. Anggota : Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D	
3. Anggota : Dr. Desy Kurniawati, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fauziah Rahma Yasin
NIM/TM : 16036071/2016
Tempat/tanggal Lahir : Padang/11 November 1997
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia (NK)
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Perumahan Cendana Anak Air Blok C/16
Padang
No. HP/Telepon : 082284345800
Judul Skripsi : Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG*
menggunakan ZnO/TiO_2 sebagai Katalis
dengan Metode Fotosonolisis

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat orang yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
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 ketidak benaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima Sanksi Akademik berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Februari 2020

Yang membuat pernyataan


Fauziah Rahma Yasin
NIM. 16036071

DEGRADASI ZAT WARNA *REMAZOL YELLOW FG* MENGGUNAKAN ZnO/TiO₂ SEBAGAI KATALIS DENGAN METODE FOTOSONOLISIS

Fauziah Rahma Yasin

ABSTRAK

Riset ini dilakukan mengenai degradasi *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan metode fotosonolisis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan waktu optimum dan jumlah TiO₂ yang digunakan untuk mendoping ZnO optimum dalam mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*. Hasil persentase degradasi diperoleh dari nilai absorbansi yang diukur dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. (λ_{maks}) *Remazol Yellow FG* yang diperoleh dari pengukuran spektrofotometer UV-Vis adalah 415 nm. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa lama waktu penyinaran dan sonikasi optimum untuk mendegradasi *Remazol Yellow FG* adalah 60 menit dengan persentase degradasi sebesar 74,24%. Untuk pengaruh variasi jumlah doping TiO₂ menunjukkan hasil optimum pada ZnO-TiO₂ 20%, dengan persentase degradasi sebesar 80,54%. Hasil analisa XRD diperoleh ukuran kristal ZnO, TiO₂ dan ZnO-TiO₂ berturut-turut 48,50-80,70 nm, 48,96-83,81 nm dan 48,57-96,58 nm. Analisis UV-DRS diperoleh nilai *band gap* masing-masing 3,36 eV, 3,22 eV dan 3,11 eV.

Kata kunci: *Band gap*, Degradasi, *Remazol Yellow FG*, ZnO-TiO₂, Fotosonolisis

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG menggunakan ZnO/TiO₂ sebagai Katalis dengan Metoda Fotosonolisis"** Shalawat beserta salam untuk nabi tauladan kita, Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang sangat berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si selaku pembimbing dan penasihat akademik yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama proses pengerjaan hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak Umar Kalmar Nizar, Ph.D selaku Tim Pembahas yang telah bersedia menjadi pembahas pada ujian Skripsi.
3. Ibu Dr. Desy Kurniawati, S.Pd, M.Si selaku Tim Pembahas yang telah bersedia menjadi pembahas pada Ujian Skripsi.
4. Bapak Alizar, M.Si, Ph.D selaku ketua jurusan kimia FMIPA UNP.
5. Sahabat serta teman terdekat yang telah memeberikan masukan serta semangat kepada semangat kepada penulis hingga selesainya skripsi ini.
6. Teman – teman kimia tahun 2016 yang telah memberikan masukan dan saran serta semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Untuk kesempurnaan skripsi maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Atas masukan dan saran yang telah diberikan penulis mengucapkan terimakasih.

Padang, Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. <i>Remazol Yellow FG</i>	6
B. Zink Oksida (ZnO).....	8
C. Titanium Dioksida (TiO ₂)	10
D. Fotokatalitik	11
E. Fotolisis	12
F. Sonolisis	13
G. Fotosonolisis	14
H. Spektrofotometer UV-Vis.....	15
I. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	16
J. Spektrofotometer <i>UV-Diffuse Reflectance (UV-DRS)</i>	18
K. Penelitian yang Relevan	18
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Jenis, Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
B. Objek Penelitian	21
C. Variabel Penelitian.....	21
D. Alat dan Bahan Penelitian.....	22
E. Prosedur Penelitian	22
1. Preparasi katalis ZnO/TiO ₂	23
2. Pembuatan larutan zat warna <i>Remazol Yellow FG</i>	23
3. Degradasi <i>Remazol Yellow FG</i> dengan metode fotosonolisis.....	23
4. Karakterisasi katalis dengan XRD.....	24
5. Karakterisasi katalis dengan UV-DRS.....	25

F. Teknis analisis data	25
G. Skema Penelitian	26
H. Skema Alat Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
A. Degradasi Zat Warna <i>Remazol Yellow FG</i> dengan Metode Fotosonolisis	28
1. Penentuan Pengaruh Variasi Waktu Radiasi <i>Remazol Yellow FG</i> Menggunakan Katalis ZnO dengan Metode Fotosonolisis.....	28
2. Degradasi Pengaruh Persen Katalis ZnO-TiO ₂ Terhadap Waktu Optimum <i>Remazol Yellow FG</i> secara Fotosonolisis.....	31
B. Karakterisasi Katalis	34
1. Karakterisasi Katalis ZnO, TiO ₂ dan ZnO/TiO ₂ Optimum Meggunakan XRD.....	34
2. Karakterisasi katalis Karakterisasi katalis ZnO, TiO ₂ , dan ZnO/TiO ₂ optimum menggunakan UV-DRS.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
A. Kesimpulan	41
B. Saran.....	41
KEPUSTAKAAN	42
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur umum zat warna	6
2. Struktur kimia Remazol Yellow FG	7
3. Struktur kisi kristal ZnO (wurtzit).....	9
4. Struktur TiO ₂ anatase, rutil dan brokit (Qodri, 2011)	10
5. tahapan reaksi fotokatalitik	12
6. Mekanisme degradasi proses fotolisis dan sonolisis.....	15
7. Difraksi sinar-X pada bidang atom	17
8. Kurva pengaruh variasi waktu radiasi terhadap degradasi <i>Remazol Yellow FG</i> 30	
9. Kurva pengaruh variasi doping karalis TiO ₂ terhadap persen degradasi Remazol Yellow FG secara fotosonolisis.....	32
10. Pola difraktogram pada ZnO, TiO ₂ (Ferinda,2017) dan ZnO/TiO ₂ 20%	34
11. Grafik band gap (a) ZnO, (b) TiO ₂ (Ferinda, 2017) (c) ZnO-TiO ₂ 20% dengan menggunakan UV DRS.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai baku mutu air limbah tekstil.....	8
2. Hasil analisa katalis ZnO/TiO ₂ menggunakan XRD.....	35
3. Ukuran partikel ZnO, TiO ₂ dan ZnO/TiO ₂	36
4. Nilai <i>Band gap</i> dari ZnO, TiO ₂ (Ferinda, 2017) dan ZnO/TiO ₂ 20%.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan preparasi katalis ZnO/TiO ₂	47
2. Preparasi Katalis ZnO/TiO ₂	49
3. Pembuatan Larutan Model Limbah Remazol Yellow FG.....	50
4. Degradasi Remazol Yellow FG dengan Variasi Waktu Radiasi secara fotosonolisis.....	51
5. Penentuan Katalis ZnO/TiO ₂ Optimum untuk mendegradasi Remazol Yellow FG.....	52
7. Pengaruh waktu radiasi zat warna Remazol Yellow FG setelah degradasi dengan katalis ZnO secara fotosonolisis	54
8. Perhitungan persen degradasi zat warna Remazol Yellow FG dengan variasi waktu menggunakan katalis ZnO secara Fotosonolisis.....	55
9. Hasil degradasi zat warna Remazol Yellow FG dengan variasi waktu radiasi menggunakan katalis ZnO secara fotosonolisis	57
10. Absorbansi zat warna Remazol Yellow FG setelah degradasi menggunakan variasi katalis ZnO doping TiO ₂ menggunakan waktu optimum menggunakan katalis ZnO secara Fotosonolisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS .	58
11. Perhitungan persen degradasi zat warna Remazol Yellow FG menggunakan variasi katalis ZnO doping TiO ₂ menggunakan waktu optimum menggunakan katalis ZnO secara Fotosonolisis.....	59
12. Hasil degradasi zat warna Remazol Yellow FG menggunakan doping TiO ₂ secara Fotosonolisis	61
13. Difraktogram XRD Katalis ZnO-TiO ₂ 20%	62
14. Perhitungan penentuan ukuran partikel kristal ZnO-TiO ₂ 20% Menggunakan persamaan Scherrer	63
15. Reflektan ZnO-TiO ₂ 20%.	65

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan dunia industri tekstil di Indonesia saat ini sangat berkembang pesat. Penggunaan pewarna tekstil dalam bidang tersebut dapat memiliki dampak yang negatif bagi lingkungan dan manusia. Zat warna terbagi atas 2 bagian ada zat warna organik dan zat warna sintetik. Salah satu zat warna yang sering digunakan dalam industri tekstil yaitu zat warna sintetik.

Pada saat pencelupan zat warna sintetik tidak semuanya mampu terserap oleh pakaian sehingga sisa sari buangan limbah tersebut dibuang ketempat penampungannya. Zat warna ini beresiko terjadinya gangguan terhadap kesehatan, seperti iritasi kulit, iritasi mata, bahkan menyebabkan kanker (Sapta *et al.* 2014).

Zat warna sintetik merupakan zat warna buatan dengan bahan dasar buatan seperti, Hidrokarbon Aromatik dan Naftalena yang berasal dari batu bata. Pada industri tekstil pada umumnya menggunakan zat warna sintetik karena jenis warna yang digunakan relatif mudah untuk diperoleh dan dengan komposisi yang tetap, memiliki banyak warna dan harga yang relatif murah (Agustina and Amir, 2012).

Zat warna yang cukup reaktif dan sering digunakan dalam industri tekstil maupun batik antara lain *Procion*, *Cibracon*, *Drimaren*, dan *Lavafik*, yang dapat mengadakan reaksi substitusi dengan serat dan membentuk ikatan ester dan dapat membentuk zat warna *Remazol*, *Remalan*, dan *Primazin*. Zat warna reaktif ini sulit dihilangkan karena mengandung ikatan kovalen yang kuat antara atom

karbon zat warna dengan atom O, N, atau S dari gugus hidroksi, amino atau thiol dari polimer (Agustina and Amir, 2012).

Zat warna yang sering digunakan dalam industri tekstil adalah *Remazol Yellow FG*. Rumus kimia dari *Remazol Yellow FG* adalah $C_{18}H_{33}N_2S_4O_{12}Na_3$ dengan massa molar = 659 g/mol dan $\lambda_{max} = 414$ nm (Sapta *et al.* 2014). Zat warna ini memiliki gugus kromofor yang sangat mudah memberikan warna-warna yang cerah dan tahan uji dan zat warna ini jika berada pada lingkungan akan mengalami fotodegradasi dengan bantuan sinar ultraviolet (UV) yang berasal dari cahaya matahari yang terjadi secara alami. Namun, fotodegradasi akan berjalan lebih lambat karena intensitas dari sinar UV yang kecil sehingga menyebabkan terakumulasinya zat warna *Remazol Yellow FG* ke dasar perairan (Maghfiroh, Ulfin, and Juwono 2016).

Banyak metode yang dilakukan untuk menanggulangi masalah limbah zat warna tekstil, antara lain 1. Metode fisika seperti adsorpsi, pengendapan dan osmosis terbalik, 2. Metode kimia (*klorinasi, ozonisasi, fotosonolisis*). Berdasarkan metode tersebut, metode yang cukup efektif digunakan adalah metoda fotosonolisis karena metode ini merupakan salah satu metode *Advance Oxidation Processes* (AOPs) yaitu dengan mengkombinasikan metode fotolisis dan sonolisis dengan kehadiran katalis (Sanjaya, Hardeli, and Syafitri 2018).

Metode fotosonolisis merupakan metode yang menggunakan suatu katalis yang berupa suatu semikonduktor yang berfungsi untuk menghilangkan atau mendegradasi zat warna secara lebih cepat dan lebih efektif. Pada metoda ini akan menghasilkan suatu radikal hidroksil yang akan menyerang zat warna menjadi senyawa yang lebih sederhana (Safni *et al.* 2008).

Degradasi zat warna *Remazol Yellow FG* menggunakan suatu katalis yang bersifat semikonduktor yaitu ZnO/TiO₂. ZnO merupakan semikonduktor yang memiliki *band gap* 3,37 eV dan ZnO banyak digunakan sebagai fotokatalis karena sangat efisien dalam mendegradasi suatu polutan (Pascariu *et al.* 2016). Untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik ZnO maka digunakan TiO₂ yang memiliki *band gap* lebih kecil dari ZnO yaitu 3,2 eV. Semikonduktor ini berhasil mendekomposisi beberapa polutan yang sulit terurai dan sangat beracun (Naimah *et al.* 2014).

Penggunaan ZnO sebagai katalis terbukti mampu mengkatalis zat warna Metil Orange sebanyak 99,45% dengan bantuan penambahan aggegat dengan proses sonofotokatalitik (kumar, Raj, and Venimadhav 2019). Pada penggunaan TiO₂ anatase juga pernah dilakukan dengan zat warna Methanil Yellow dengan proses sonolisis terdegradasi sebanyak 26,86% pada waktu 90 menit pada pH 5 dan pada proses fotolisis terdegradasi sebanyak 80,99% dengan perlakuan yang sama (Safni *et al.* 2008).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdahulu, penulis tertarik untuk melanjutkan melakukan penelitian dengan judul **“Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG* menggunakan ZnO/TiO₂ sebagai Katalis dengan Metoda Fotosonolisis”**. Degradasi *Remazol Yellow FG* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu lama waktu degradasi, dan Variasi konsentrasi (%) dopan TiO₂ sebagai katalisator.

Pada penelitian ini diharapkan dengan menggunakan metode fotosonolisis dapat mengetahui efisiensi dan kereaktifan dalam proses degradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan katalis ZnO/TiO₂. Hasil degradasi zat warna

dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-VIS dan katalis yang digunakan akan dikarakterisasi menggunakan XRD dan UV-DRS. Diharapkan hasil penelitian dapat dijadikan sebagai solusi untuk mengurangi dampak limbah industri khususnya dalam bidang tekstil.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut.

1. *Remazol Yellow FG* merupakan zat warna sintetik yang memiliki struktur kompleks dan stabil sehingga sulit untuk di degradasi.
2. Salah satu metode yang sering digunakan untuk mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan menggunakan metode fotosonolisis dengan katalis ZnO/TiO₂

C. Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Variasi waktu radiasi pada proses degradasi *Remazol Yellow FG* dilakukan pada 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit dengan katalis ZnO
2. Variasi penambahan dopan TiO₂ 5%, 10%, 15%, 20%, 25%
3. Berdasarkan penelitian (Qodri *et al.* 2011), pH yang digunakan pada pH 3.
4. *Remazol Yellow FG* yang digunakan sebagai model limbah zat warna dengan konsentrasi 10 ppm

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan Batasan masalah masalah diatas, maka didapatkan rumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Bagaimana pengaruh waktu radiasi pada proses degradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan metode fotosonolisis menggunakan katalis ZnO?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi dopan TiO₂ pada proses degradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan metode fotosonolisis?
3. Bagaimana Sintesis dan karakterisasi katalis ZnO, TiO₂ dan ZnO/TiO₂ menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-VIS, XRD dan UV-DRS?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menentukan waktu optimum proses degradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan metode fotosonolisis menggunakan katalis ZnO
2. Menentukan jumlah konsentrasi % penggunaan ZnO/ TiO₂ pada proses degradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan metode fotosonolisis.
3. Mensintesis dan karakterisasi katalis ZnO, TiO₂ dan ZnO/TiO₂ menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-VIS, XRD, dan UV-DRS

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan sumbangsih ilmu pengetahuan terutama dibidang fotokatalisis dalam mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan cara yang efektif dan efisien

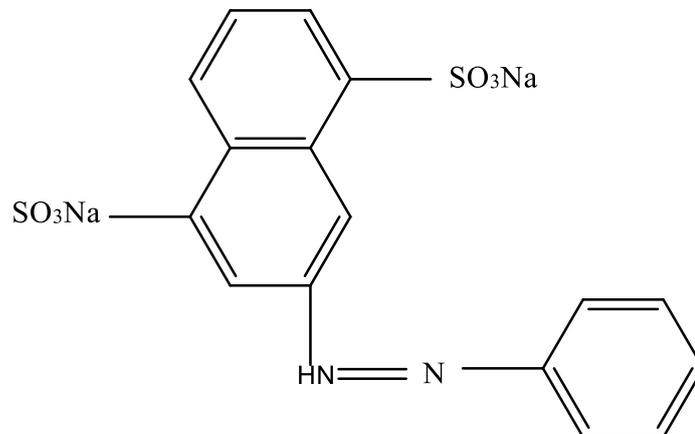
serta dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya dalam upaya mendegradasi zat warna yang digunakan dalam dunia industri tekstil.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. *Remazol Yellow FG*

Zat warna *Remazol Yellow FG* merupakan zat warna sintetis yang banyak digunakan dalam dunia tekstil dalam proses pencelupan kain. Zat warna *Remazol Yellow FG* merupakan zat warna yang cukup reaktif karena memiliki gugus vinil sulfon (Kusumaningsih, Masykur, and Supriyanto 2006). Senyawa *Remazol Yellow FG* dapat mengalami fotodegradasi alami dengan bantuan sinar UV cahaya matahari, namun berlangsung lambat karena intensitas cahaya matahari ke permukaan bumi relatif rendah sehingga zat warna *Remazol Yellow FG* terakumulasi ke permukaan air dan tanah lebih cepat (Qodri, 2011).

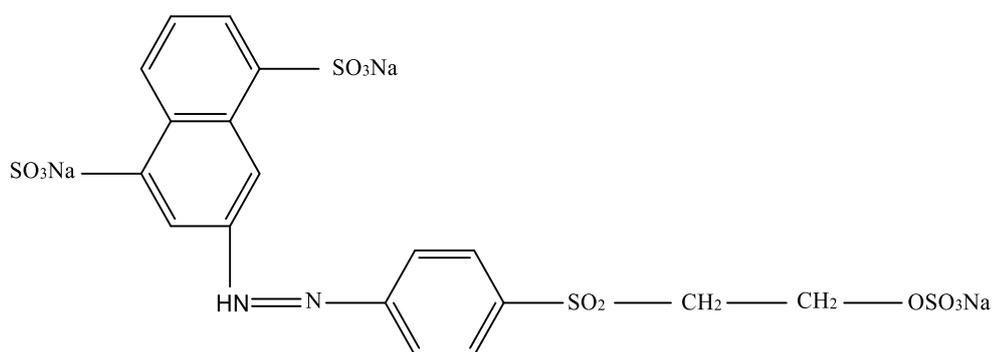
Zat warna *Remazol Yellow FG* memiliki gugus reaktif berupa senyawa sulfon. Agar reaksi berjalan dengan baik maka ditambahkan alkali atau asam sehingga mencapai pH tertentu. Dalam larutan alkali terjadi reaksi sebagai berikut. $ZW-SO_2-CH_2-CH_2-OSO_3-Na + NaOH \longrightarrow ZW - SO_2 - CH = CH_2 + Na_2SO_4 + H_2O$. ZW adalah zat warna yang ditunjukkan dalam Gambar 1. (Ramdani *et al.* 2018)



Gambar 1. Struktur umum zat warna

Zat warna dapat bereaksi dengan serat membentuk ikatan primer kovalen yang merupakan ikatan ester atau eter, molekul air juga dapat ikatan primer kovalen yang dapat mengadakan reaksi hidrolisis dengan zat warna, yang menjadikan zat warna tidak reaktif lagi. Reaksi hidrolisis ini bertambah cepat dengan naiknya suhu (Puspitasari, 2007)

sumber : Puspitasari, 2007



Gambar 2. Struktur kimia Remazol Yellow FG

Zat warna *Remazol Yellow FG* merupakan zat warna yang non biodegradable atau sulit untuk diuraikan. Senyawa ini sulit untuk diuraikan karena tersusun atas zat warna azo dan turunannya sehingga sulit untuk terdegradasi. Senyawa azo jika terlalu lama dilingkungan akan menjadi sumber penyakit karena bersifat karsinogen dan mutagen (Gosal 2018).

Remazol merupakan zat warna reaktif dan larut dalam air dan bereaksi dan membentuk ikatan langsung dengan serat. Zat warna reaktif memiliki sifat tahan luntur dan tahan terhadap sinar (Qodri *et al.* 2011).

Tabel 1. Nilai baku mutu air limbah tekstil

Parameter	Kadar Maksimum	Tekstil Terpadu	Beban Pencemaran Maksimum						
			Pencucian Kapas Permintalan Penenunan	Perekatan (Sizing Desizing)	Pengikisan Pemasakan (Klering Sooring)	Pemucatan (bleaching)	Merserasi	Pencelepan (dyeing)	Pencetakan (Printing)
BOD	60	6	0.42	0.6	1.44	1.08	0.9	1.2	0.36
COD	150	15	1.05	1.5	3.6	2.7	2.25	3.0	0.9
TSS	50	5	0.35	0.5	1.2	0.9	0.75	1.0	0.3
Fenol Total	0.5	0.05	0.004	0.005	0.012	0.009	0.008	0.01	0.003
Krom Total (Cr)	1.0	0.1	-	-	-	-	-	0.02	0.006
Amonia Total (NH ₃ N)	8.0	0.8	0.056	0.08	0.192	0.144	0.12	0.16	0.048
Sulfida	0.3	0.03	0.021	0.03	0.07	0.054	0.045	0.06	0.002
Minyak dan Lemak	3.0	0.3							0.018
pH	6.0-9.0								
Debit Limbah Maksimum	100	7	10	24	18	15	20	6	

Sumber: Keputusan menteri negara lingkungan hidup nomor: KEP-51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri

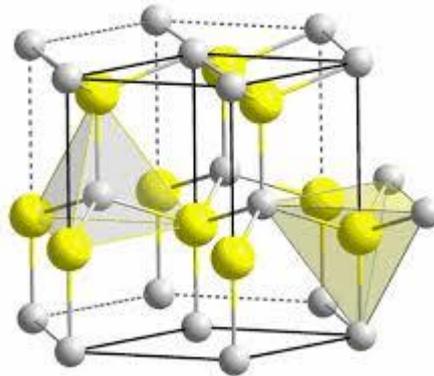
B. Zink Oksida (ZnO)

ZnO adalah bahan semikonduktor fungsional yang digunakan untuk berbagai aplikasi karena memiliki banyak keuntungan seperti, ramah lingkungan, stabil secara kimiawi dan lebih murah dibandingkan dengan oksida logam lainnya. Sementara itu salah satu kelemahan terbesar ZnO adalah hanya menyerap di wilayah UV karena celah pita yang besar 3,2 eV (Saravanan *et al.* 2013).

ZnO merupakan suatu semikonduktor yang sangat baik untuk proses fotokatalitik karena fotosensitifitas dan sifat pengoksidasiannya yang kuat dan tidak beracun. Aktivitas fotokatalitik terjadi pada saat ZnO menyerap foton dengan energi yang sama atau lebih besar dari celah pita material yang menghasilkan pasangan elektron yang kemudian bermigrasi ke permukaan ZnO. ZnO memiliki beberapa kelemahan seperti laju rekombinasi yang cepat dari

pasangan elektron menyebabkan fotogenerasi dan hasil kuantum yang rendah dan menghambat proses degradasi fotokatalitik (Saleh and Djaja 2014). Untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik semikonduktor dapat dilakukan dengan menurunkan *band gap*. *Band gap* dapat dikurangi dengan penambahan semikonduktor lain yang memiliki *band gap* lebih rendah (Sanjaya, Rida, and K.W.N 2017).

ZnO merupakan kristal senyawa ionik terdiri atas kation-kation dan anion-anion yang tersusun secara teratur dan berulang (periodik). Pola susunan yang teratur dan berulang dari ion-ion yang terdapat dalam suatu kristal menghasilkan kisi kristal dengan bentuk/stuktur yang tertentu. ZnO mempunyai kisi kristal dengan struktur wurtzit yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



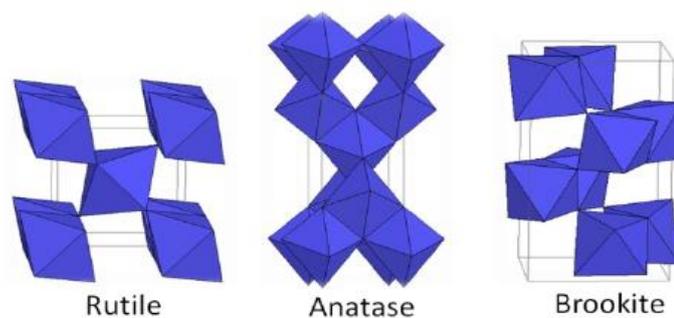
Gambar 3. Struktur kisi kristal ZnO (wurtzit)

Susunan koordinasi tetrahedral dalam ZnO menunjukkan struktur non-centrosymmetric. Sifat ini menyebabkan adanya fenomena Piezoelektrik dan piroelektrik pada ZnO. Dalam struktur tersebut, pusat muatan positif dan negatif dalam bertukar posisi dengan menambahkan tekanan luar (Sholehah, 2015).

C. Titanium Dioksida (TiO₂)

TiO₂ merupakan semikonduktor yang cukup lama digunakan dalam proses fotokatalis karena fotoaktivitasnya dan stabilitas kimianya yang tinggi dalam kondisi yang keras. Senyawa ini bersifat non toksik, memiliki biaya yang relatif murah dan mampu mengoksidasi polutan organik dan mereduksi ion logam dalam larutan (Qodri, 2011).

TiO₂ memiliki 3 fase yaitu anatase, rutil dan brookit. Namun dalam proses fotokatalitik hanya anatase dan rutil saja yang mempunyai peran yang penting karena perbedaannya hanya pada massa jenis, luas permukaan dan sisi aktifnya. Perbedaan antara struktur kristal tersebut mempengaruhi perbedaan *band gap*nya. Perbedaan *band gap* disebabkan jika lingkungan atau penyusunan atom Ti dan O berbeda dalam kristal TiO₂ seperti pada anatase *band gap*nya 3,2 eV dan pada rutil 3,0 eV (Triandi and Gunlazuardi, 2001).



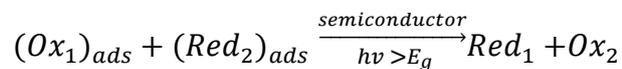
Gambar 4. Struktur TiO₂ anatase, rutil dan brokit (Qodri, 2011)

TiO₂ anatase daerah aktivasinya lebih luas dibandingkan dengan TiO₂ rutil sehingga TiO₂ anatase lebih reaktif terhadap cahaya. Rutil memiliki kristal yang lebih padat dibanding anatase karena densitasnya dan indeks reaktif yang tinggi yaitu 3,894 gr/cm³ untuk anatase dan 4,250 gr/cm³ untuk rutil. Sedangkan untuk indeks bias anatase 2,5688 dan rutil 2,9467 (Ferinda, 2017).

D. Fotokatalitik

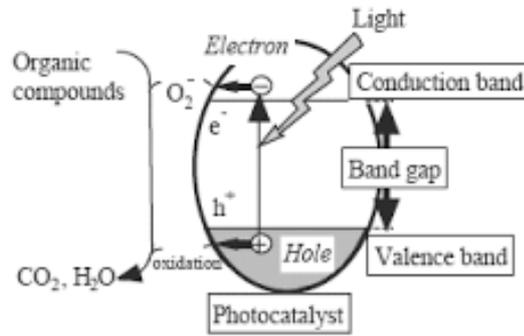
Fotokatalitik merupakan gabungan dari kata foto dan katalis, sehingga dapat disebut sebagai reaksi yang berlangsung karena adanya unsur cahaya dan katalis sehingga dapat mempercepat reaksi kimia. Dalam reaksi fotokatalitik ini katalis mempercepat fotoreaksi melalui interaksi substar baik dalam keadaan dasar maupun tereksitasi. Fotokatalitis merupakan salah satu metode AOPs (*Advanced Oxidation Processes*) (Yahdiana, 2011).

Reaksi fotokatalitik secara umum yaitu :



Kelebihan dari fase fotokatalitik ini yaitu limbah yang dihasilkan tidak berbahaya dan lebih hemat untuk pemakaian zat kimia dan menghemat energi. Fotokatalitik ini merupakan metode yang potensial dan efektif dalam mengolah limbah-limbah senyawa organik dan non organik karena mempunyai kemampuan sebagai reduktor dan oksidator (Naimah et al. 2014).

Secara umum proses fotokatalitik diawali oleh adanya penyerapan foton oleh suatu semikonduktor yang menyebabkan terjadinya pemisahan muatan atau fotoeksitasi dalam suatu semikonduktor. Elektron mengalami eksitasi ke pita konduksi dengan meninggalkan lubang positif pada pita valensi. Elektron yang ada pada pita konduksi bereaksi dengan akseptor elektron dan lubang positif pada pita valensi akan bereaksi dengan donor elektron (Rao, Sivasankar, and Sadasivam 2009).



Gambar 5. tahapan reaksi fotokatalitik

Metoda degradasi fotokatalitik memiliki kelebihan antara lain kontaminan organik dapat terdekomposisi secara lebih cepat dan keseluruhannya dapat terdekomposisi, sifat toksik dan logam dapat berkurang serta sebagai sumber sinar dapat menggunakan matahari sehingga dapat digunakan pada temperatur yang rendah dan tekanan yang rendah.

Fotokatalisis dibagi menjadi 2 yaitu fotokatalitik homogen dan fotokatalitik heterogen.

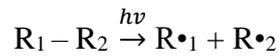
1. Fotokatalitik homogen merupakan suatu proses fotokatalisis satu fasa antara substrat dengan katalis. Pada umumnya katalis berupa oksidator seperti ozon (O_3) dan hidrogen peroksida (H_2O_2).
2. Fotokatalisis heterogen, merupakan suatu proses fotokatalisis dua fasa yang dapat dilakukan dengan bantuan semikonduktor (Chandra, Syah, and Widati 2012).

E. Fotolisis

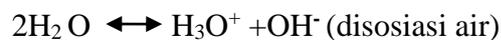
Fotolisis merupakan suatu proses degradasi suatu senyawa yang menggunakan bantuan cahaya dengan suatu katalis. Ketika suatu material fotolisis disinari oleh suatu cahaya, maka material tersebut menyerap energi foton menyebabkan terjadinya reaksi kimia dan kompleks logam dan katalis. Penyerapan sinar UV

oleh partikel fotokatalis membentuk 2 pasang elektron dan *hole* (Bhernama *et al*, 2015).

Reaksi fotolisis langsung dapat dituliskan sebagai berikut:



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



Dalam peristiwa Fotolisis, suatu absorpsi foton oleh suatu molekul digunakan untuk mendisosiasi molekul tersebut sehingga energi foton yang diabsorpsi harus lebih cepat dari energi yang diputuskan dalam hal ini bahwa panjang gelombang dari energi foton harus yang paling sesuai untuk reaksi fotolisis (Bismo, 2006).

F. Sonolisis

Sonolisis memiliki prinsip yang hampir sama dengan fotolisis yaitu merupakan metode yang digunakan untuk mendegradasi zat warna dalam bentuk media air yang menggunakan getaran ultrasonik yang kemudian akan dihasilkan radikal hidroksil dan efek kavitasi (Safni *et al*, 2008). Degradasi polutan organik akan membutuhkan energi yang besar dan waktu reaksi yang lama sehingga digunakan katalis untuk mempercepat reaksi (Elvinawati, 2009).

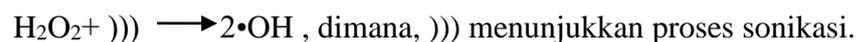
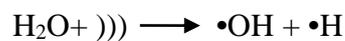
Sonolisis adalah salah satu metode yang digunakan unruk mendegradasi suatu senyawa organik dalam media air dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Metoda ini menggunakan iradiasi ultrasonik pada frekuensi 20-500 kHz (Destailats, W. Alderson, and R. Hoffmann 2001)

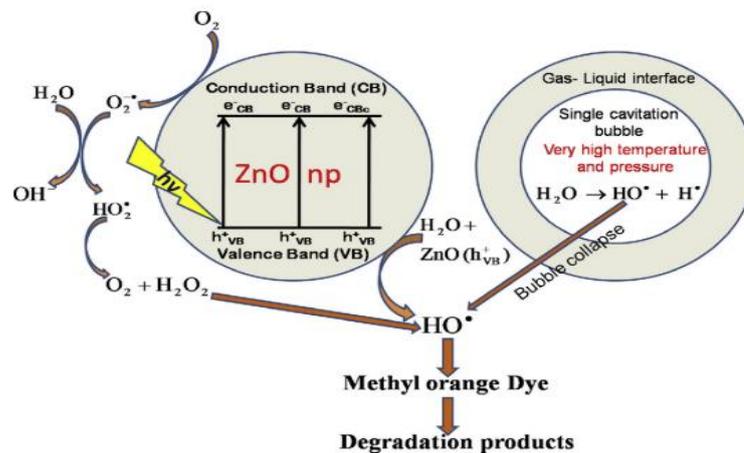
Pada proses sonolisis melibatkan gelombang ultrasonik untuk menghasilkan oksidasi radikal ($\bullet\text{OH}$) yang dihasilkan melalui fenomena kavitasi. Reaksi antara radikal OH dan molekul polutan dapat terjadi di dalam gelembung (*pyrolysis*) atau antarmuka gelembung-cair atau di bulk tergantung pada sifat dari polutan (Elvinawati, 2009; Madhavana, J. *et al*, 2010).

G. Fotosonolisis

Fotosonolisis merupakan suatu reaksi yang disebabkan oleh penggabungan dari sinar ultraviolet (UV) dan *ultrasonication* (AS) dengan menggunakan katalis (Rashid, 2011). Fotosonolisis merupakan gabungan dari metode fotolisis dan sonolisis. Metoda ini merupakan metoda proses oksidasi lanjut (*AOPs: Advanced Oxydation Process*). Dimana Sonolisis dan fotolisis merupakan bagian dari proses tersebut. Pada sonolisis menggunakan gelombang ultrasonik untuk mendegradasi zat warna sedangkan fotolisis menggunakan radiasi sinar UV dengan panjang gelombang 200nm-400nm. Pada proses sonolisis menghasilkan gelombang mekanik yang dipengaruhi oleh efek kavitasi pada air dan pada fotolisis terjadi inetraksi antara molekul air dan radiasi sinar matahari (UV) (Safni *et al*, 2008).

Persamaan reaksi dari proses fotosonolisis menurut (Joseph *et al*, 2015):





Gambar 6. Mekanisme degradasi proses fotolisis dan sonolisis (Kumar *et al.* 2015).

H. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri UV-VIS bekerja berdasarkan interaksi antara radiasi sinar elektromagnetik dengan molekul zat yang di analisis. Prinsip dasar spektroskopi UV-Vis adalah terjadinya transisi elektronik yang disebabkan penyerapan sinar UV-Vis yang mampu mengeksitasi elektron dari orbital yang kosong.

Spektrofotometri UV/Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar saat analisis, sehingga spektrofotometer UV/Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibanding kualitatif. Spektrofotometri UV-vis adalah pengukuran serapan cahaya di daerah ultraviolet (200 –350 nm) dan sinar tampak (350 – 800 nm) oleh suatu senyawa. Serapan cahaya uv atau cahaya tampak mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi ke energi yang lebih tinggi (Khopkar,1990).

Spektrofotometri UV-Vis merupakan gabungan antara spektrofotometri UV dan Visible. Alat ini menggunakan dua buah sumber cahaya yang berbeda, yaitu sumber cahaya UV dan sumber cahaya Visible. Larutan yang dianalisis diukur

serapan sinar ultra violet atau sinar tampaknya. Konsentrasi larutan yang dianalisis akan sebanding dengan jumlah sinar yang diserap oleh zat yang terdapat dalam larutan tersebut.

Transisi yang terjadi pada spektrofotometri UV-Vis ini terjadi transisi elektron pada tingkat tinggi (HOMO) ke elektron pada tingkat terendah (LUMO). Pada sebagian besar molekul, orbital molekul terisi pada tingkat energi terendah adalah orbital σ yang berhubungan dengan ikatan σ , sedangkan orbital π berada pada tingkat energi yang lebih tinggi. Orbital non ikatan (n) yang mengandung elektron–elektron yang belum berpasangan berada pada tingkat energi yang lebih tinggi lagi, sedangkan orbital–orbital anti ikatan yang kosong yaitu σ^* dan π^* menempati tingkat energi yang tertinggi (Apriyani, 2007).

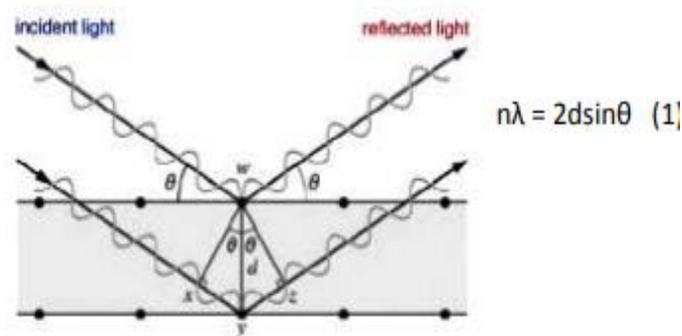
Penyerapan pada UV-Vis dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kromofor, Pemilihan pelarut, suhu dan ion ion organik. Komponen komponen dari Spektrofotometri UV-Vis terdiri dari sumber sinar, monokromator, kuvet dan detektor. Cahaya dari sumber sinar akan melewati suatu monokromator dan menyebabkan sinar yang dilewatkan memiliki panjang gelombang. Radiasi yang terjadi akan difokuskan pada detektor sehingga menjadi sinar listrik (Helwandi 2016).

I. X-Ray Diffraction (XRD)

XRD digunakan untuk menentukan struktur suatu padatan dengan metoda difraksi sinar-X serbuk. Pada prinsipnya jika seberkas sinar-X ditembakkan pada suatu sampel kristal maka kristal tersebut akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dan memiliki jarak kisi dalam kristal yang memenuhi hukum bragg. Kemudian sinar yang dibiaskan akan ditangkap

oleh detektor dan detektor mencatat puncak intensitas yang bersesuaian dengan orde pembiasan kemudian ditampilkan grafik berupa grafik difraktogram (Nurhidayah 2016).

XRD terdiri dari tabung sinar-X, tempat objek dan detektor. Ketika suatu elektron memiliki energi yang lebih tinggi dan elektron menabrak elektron yang terdapat dalam objek maka akan menghasilkan pancaran sinar-X dan di deteksi oleh detektor kemudian merekam dan memproses sinyal dari sinar-X dan diolah kedalam bentuk grafik (Nurhidayah 2016).



Gambar 7. Difraksi sinar-X pada bidang atom

Dasar hukum *Bragg* dengan persamaan : $n\lambda = 2d \sin \theta$

Dimana : n = orde difraksi (bilangan bulat)

λ = panjang gelombang sinar yang sefasa

d = jarak antar bidang *Bragg* yang dipilih sebagai bidang hambur

θ = sudut datang terhadap bidang *Bragg*

Persamaan ini memberikan hubungan jarak antara bidang dalam kristal dan sudut yang radiasi refleksinya menunjukkan intensitas maksimum untuk panjang gelombang tertentu. Sistem, bentuk serta sel satuan dari kristal yang menentukan arah difraksi atau sudut teta dalam kristal. Difraksi sinar-X dapat digunakan untuk membedakan antara material yang bersifat kristal dengan amorf, menentukan struktur kristal, mengidentifikasi fasa kristal.

J. Spektrofotometer UV-Diffuse Reflectance (UV-DRS)

Spektrofotometer UV-DRS digunakan untuk mengukur besar energi yang teradsorpsi, tertransmisi, dan terrefleksi jika suatu senyawa diradiasi oleh suatu sinar monokromatis, maka sinar tersebut akan dipantulkan, diabsorpsi, dan ditransmisikan. Besarnya nilai intensitasnya sesuai dengan persamaan berikut.

$$I_o = I_r + I_a + I_t$$

Dimana : I_o = intensitas sinar datang

I_r = intensitas sinar yang direfleksi

I_a = intensitas sinar yang diabsorpsi

I_t = intensitas sinar yang ditransmisikan

Hubungan antara intensitas cahaya yang diabsorpsi atau ditransmisikan, ketebalan dan konsentrasi larutan diturunkan dengan hukum Lambert-Beer. Sampel bubuk pada permukaan partikel yang kecil akan menghasilkan refleksi yang berulang-ulang yang dinyatakan sebagai Diffuse Reflectance. DRS diturunkan secara empiris dengan fungsi Kubelka-Munk.

$$F R' = \frac{(1 - R')^2}{2 R'}$$

Penentuan energi celah pita ditentukan dengan hubungan fungsi Kubelka-Munk dengan suatu energi. Perhitungan diplotkan antara $y = (K-M \cdot hv)^{1/2}$ dengan $X = hv$. Energi celah pita ditentukan pada $y = 0$ (Rohman 2015).

K. Penelitian yang Relevan

(Qodri *et al*, 2011) melakukan penelitian tentang fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan fotokatalis komposit TiO_2/SiO_2 . Pada penelitian degradasi dengan metoda sol-gel ini diperoleh persen degradasi 94,73 % selama

48 jam dan persentase penurunan konsentrasi tertinggi *Remazol Yellow FG* 95,84% pada pH 3.

(Apriyani, 2007) juga melakukan penelitian degradasi fotoelektrokatalitik *Remazol Yellow FG* menggunakan semikonduktor lapis tipis grafit/TiO₂/Cu dan grafit/komposit TiO₂-SiO₂/Cu. Pada penelitian ini zat warna *Remazol Yellow FG* dapat terdegradasi 72,57% selama 60 menit dengan menggunakan semikonduktor grafit/TiO₂/Cu.

(Sapta *et al*, 2014) pada penelitiannya tentang degradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dan limbah tekstil buatan dengan teknik elektrooksidasi didapatkan bahwa efisiensi degradasi *Remazol Yellow FG* pada kondisi optimum yaitu 99,77% dan efisiensi limbah tekstilnya sebesar 99,04% pada waktu 2,25 jam dan jarak 0,1 antara dua elektroda grafit.

(Sanjaya, Hardeli, and Syafitri 2018) juga melakukan penelitian tentang degradasi *Metil Violet* dengan metoda fotosonolisis. Pada penelitian digunakan ZnO-TiO₂ sebagai katalisator. Pada penelitian ini diperoleh % degradasi *Metil Violet* yaitu 94,1371% pada waktu radiasi 45 menit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa;

1. Panjang gelombang maksimum zat warna Remazol Yellow FG adalah 415 nm
2. Waktu optimum degradasi zat warna Remazol Yellow FG didapatkan pada waktu 60 menit menggunakan katalis ZnO sebanyak 0,1 gram dengan persentase degradasi 74,24%
3. Degradasi zat warna Remazol Yellow FG menggunakan katalis ZnO/TiO₂ dengan menggunakan waktu optimum 60 menit didapatkan persentase degradasinya 80,54%
4. Katalis ZnO/TiO₂ dikarakterisasi menggunakan XRD didapatkan ukuran partikel 48,57-96,58 dan *band gap* diukur dengan UV-DRS didapatkan 3,11 eV

B. Saran

1. Mempelajari degradasi zat warna dilakukan dengan metode fotolisis dengan menggunakan katalis yang berbeda
2. Mempelajari penggunaan jumlah katalis yang digunakan untuk mendegradasi zat warna

KEPUSTAKAAN

- Agustina, T. E., & Amir, M. 2012. *Pengaruh temperatur dan waktu pada pengolahan pewarna sintetis procion menggunakan reagen fenton*. Jurnal Teknik Kimia, 18(3).
- 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.
- Bhernama, B. G., Safni, S., & Syukri, S. 2015. *Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Secara Fotolisis Dan Penyinaran Matahari Dengan Penambahan Katalis TiO₂-anatase dan SnO₂*. Elkawnie, 1(1), 49-62.
- Chandra, Dyah Ayu Puspita, Yusuf Syah, and Alfa Akustia Widati. 2012. *Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Tekstil Rhodamin B Menggunakan Zeolit Terimpregnasi TiO₂*. ADLN Perpustakaan Universitas Airlangga, 207.
- Destailats, Hugo, Thomas W. Alderson, and Michael R. Hoffmann. 2001. *Applications of Ultrasound in NAPL Remediation: Sonochemical Degradation of TCE in Aqueous Surfactant Solutions*. *Environmental Science & Technology* 35 (14): 3019–24.
- Diantariani, Ni, Ida Widihati, and I Ratih Megasari. 2014. *Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar Ultraviolet dan Katalis ZnO*. Jurnal Kimia 8 (1).
- Elvinawati, E. 2009. *Degradasi Asam 2, 4-diklorofenoksiasetat (2, 4-D) dalam Pestisida Santamin 865 SL Secara Fotolisis dan Sonolisis dengan Penambahan Katalis TiO Anatase*. EXACTA, 7(2), 63-68.
- Gosal, R., Suyasa, I. W. B., & Suastuti, G. D. A. 2018. *Biodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dalam Sistem Suspensi Aktif*. ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (*Journal of Environmental Science*), 12(1), 34-41.
- Helwandi, ika reski. 2016. *Metode Spektrofotometri Uv-Vis Analisis Tiga Panjang Gelombang Untuk Penetapan Kadar Tablet Prednison Yang Mengandung Zat Pewarna*. Skripsi Universitas Airlangga.
- Joseph, Collin G., Gianluca Li Puma, Awang Bono, Yun Hin Taufiq-Yap, and Duduku Krishnaiah. 2015. *Sonolysis, Photolysis, and Sequential Sonophotolysis for the Degradation of 2,4,6-Trichlorophenol: The Effect of Solution Concentration*. *Chemical Engineering Communications* 202 (8): 1061–68.
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI-Press
- kumar, R. Rajesh, Rishav Raj, and A. Venimadhav. 2019. *Weak Ferromagnetism in Band-Gap Engineered α -(Fe₂O₃)_{1-X}(Cr₂O₃)_X Nanoparticles*. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 473 (October 2018): 119–24.