

**Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis
TiO₂/Karbon Aktif Tongkol Jagung untuk
Fotodegradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Kimia



Oleh

Farida Nur Fauzyah

NIM: 1808036002

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI FOTOKATALIS
TiO₂/KARBON AKTIF TONGKOL JAGUNG UNTUK
FOTODEGRADASI ZAT WARNA *REMAZOL YELLOW FG***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Dalam Ilmu Kimia

Oleh

Farida Nur Fauzyah

1808036002

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farida Nur Fauzyah

NIM : 1808036002

Program Studi : Kimia

Menyatakan yang sebesar-besarnya bahwa skripsi saya berjudul:

**Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis TiO₂/Karbon Aktif
Tongkol Jagung Untuk Fotodegradasi Zat Warna
*Remazol Yellow FG***

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri, kecuali bagian tertentu yang di rujuk sumbernya.

Semarang, 23 Juni 2023

Pembuat Pernyataan,



Farida Nur Fauzyah

NIM : 1808036002

PENGESAHAN

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis TiO_2 /Karbon Aktif
Tongkol Jagung untuk Fotodegradasi Zat Warna *Remazol
Yellow FG*

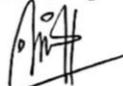
Nama : Farida Nur Fauzyah
NIM : 1808036002
Prodi : Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqosah oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima
sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam bidang
ilmu kimia.

Semarang, Juni 2023

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang


Dyah Fitasari, M.Si
NIP.198501022019032017

Sekretaris Sidang


Dr.Eng. Anissa Adiwena Putri, M.Sc
NIP.198504052011012015

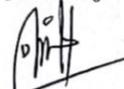
Pengujian I


Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si
NIP.19740716200912200

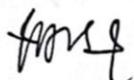
Pengujian II


Kholidah, M.Sc
NIP.198508112019032008

Pembimbing I


Dyah Fitasari, M.Si
NIP.198501022019032017

Pembimbing II


Dr.Eng. Anissa Adiwena Putri, M.Sc
NIP.198504052011012015



NOTA DINAS

Semarang, 23 Juni 2023

Yth. Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
Assalamu'alaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Sintesis Dan Karakterisasi Fotokatalis TiO_2 /Karbon Aktif Tongkol Jagung untuk Fotodegradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG*

Penulis : Farida Nur Fauzyah

NIM : 1808036002

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr,wb.

Pembimbing I



Dyah Fitasari, M.Si

NIP.198501022019032017

NOTA DINAS

Semarang, 23 Juni 2023

Yth. Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
Assalamu'alaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Sintesis Dan Karakterisasi Fotokatalis TiO_2 /Karbon Aktif Tongkol Jagung untuk Fotodegradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG*

Penulis : Farida Nur Fauzyah

NIM : 1808036002

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing II



Dr.Eng. Anissa Adiwena Putri, M.Sc

NIP.198504052011012015

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamiin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, taufik, rahmat, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis TiO₂/Karbon Aktif Tongkol Jagung untuk Fotodegradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG*”. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rasullulah Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta umat nya hingga akhir zaman.

Terselesaikannya penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini dengan penuh rasa hormat penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang membantu, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M.Ag, selaku Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Dr.Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd., M.T, selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Walisongo Semarang.
4. Ibu Mulyatun, M.Si, selaku wali dosen penulis yang telah memberikan arahan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

5. Ibu Dyah Fitasari, M.Si selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan saran dan kritik serta arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi.
6. Ibu Dr.Eng. Anissa Adiwena Putri, M.Sc selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan kritik dan saran serta arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi.
7. Bapak/Ibu dosen dan staff di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang terutama Jurusan Kimia yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi.
8. Orang tua tercinta, Bapak Edi Hartono, dan Ibu Rusmini yang selalu mendoakan, memberikan kasih sayang, motivasi, inspirasi, dukungan dan pengorbanan yang luar biasa kepada penulis.
9. Saudari penulis Sania Salsabilla dan Salwa Nabila yang selalu memberi dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. PLP Laboratorium Kimia Ibu Anita Karunia Z, S.Si dan asisten laboratorium kimia yang telah banyak mendampingi selama penulis melakukan penelitian.
11. Teman-teman kimia 2018 yang selalu memberikan semangat serta pelajaran hidup yang berharga khususnya,

Tiyas Agustin, M. Yus Yunus, S.Si dan Ma'ruf Salafuddin,
S.Si.

12. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu
persatu atas dukungan dan motivasi nya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak
kekurangannya. Kritik dan saran yang membangun sangat
penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Dengan segala
harapan dan do'a, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi
penulis dan pembaca pada umumnya serta mendapat ridho-
nya. Aamiin Yaa Rabbal'alamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 23 Juni 2023

Penulis



Farida Nur Fauzyah

NIM.1808036002

ABSTRAK

Judul : Sintesis Dan Karakterisasi Fotokatalis TiO₂/Karbon Aktif Tongkol Jagung untuk Fotodegradasi Zat Warna *Remazol Yellow Fg*

Nama : Farida Nur Fauzyah

NIM : 1808036002

Penelitian ini bertujuan untuk sintesis, karakterisasi, dan uji fotokatalis TiO₂, karbon aktif tongkol jagung (KATJ) dan TiO₂/KATJ. TiO₂ komersial dipanaskan pada suhu 200 °C selama 4 jam. KATJ diperoleh dari proses karbonisasi tongkol jagung yang diaktivasi menggunakan HCl 4N. TiO₂/KATJ diperoleh dari pencampuran antara TiO₂ dan KATJ dengan perbandingan 1:1 (b/b). Karakterisasi terhadap TiO₂, KATJ dan TiO₂/KATJ dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) menunjukkan adanya serapan gugus Ti-O-Ti dan O-H pada TiO₂, gugus O-H, C=C dan C-O pada KATJ. Berdasarkan karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) diketahui bahwa TiO₂ memiliki campuran fasa *anatase* dan rutil, sedangkan KATJ berfasa amorf. Karakterisasi pada TiO₂/KATJ dengan FTIR dan XRD menunjukkan kombinasi hasil spektra TiO₂ dan KATJ, serta pola difraksi dari kedua sampel tersebut. Berdasarkan analisa DR-UV diperoleh nilai energi band gap TiO₂ sebesar 3,24 eV dan TiO₂/KATJ sebesar 3,19 eV. Uji fotokatalis *Remazol Yellow FG* dengan TiO₂/KATJ menunjukkan pH optimum terjadi pada pH 2. Pada kondisi pH optimum, waktu kontak 90 menit dan konsentrasi 10 ppm, TiO₂ menghasilkan % fotodegradasi tertinggi (84,55%) dibandingkan KATJ (62,40%) dan TiO₂/KATJ (74,59%).

Kata kunci : Fotokatalis, TiO₂, Karbon aktif, Tongkol Jagung, *Remazol Yellow FG*.

TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R.I Nomor: 158/1987 dan Nomor 0543b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten supaya sesuai teks Arabnya.

ا	A	ط	tʔ
ب	B	ظ	z
ت	T	ع	°
ث	š	غ	G
ج	J	ف	F
ح	h	ق	Q
خ	Kh	ك	K
د	D	ل	L
ذ	Ẓ	م	M
ر	R	ن	N
ز	Z	و	W
س	S	ه	H
ش	Sy	ء	'
ص	š	ي	Y
ض	ḍ		

Bacaan Madd:

ā = a panjang

ī = i panjang

ū = u panjang

Bacaan Diftong:

وا = au

يا = ai

يا = iy

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS.....	iii
NOTA DINAS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	ix
TRANSLITERASI ARAB-LATIN.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I_PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II_LANDASAN TEORI.....	8
A. Fotokatalis.....	8
B. Senyawa TiO ₂	9
C. Karbon aktif.....	13
D. Tanaman Jagung (<i>Zea Mays L.</i>)	14
E. Zat Warna <i>Remazol Yellow FG</i>	16
F. Karakterisasi fotokatalis	18
G. Kajian hasil penelitian yang relevan	22
H. Hipotesis	25
BAB III_METODE PENELITIAN	26
A. Alat Dan Bahan.....	26
B. Metode.....	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Sintesis KATJ	32
B. Sintesis TiO ₂ /KATJ.....	33
C. Karakterisasi	34
1. Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR)	34
2. Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	36
3. Karakterisasi <i>UV-Visible Diffuse Reflectance</i> (UV-DRS) .	39
E. Aplikasi TiO ₂ /KATJ untuk fotodegradasi zat warna <i>Remazol Yellow FG</i>	44
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	51
A. Simpulan	51
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme fotoeksitasi pada suatu bahan semikonduktor.....	8
Gambar 2.2	Nilai energi <i>band gap</i> dari berbagai semikonduktor.....	11
Gambar 2.3	Struktur TiO ₂ <i>anatase</i> , rutil dan <i>brookite</i>	12
Gambar 2.4	Mekanisme fotokatalisis TiO ₂	13
Gambar 2.5	Tongkol Jagung	15
Gambar 2.6	Struktur zat warna <i>Remazol Yellow FG</i>	17
Gambar 2.7	Spektrum TiO ₂	20
Gambar 2.8	Pola XRD untuk fasa rutil, <i>anatase</i> , dan campuran TiO ₂	21
Gambar 4.1	Hasil sintesis (a) TiO ₂ ,(b) KATJ, (c) TiO ₂ /KATJ	34
Gambar 4.2	Spektra FTIR sampel (a) TiO ₂ , (b) KATJ, (c) TiO ₂ /KATJ.....	36
Gambar 4.3	Difraktogram sampel (a) TiO ₂ , (b) KATJ (c) TiO ₂ /KATJ.....	39
Gambar 4.4	Hubungan antara reflektansi (%) dan panjang gelombang (nm)	40
Gambar 4.5	Hubungan F(R) dengan panjang gelombang....	41
Gambar 4.6	Hubungan energi dan (F(R)*hv) ²	43
Gambar 4.7	Panjang Gelombang (λ) maksimum zat warna <i>Remazol Yellow FG</i>	45
Gambar 4.8	Kurva kalibrasi <i>Remazol Yellow FG</i>	46

Gambar 4.9 Optimasi pH larutan <i>Remazol Yellow FG</i> pada fotokatalis TiO ₂ /KATJ.....	48
Gambar 4.10 Aktivitas Fotokatalitik.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Bilangan gelombang dan gugus fungsi.....	18
Tabel 4.1	Energi <i>band gap</i> dan daerah serapan panjang gelombang Fotokatalis.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Diagram Alir Penelitian	60
Lampiran 2.	Preparasi TiO ₂	61
Lampiran 3.	Sintesis KATJ (karbon aktif tongkol jagung) .	61
Lampiran 4.	Sintesis TiO ₂ /KATJ.....	62
Lampiran 5.	Karakterisasi TiO ₂ /KATJ.....	62
Lampiran 6.	Uji aktivitas fotodegradasi	63
Lampiran 7.	Perhitungan larutan <i>Remazol Yellow FG</i> dengan variasi konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, dan 10 ppm.	66
Lampiran 8.	Hasil konsisi fotodegradasi <i>Remazol Yellow FG</i>	68
Lampiran 9.	Dokumentasi Sintesis Fotokatalis.....	68
Lampiran 10.	Dokumentasi Fotodegradasi <i>Remazol Yellow FG</i>	69

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di era revolusi 4.0 melahirkan berbagai jenis industri, baik dalam lingkup kecil maupun lingkup besar. Kemajuan ini diikuti dengan meningkatnya perekonomian dan taraf hidup masyarakat. Industri tekstil di Indonesia mengalami pertumbuhan sangat pesat, hal ini diikuti dengan peningkatan jumlah produksi model pakaian yang beredar di lingkungan masyarakat. Dampak meningkatnya jumlah produksi tekstil, menghasilkan limbah buangan berupa limbah cair zat warna. Kegiatan industri tekstil menghasilkan limbah buangan seperti limbah padat, cair dan gas (Faqih, 2010). Proses pewarnaan tekstil tidak sepenuhnya diserap oleh kain, sekitar 10 – 15 % pewarna yang tidak diserap akan berpotensi menjadi limbah yang akan mencemari lingkungan (Ariguna et al., 2014).

Limbah cair zat warna merupakan pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari kegiatan industri tekstil. Limbah cair adalah limbah dari proses industri dan kegiatan masyarakat, yang terdiri dari 0,1% padatan organik dan anorganik (Faqih, 2010). Limbah cair zat warna dari kegiatan industri tekstil sukar untuk diurai baik secara

biologis dan kimiawi, sehingga menimbulkan masalah seperti terjadinya akumulasi zat warna di dalam air, yang akan merusak kehidupan ekosistem perairan dan dapat mempengaruhi kesehatan seperti, gangguan kesehatan kulit, mata dan kanker (Ariguna et al., 2014).

Menurut Sukmawati & Utami (2014), limbah cair zat warna mengandung senyawa karsinogenik dan *non-biodegradable*. Salah satu zat warna sintesis yang dipakai dalam industri tekstil adalah *Remazol Yellow FG*. Zat warna ini dapat memberikan warna cerah dan tahan lama, harga relatif murah, dapat terurai dalam H₂O dan tidak mudah terdegradasi dalam kondisi aerob (Faqih, 2010). *Remazol Yellow FG* memiliki kemampuan untuk tetap stabil dan tidak terpengaruh oleh pH (tingkat keasaman atau kebasaan), suhu dan juga kehadiran mikroba dalam lingkungan. Oleh sebab itu, limbah cair yang mengandung zat warna tidak boleh langsung dibuang ke lingkungan, karena berpotensi dapat mencemari lingkungan hidup (Maghfiroh, 2016).

Pengolahan limbah zat cair khususnya limbah cair zat warna telah dikembangkan oleh para peneliti. Metode yang digunakan dalam mengatasi limbah cair zat warna antara lain yaitu, presipitasi, reaksi oksidasi menggunakan ozon, koagulasi, dan ultrafiltrasi. Namun metode ini kurang efektif karena memerlukan biaya relatif tinggi,

menghasilkan limbah baru dan memiliki keterbatasan dalam penggunaannya (Maghfiroh, 2016). Salah satu metode yang efisien dan relatif murah untuk menangani limbah zat warna adalah fotodegradasi menggunakan fotokatalis. Sinar (foton) dan katalis digunakan dalam metode ini untuk mengubah zat warna organik menjadi senyawa sederhana. TiO_2 , ZnO , CdSe , Fe_2O_3 , CdS , Nb_2O_5 , dan SnO_2 merupakan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai fotokatalis (Raganata et al., 2020; Wismayanti et al., 2015).

Titanium dioksida (TiO_2) memiliki kemampuan untuk mengatasi berbagai permasalahan lingkungan termasuk pencemaran yang diakibatkan oleh limbah industri yang mengandung zat warna, fenol dan sejenisnya. TiO_2 menunjukkan aktivitas yang tinggi dan tetap stabil dalam proses biologi dan kimia. TiO_2 menunjukkan reaktivitas yang kuat terhadap berbagai spesies yang terlibat dalam proses biologis dan kimia, dan memungkinkan efektivitasnya dalam menguraikan zat-zat yang tercemar (Qodri, 2011). Semikonduktor TiO_2 memiliki beberapa sifat dan karakteristik di antaranya bersifat inert, tidak beracun, stabilitas termal tinggi, dan aktivitas katalitiknya baik. Namun, terdapat beberapa kekurangan TiO_2 yang dapat mengurangi efektivitasnya sebagai fotokatalis. Diantaranya,

TiO₂ mudah mengalami aglomerasi dan sulit dipisahkan dari larutan. TiO₂ memiliki daya adsorpsi yang lemah, hal ini di pengaruhi oleh luas permukaan yang relative kecil, yaitu sekitar 70 m²/g sehingga menyebabkan terjadinya penurunan laju degradasi (Martins et al., 2017).

Aktivitas fotokatalitik TiO₂ dapat ditingkatkan dengan memodifikasi struktur, luas permukaan dan ukuran partikel. Karbon aktif dapat digunakan dalam meningkatkan aktivitas fotokatalitik TiO₂ karena memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi dan pori-pori yang seragam, sehingga dapat mendukung kinerja TiO₂ secara efektif. Telah dilaporkan bahwa karbon aktif memiliki kemampuan untuk meningkatkan aktivitas katalitik TiO₂ karena kemampuan karbon aktif dalam menyerap polutan organik pada TiO₂/karbon aktif, sehingga terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik di sekitar TiO₂. Meskipun karbon aktif tidak memiliki kemampuan fotokatalitik, TiO₂/karbon aktif menunjukkan efek sinergisme di mana karbon aktif dengan kemampuan adsorpsinya akan mengadsorpsi molekul organik yang kemudian ditransfer ke TiO₂ sehingga dapat terdegradasi. Hal ini terbukti dari penelitian yang dilakukan Riyani & Setyaningtyas (2011) TiO₂/karbon aktif jerami padi dapat digunakan sebagai adsorben untuk zat warna metilen biru, metil oranye dan

rhodamin-B dengan tingkat penyerapan 83,8%. Meilianti (2020) menyatakan bahwa limbah tongkol jagung berpotensi menjadi karbon aktif karena memiliki struktur berpori dan mengandung 41% selulosa dan 36% hemiselulosa. Jannah (2019) juga melaporkan bahwa penggunaan TiO_2 /karbon aktif komersil dapat diaplikasikan untuk mendegradasi metilen biru. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa fasa TiO_2 dipengaruhi oleh konsentrasi karbon aktif, di mana semakin banyak karbon aktif yang ditambahkan maka semakin tinggi fasa rutil TiO_2 . TiO_2 /karbon aktif mempunyai aktivitas fotokatalitik yang baik, karena TiO_2 yang dihasilkan memiliki fasa *anatase* dan fasa rutil, dan karbon aktif dapat meningkatkan luas permukaan bahan fotokatalitik, membuat kontak dengan reaktan lebih besar, dan aktivitas fotokatalitik juga tinggi. Rahayu et al., (2022) melaporkan bahwa komposit Fe_2O_3 /karbon aktif komersial dengan konsentrasi Fe_2O_3 4%, telah berhasil diaplikasikan dalam fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan persentase degradasi mencapai 97,06%. Rahayu et al., (2022) melaporkan ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya proses degradasi, yakni pH, waktu penyinaran dan konsentrasi *Remazol Yellow FG*.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah diuraikan, penelitian ini dilakukan pembuatan komposit TiO_2 /karbon aktif dari tongkol jagung (KATJ). TiO_2 yang dikombinasikan dengan KATJ diharapkan dapat meningkatkan luas permukaan fotokatalis dan meningkatkan aktivitas fotokatalitik serta mampu mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik sintesis TiO_2 , KATJ dan TiO_2 /KATJ?
2. Berapa pH optimum fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan TiO_2 /KATJ?
3. Berapa % fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan TiO_2 , KATJ dan TiO_2 /KATJ?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik sintesis TiO_2 , KATJ dan TiO_2 /KATJ.
2. Untuk mengetahui berapa pH optimum fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan TiO_2 /KATJ.
3. Untuk mengetahui berapa % fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan TiO_2 , KATJ dan TiO_2 /KATJ.

D. Manfaat Penelitian

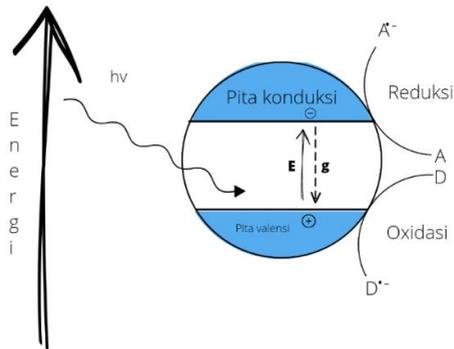
Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi pemanfaatan TiO_2/KATJ yang dapat diaplikasikan untuk mendegradasi zat warna. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi dunia pendidikan khususnya di bidang lingkungan, serta sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Fotokatalis

Fotokatalis merupakan suatu reaksi kimia yang terjadi dengan adanya bantuan material katalis yang diaktivasi dengan energi foton (cahaya). Sinar UV memancarkan cahaya pada rentang panjang gelombang kurang dari 405 nm ($\lambda < 405$ nm). Fotokatalis dapat berpotensi dalam mendegradasi limbah cair zat warna menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Material fotokatalis yang ideal memiliki karakteristik di antaranya tidak reaktif secara kimia, dapat diaktivasi oleh foton, tidak beracun, mudah didapat, dan dapat memanfaatkan spektrum cahaya matahari yang luas. Reaksi fotokatalis dapat berlangsung dengan mengaktifkan katalis menggunakan cahaya (Safaat, 2020).



Gambar 2.1 Mekanisme fotoeksitasi pada suatu bahan semikonduktor (Rohman, 2015)

Mekanisme fotokatalisis pada permukaan semikonduktor dapat dilihat pada Gambar 2.1. Ketika suatu semikonduktor dikenakan cahaya ($h\nu$) dengan energi yang sesuai, maka elektron (e^-) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif (h^+) pada pita valensi. Sebagian pasangan e^- dan h^+ akan berkombinasi kembali baik di dalam partikel *bulk* atau di permukaan dan sebagian lainnya akan bertahan sampai pada permukaan semikonduktor, sehingga h^+ dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan e^- akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia di sekitar permukaan semikonduktor (Rohman, 2015).

B. Senyawa TiO_2

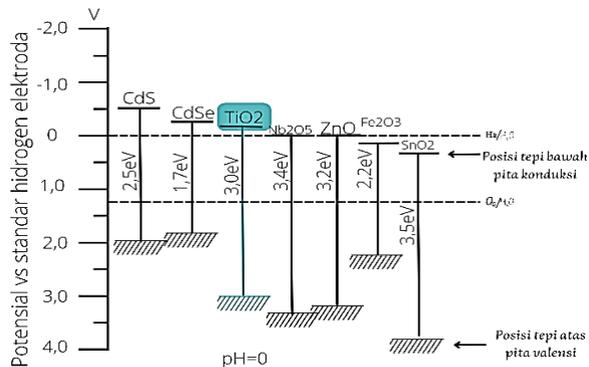
Titanium dioksida (TiO_2) merupakan material yang termasuk ke dalam transisi oksida logam dan terbentuk secara alami. TiO_2 merupakan padatan berwarna putih, memiliki titik lebur $1885\text{ }^\circ\text{C}$ dan berat molekul $79,90\text{ gr/mol}$. TiO_2 tidak larut dalam H_2O , HCl dan HNO_3 , namun larut dalam H_2SO_4 pekat. TiO_2 memiliki stabilitas kimia yang tinggi, konduktivitas rendah, *non toxic*, dan absorpsi baik pada daerah ultraviolet (Rahmawati & Kusumawati, 2020). TiO_2 biasa digunakan dalam tabir surya, sensor kimia, fotokromik, sel surya, fotokatalis elektrokromik dan

sebagai pigmen putih dalam cat (Licciulli & Lisi, 2002; Rahmawati & Kusumawati, 2020).

TiO₂ merupakan material semikonduktor yang sering digunakan karena bersifat inert, stabilitas termal baik, tidak beracun, aktivitas katalisnya baik, dan tahan pada temperatur tinggi. TiO₂ memiliki energi *gap* 3,2 eV – 3,8 eV. Spektrum adsorpsi dapat diperlebar dengan cara memperkecil energi *gap*. Energi *gap* dapat diperkecil dengan cara, pemanasan menggunakan kalsinasi, doping material lain dan modifikasi komposisi material. Bahan logam transisi (Fe, Au, Mo, dan lain-lain) dan non-logam (C, N, dan S) dapat digunakan sebagai doping TiO₂ (Deswardani et al., 2020).

Menurut Fitriana (2017) metode yang dapat digunakan untuk pengolahan air menjadi air layak konsumsi yaitu fotokatalisis yang memanfaatkan energi dari paparan cahaya. Fotokatalis diaktifkan menggunakan foton (cahaya) tampak atau ultraviolet yang akan beraksi dengan senyawa kimia terdekat pada permukaan katalis. Karakter fotokatalis ditentukan oleh pita valensi dan pita konduksi (Rohman, 2015). Dapat dilihat pada Gambar 2.2, nilai energi *band gap* dari berbagai semikonduktor. Nilai energi celah pita semikonduktor dapat sangat bervariasi tergantung bahan tertentu. TiO₂ memiliki energi *band gap* yang relatif

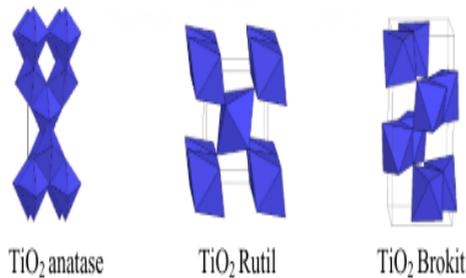
besar yaitu 3,0 eV, sedangkan Fe_2O_3 memiliki energi celah pita yang lebih kecil yaitu 2,2 eV. Energi celah pita merupakan faktor penting dalam menentukan sifat optik dan elektronik semikonduktor.



Gambar 2.2 Nilai energi *band gap* dari berbagai semikonduktor (Rohman, 2015)

Energi celah pita (*band gap*) merupakan energi minimum yang diperlukan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. *Hole* adalah semikonduktor yang dikenai energi sesuai dengan energi celah pita, sehingga elektron akan tereksitasi ke pita konduksi dan meninggalkan muatan positif. *Hole* yang dominan sebagai pembawa disebut semikonduktor tipe-p, sedangkan elektron yang dominan sebagai pembawa adalah semikonduktor tipe-n (Rohmah, 2015).

Titanium dioksida memiliki tiga tipe struktur kristal yaitu, *anatase*, rutil dan *brookite*. Kristal yang biasa digunakan dalam katalis fotodegradasi yaitu *anatase* dan rutil. Adapun fasa *brookite* jarang ditemukan dan sulit diamati karena tidak stabil. Struktur kristal TiO_2 dapat dilihat pada Gambar 2.3. Struktur kristal *anatase* mempunyai daerah aktivasi yang lebih luas dibandingkan rutil, karena kristal *anatase* lebih reaktif terhadap cahaya dan energi *band gap* yang dimiliki kristal *anatase* rentangnya 3,2 eV sedangkan kristal rutil energi *band gap* 3,1 eV (Rohman, 2015).

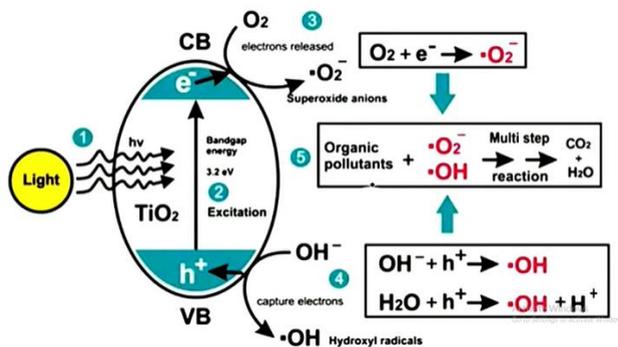


Gambar 2.3 Struktur TiO_2 *anatase*, rutil dan *brookite*

(Sumarsih, 2010)

Mekanisme fotokatalisis TiO_2 dapat di lihat pada Gambar 2.4. Ketika TiO_2 dikenai cahaya matahari, maka eletron (e^-) akan naik dari energi pita valensi ke tingkat yang lebih tinggi (pita konduksi). Selanjutnya e^- dan *hole* (h^+) berpisah, lalu e^- dan h^+ akan berinteraksi kembali dipermukaan.

Dalam hal ini, e^- dan h^+ akan mengalami reaksi oksidasi dan reduksi. Dimana e^- akan berinteraksi dengan oksigen atau udara sehingga menghasilkan superoksida radikal, sedangkan h^+ akan berinteraksi dengan air sehingga menghasilkan hidroksil radikal. Radikal-radikal ini akan terus didapatkan hasil selama material fotokatalis di induksi atau selalu disinari oleh cahaya matahari. Selanjutnya radikal ini akan mengurai senyawa-senyawa organik menjadi molekul-molekul sederhana seperti air, CO_2 dan asam mineral melalui multi step reaction (Rohmah, 2015).



Gambar 2.4 Mekanisme fotokatalisis TiO_2 (Rohmah, 2015)

C. Karbon aktif

Karbon aktif adalah suatu material padat berpori yang memiliki 85-95% karbon. Karbon ini telah diproses secara fisika/kimia sehingga memiliki kemampuan adsorpsi tinggi

(Indariani et al., 2018; Surbakti, 2018). Bahan-bahan seperti sekam padi, kayu, batu bara, tempurung kelapa, kulit biji kopi, tongkol jagung, dan bahan-bahan lainnya dapat digunakan untuk membuat karbon aktif. Proses karbon aktif mengakibatkan terjadinya perubahan fisik pada permukaannya. Hal ini dikarenakan adanya penghilangan hidrogen, gas dan air. Zat yang digunakan sebagai aktivator karbon aktif, yaitu garam-garam karbonat, klorida, hidroksida logam alkali, sulfat, fosfat dan logam alkali tanah ($ZnCl_2$; H_3PO_4 ; $NaOH$ serta uap air pada suhu tinggi) (Meilianti, 2020).

D. Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*)

Negara Indonesia kaya akan sumber daya alam, tanahnya subur, dan mempunyai peran penting di mata dunia sebagai produsen bahan pangan, salah satunya di bidang pangan yaitu jagung. Sebagaimana diterangkan dalam surat Al-An'am/6:95.

﴿ إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ﴾

Artinya: "Sungguh, Allah yang menumbuhkan butir (padi-padian) dan biji (kurma). Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. Itulah (kekuasaan) Allah, maka mengapa kamu masih berpaling" (Q.S.Al-An'am 6 :95).

Surat Al-An'am ayat 95, merupakan pengingat akan kasih sayang dan perhatian Allah kepada ciptaanNya, dan mendorong untuk merenungkan kekuasaan dan nikmatnya. Dari Q.S Al-An'am ayat 95, dapat dipahami sebagai ajakan untuk mengkaji dan mengapresiasi alam semesta yang penuh dengan keajaiban dan misteri yang mencerminkan kekuasaan dan kebijaksanaan Allah.

Jagung mempunyai satu atau dua tongkol tergantung varietasnya. Umumnya, tongkol jagung yang berada di bagian atas memiliki ukuran lebih besar dibandingkan dengan ukuran yang berada di bawahnya. Tongkol jagung terdiri atas 10 - 16 baris biji dan jumlahnya selalu genap (Firianti, 2016).



Gambar 2.5 Tongkol Jagung (doc.pribadi)

Meningkatnya kebutuhan jagung untuk industri pangan dapat menciptakan berbagai macam produk olahan dari bahan dasar jagung. Banyaknya produk olahan jagung yang beredar di masyarakat dapat menimbulkan efek samping

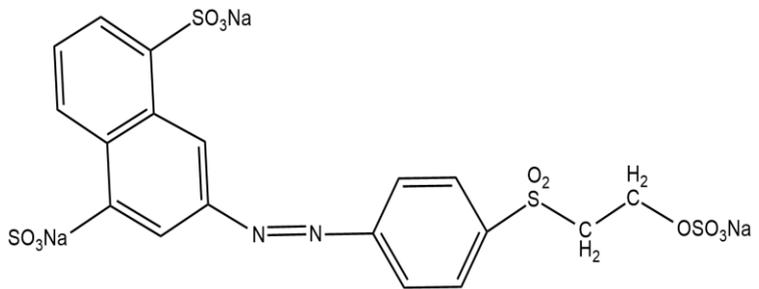
yaitu banyaknya limbah tongkol jagung yang dihasilkan sehingga dapat mencemari lingkungan. Limbah tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 2.5. Tongkol jagung mengandung senyawa karbon dalam jumlah yang tinggi (selulosa 41% dan hemiselulosa 36%). Tongkol jagung dapat berpotensi menjadi arang aktif karena memiliki kadar abu yang rendah (0,91%). Karbon aktif tongkol jagung dapat digunakan sebagai adsorben karena memiliki kandungan karbon lebih besar daripada kadar abunya, bahan bakunya mudah didapat, murah, mudah dibuat, mudah digunakan, dan tahan lama (Meilianti, 2020).

E. Zat Warna *Remazol Yellow FG*

Zat warna merupakan senyawa organik berwarna yang yang dapat memberi warna pada objek atau kain dalam proses pewarnaan. Di alam dapat dijumpai banyak senyawa organik berwarna, namun hanya senyawa yang tidak luntur saja yang dapat digunakan sebagai zat warna (Faqih, 2010). Molekul zat warna terdiri dari zat organik tak jenuh dengan kromofor yang bertugas sebagai pembawa warna dan auksokrom yang bertugas sebagai pengikat warna. Molekul berwarna diakibatkan oleh adanya gugus kromofor. Menurut Apriani (2007) dalam pembentukan zat warna dapat dijumpai senyawa aromatik yaitu senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen, senyawa

hidrokarbon aromatik dan turunannya, serta fenol dan turunannya.

Zat warna *Remazol Yellow FG* memiliki sifat warna yang tahan lama dan mengandung gugus aktif yaitu vinil sulfon yang bersifat polar sehingga ikatan rangkap pada senyawa itu bereaksi dengan gugus OH dari air, selulosa dan alkohol (Romandani, 2015). *Remazol Yellow FG* memiliki struktur kimia yang dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur zat warna *Remazol Yellow FG*
(Apriani, 2007)

Senyawa azo (-N=N-) adalah zat warna yang umumnya banyak digunakan dalam industri tekstil. Senyawa ini memiliki struktur kompleks, sifatnya stabil, warnanya tidak mudah luntur dan limbahnya sulit terdegradasi. Monoazo *Remazol Yellow FG*, *poliazo Direct Black*, dan diazo *Remazol Black B* merupakan zat warna azo yang sering digunakan dalam industri tekstil (Ariguna et al., 2014).

F. Karakterisasi fotokatalis

1. Instrumen *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Instrumen FTIR berfungsi untuk mengidentifikasi gugus fungsi, mengetahui informasi struktur senyawa organik dan struktur molekul anorganik dengan cara membandingkannya pada daerah sidik jarinya. Radiasi *infrared* (IR) mengandung *range* frekuensi namun tidak dapat dilihat oleh mata telanjang. Setiap tipe ikatan kimia atau jenis gugus fungsi memiliki pita absorpsi *infrared* yang sangat spesifik dan khas. Gugus fungsi pada bilangan gelombang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Instrumen FTIR memiliki prinsip kerja untuk mengukur energi *infrared* yang diserap oleh ikatan kimia pada frekuensi atau panjang gelombang tertentu. Letak absorpsi *infrared* dapat menentukan letak struktur dasar senyawa. Selain itu, FTIR mampu membedakan gugus OH yang berasal dari karboksilat dan alkohol (Hatiningsih, 2020).

Tabel 2.1 Bilangan gelombang dan gugus fungsi

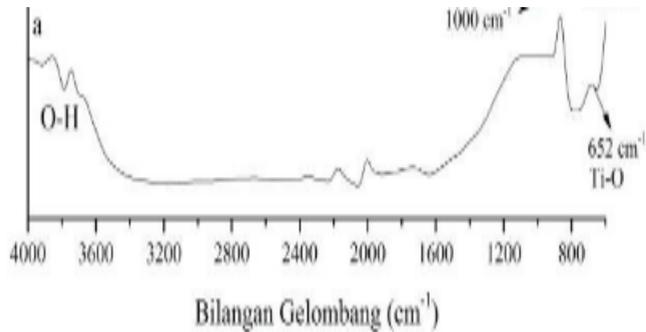
Ikatan	Tipe senyawa	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Intensitas
C-H	Alkana	2850-2970	Kuat
		1340-1470	Kuat

C-H	Alkena	3010-3095 675-995	Sedang Kuat
C-H	Alkuna -C≡C-	3300	Kuat
C-H	Cincin Aromatik	3010-3100 690-900	Sedang Kuat
O-H	Fenol, Monomer Alkohol, Alkohol Ikatan Hidrogen. Fenol	3590-3650 3200-3600	Berubah- ubah Berubah- ubah, terkadang melebar
	Monomer Asam Karboksilat, Ikatan Hidrogen Asam Karboksilat	3500-3650 2500-2700	Sedang Melebar
N-H	Amina, Amida	3300-3500	Sedang
C=C	Alkena	1610-1680	Berubah- ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500-1600	Berubah- ubah
C≡C	Alkuna	2100-2260	Berubah- ubah
C-N	Amina, Amida	1180-1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210-2280	Kuat
C-O	Alkohol, Eter, Asam Karboksilat, Ester	1050-1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690-1760	Kuat
NO₂	Senyawa Nitro	1500-1570 1300-1370	Kuat

Sumber: (Wahyudi, 2021).

Fatmawati & Aritonang (2019) melakukan pengujian TiO₂ menggunakan instrumen FTIR. Spektrum FTIR TiO₂ dapat dilihat pada Gambar 2.7. Gambar ini menunjukkan TiO₂ dianalisis menggunakan

FTIR pada rentang 600-4000 cm^{-1} . Terdapat serapan TiO_2 pada bilangan gelombang 652,43 cm^{-1} , di mana spektrum pada daerah bilangan tersebut merupakan vibrasi Ti-O. Serapan pada bilangan gelombang 3500-4000 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur O-H.



Gambar 2.7 Spektrum TiO_2 (Fatmawati & Aritonang, 2019)

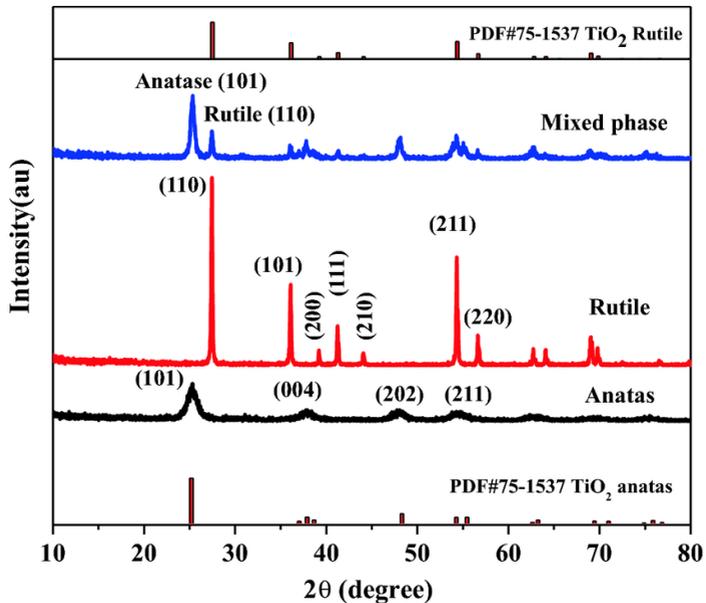
2. Instrumen Difraksi Sinar-X (XRD)

Instrumen XRD digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal dari suatu sampel. Rumus persamaan Scherrer pada Persamaan 2.1 dapat digunakan untuk mengitung ukuran Kristal.

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.1)$$

D merupakan diameter ukuran kristal, λ (lamda) merupakan panjang gelombang sinar-X yang digunakan, θ_B adalah sudut Bragg, β adalah FWHM (*Full Width at Half Maximum*) pada $2\theta \times \pi/180$ satu

puncak yang dipilih, dan k merupakan konstanta material yang nilainya ≤ 1 . Nilai yang umumnya dipakai untuk k adalah 0,9 (Astuti & Nings, 2017; Tussa'adah & Astuti, 2015)



Gambar 2.8 pola XRD untuk fasa rutil, *anatase*, dan campuran TiO₂ (El-Desoky et al., 2020)

Fasa struktur XRD TiO₂ dapat dipelajari pada Gambar 2.8. Gambar 2.8 menunjukkan pola XRD dari puncak difraksi tajam yang dikaitkan dengan struktur fasa *anatase*, rutil dan campuran yang diilustrasikan oleh referensi *Joint Committee on Powder Diffraction Standard (JCPDS)*. Analisis XRD menunjukkan puncak

difraksi pada $27,2^\circ$; 36° ; 39° ; 41° ; 44° ; $54,3^\circ$; dan $56,6^\circ$ yang sesuai dengan (110), (101), (200), (111), (210), (211) dan (220) bidang TiO_2 anatase. Adapun puncak difraksi pada $27,5^\circ$; $36,1^\circ$; $41,3^\circ$; $54,4^\circ$; dan $56,6^\circ$; sesuai dengan (110), (101), (211) dan (310) yang merupakan bidang TiO_2 rutil (El-Desoky et al., 2020).

3. Instrumen *UV-Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-DRS)

UV-DRS merupakan instrumen yang berfungsi untuk mengidentifikasi besarnya energi yang diabsorpsi, ditransmisi, dan direfleksi. Rumus untuk menghitung besarnya nilai intensitas ditunjukkan pada Persamaan 2.2.

$$I_0 = I_r + I_a + i_t \quad (2.2)$$

I_0 merupakan intensitas sinar datang, I_r merupakan intensitas sinar yang direfleksikan, I_a merupakan intensitas sinar yang diabsorpsi, dan I_t merupakan intensitas nilai yang ditransmisikan.

G. Kajian hasil penelitian yang relevan

Kajian hasil penelitian terdahulu dijadikan bahan pertimbangan dan acuan untuk membuat skripsi ini. Penelitian yang dilakukan Riyani & Setyaningtyas (2011) bertujuan untuk menginvestigasi penggunaan karbon aktif dari jerami padi (KAJP) untuk memodifikasi fotokatalis TiO_2

dalam fotodegradasi zat warna limbah cair tekstil. Penelitian melaporkan perbandingan berat optimal TiO_2 /karbon aktif adalah 99:1 untuk TiO_2 /KA₃₀₀ dan 97:3 untuk TiO_2 /KA₇₀₀, dengan pH 2 sebagai kondisi optimal untuk fotodegradasi. Penggunaan karbon aktif sebagai adsorben polutan meningkatkan efisiensi proses fotokatalisis. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan KAJP dapat meningkatkan aktivitas TiO_2 dalam degradasi limbah cair tekstil.

Penelitian yang dilakukan oleh Jannah (2019) bertujuan untuk mengidentifikasi struktur, morfologi, celah pita dan mengetahui aktivitas fotokatalis hasil sintesis TiO_2 /karbon aktif pada metilen biru menggunakan metode sol-gel. TiO_2 /karbon aktif dilakukan variasi dengan perbandingan (%): 100:0, 5:95, 10:90, 20:80, 30:70 dan 0:100. Senyawa dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD, SEM-EDS, UV-DRS, *Spectrophotometer* Raman dan IR. Penelitian tersebut menyatakan TiO_2 /karbon aktif 95% memiliki aktivitas fotokatalik yang baik karena TiO_2 mempunyai fasa campuran anatase dan rutil. Semakin banyak karbon aktif ditambahkan, semakin tinggi fasa rutilnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Septiani et al., (2015) membahas tentang sintesis dan karakterisasi TiO_2 /Karbon Aktif menggunakan metode padat. Penambahan karbon

aktif tidak signifikan mempengaruhi pola XRD, tetapi mencegah aglomerasi partikel TiO_2 , meningkatkan luas permukaan dan aktivitas katalitik. Spektra FTIR menunjukkan absorpsi pada daerah C=C, yang diasumsikan berasal dari karbon aktif. Analisis SEM menunjukkan bahwa partikel TiO_2 terkelompok dalam bentuk murni, tetapi tersebar dalam katalis komposit. Penelitian ini melaporkan bahwa katalis TiO_2 /karbon aktif memiliki potensi untuk digunakan dalam fotokatalisis dan remediasi lingkungan.

Poluakan et al., (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk melihat lebih efektif komposit TiO_2 /karbon aktif atau TiO_2 /zeolit dalam mendegradasi zat warna *remazol yellow*. Zeolit yang digunakan berasal dari larutan silikat dan aluminat, sedangkan karbon aktif berasal dari karbon komersil. Adapun sintesis TiO_2 /karbon aktif menggunakan metode sonifikasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa TiO_2 /karbon aktif lebih baik dalam mendegradasi zat warna *remazol yellow* sampai 95% dengan konsentrasi 30 ppm. Adapun TiO_2 /zeolit mampu mendegradasi *remazol yellow* sebesar 83% dengan konsentrasi 20 ppm. Zeolit dan karbon aktif berperan sebagai adsorben dalam mendegradasi zat warna. Namun tidak memiliki kemampuan fotokatalisis.

H. Hipotesis

TiO₂ merupakan semikonduktor yang memiliki sifat fotokatalis dengan kemampuan dapat menyerap sinar UV, menciptakan pasangan elektron *hole* yang sangat reaktif dan dapat bereaksi dengan oksigen di udara/molekul organik. Karbon aktif memiliki struktur pori-pori yang kecil dan permukaan yang sangat luas. Dengan demikian, karbon aktif dapat menjadi bahan untuk menghilangkan polutan. Oleh karena itu, kombinasi antara TiO₂ dan KATJ diharapkan mempunyai kemampuan yang lebih efektif dalam mengurangi limbah zat warna *Remazol Yellow FG*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Alat Dan Bahan

1. Alat

Penelitian ini menggunakan alat antara lain: *Difraksi Sinar-X* (XRD, SHIMADZU XRD-7000), *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR, Perkin-Elmer UATR Spectrum Two) di UPT Lab Terpadu Universitas Diponegoro, *Diffuse Reflectance Spectroscopy Uv-Visible* (DRS UV-Vis, Cary uv-2415) di Laboratorium Terpadu Universitas Indonesia, *Spectrofotometer UV-Vis* (Orion Aquamate 8000) di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Walisongo; lampu UV, gelas ukur, corong, pipet, erlenmeyer, spatula, labu ukur dan kertas saring, neraca analitik, oven (Mettler), *sentrifuge*, *furnace* (Neycraft), ayakan 100 mesh, *magnetic stirrer*, desikator.

2. Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan antara lain: HCl 4N; HCl 0,1M; NaOH 0,1 M; TiO₂ (Merck), akuades, tongkol jagung dan *Remazol yellow FG* (dystar).

B. Metode

1. Sintesis KATJ

Tongkol jagung dicuci dengan air mengalir hingga bersih. Tongkol jagung dipotong menjadi potongan kecil dan dipanaskan hingga kering pada suhu 100 °C. Kemudian, tongkol jagung dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 230°C selama 20 menit, kemudian ditumbuk sampai menjadi serbuk halus. Karbon tongkol jagung selanjutnya disaring menggunakan saringan 100 mesh. Karbon tongkol jagung diaktivasi menggunakan HCl 4N; 250 mL selama 1 hari. Karbon tongkol jagung disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH netral. Residu yang diperoleh selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 3 jam. KATJ yang telah teraktivasi didinginkan dan dimasukkan ke dalam desikator (Kusuma et al., 2020; Rachmawati et al., 2018).

2. Sintesis TiO₂/KATJ

Aktivasi TiO₂ dilakukan dengan cara dipanaskan pada suhu 200 °C selama 4 jam. Selanjutnya, komposit TiO₂/KATJ dibuat dengan cara mencampurkan 9 gram TiO₂ dan 9 gram KATJ sehingga, didapatkan rasio 1:1 (b/b). Kemudian, TiO₂, KATJ dan TiO₂/KATJ,

dipanaskan pada temperatur 400 °C selama 6 jam (Septiani et al., 2015).

3. Karakterisasi TiO₂/KATJ

Fotokatalis TiO₂, KATJ dan TiO₂/KATJ dianalisis menggunakan FTIR dengan bilangan gelombang sebesar 4000 – 400 cm⁻¹. Fasa kristal dapat dianalisis menggunakan difraksi sinar X (XRD). Fasa kristal *anatase* dapat ditandai dengan terbentuknya puncak pada 2θ (°): 25, 37, 48, 53, 55, 62, 68, 70, 75 dan 82. Fasa rutil ditandai dengan terbentuknya puncak pada 2θ (°): 27 dan 36. Besarnya energi celah pita dapat diperoleh dari hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-DRS. Spektrum data UV-DRS dapat diolah menggunakan persamaan Kubelka-Munk kemudian dibuat kurva yang menunjukkan hubungan antara K/S dengan energi.

4. Proses fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*

a. Preparasi larutan induk *Remazol Yellow FG*

Larutan induk *Remazol Yellow FG* 100 ppm dibuat dengan melarutkan 0,05 gram *Remazol Yellow FG* ke dalam 500 mL akuades.

b. Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum**(λ) *Remazol Yellow FG***

Larutan *Remazol Yellow FG* 10 ppm disiapkan dengan melarutkan 10 mL *Remazol Yellow FG* 100 ppm dengan akuades ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan *Remazol Yellow FG* 10 ppm diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang sekitar 300 – 600 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mendapatkan panjang gelombang (λ) maksimum.

c. Kurva standar larutan *Remazol Yellow FG*

Larutan induk *Remazol Yellow FG* 100 ppm digunakan untuk membuat larutan standar dengan variasi konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Selanjutnya, nilai absorbansi larutan standar diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang maksimum. Kemudian, kurva standar dihasilkan dengan memplot konsentrasi dan absorbansi menggunakan Microsoft Excel dan diperoleh persamaan regresi liniernya.

d. Pengaruh pH larutan terhadap fotodegradasi *Remazol Yellow FG*

Sebanyak 0,1 gram TiO_2/KATJ dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 ml yang berisi *Remazol Yellow FG* 10 ppm dan pH larutan divariasi pada pH 1, 2, 3, 5, 7, 9, dan 11. Untuk mendapatkan pH dalam rentang kondisi asam, larutan dipreparasi menggunakan HCl 0,1 M. Untuk mendapatkan larutan dengan pH yang lebih tinggi, larutan dipreparasi menggunakan NaOH 0,1 M. Suspensi dimasukkan ke dalam reaktor UV, kemudian diradiasi menggunakan sinar UV selama 90 menit sambil dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Filtrat larutan selanjutnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum serta dihitung persen degradasinya.

e. Pengaruh jenis Fotokatalis Terhadap Proses Fotodegradasi *Remazol Yellow FG*

Sebanyak 0,1 gram sampel fotokatalis TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ dimasukkan dalam erlenmeyer 50 mL berisi larutan *Remazol Yellow FG* 10 ppm dan pH optimum. Suspensi yang telah

tercampur selanjutnya diradiasi dengan sinar UV dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 90 menit. Filtrat yang telah diradiasi diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan aktivitas fotokatalitik TiO_2/KATJ dalam fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*. Sebagai perbandingan karakteristik dan aktivitas fotokatalitik, TiO_2 dan KATJ juga dipelajari. Fotokatalis TiO_2/KATJ dibuat dengan perbandingan 1:1 (b/b). Fotokatalis TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ diuji menggunakan instrumen FTIR, XRD, dan UV-DRS. Pengujian aktivitas fotokatalitik dalam fotodegradasi larutan *Remazol Yellow FG* menggunakan lampu UV dan pengaduk *magnetic stirrer*.

A. Sintesis KATJ

Sintesis KATJ diawali dengan pencucian tongkol jagung dengan tujuan untuk menghilangkan pengotor. Selanjutnya, tongkol jagung dipotong kecil-kecil dengan tujuan mempercepat proses pengeringan. Tongkol jagung dipanaskan pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ untuk membebaskan senyawa air (H_2O). Sintesis KATJ dilakukan menggunakan metode karbonisasi. Proses karbonisasi tongkol jagung dilakukan pada suhu $230\text{ }^\circ\text{C}$ selama 20 menit. Karbon yang didapat kemudian digerus dan disaring menggunakan ayakan 100 mesh.

Aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah HCl 4N. Aktivator adalah zat atau senyawa kimia yang

digunakan untuk mengaktifkan karbon sebelum menjadi karbon aktif. Aktivasi ini bertujuan untuk mengaktifkan karbon tongkol jagung sehingga dapat berfungsi menjadi adsorben (Meilianti, 2020). Karbon tongkol jagung diaktivasi menggunakan HCl 4N selama 24 jam. Penggunaan HCl 4N bertujuan untuk meningkatkan kemampuan karbon aktif dalam menyerap zat dengan ukuran partikel tertentu. Setelah 24 jam, karbon aktif disaring dan dicuci hingga pH netral. Pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang berupa sisa bahan kimia. kemudian, karbon aktif dipanaskan pada suhu 110°C selama 3 jam. Pemanasan ini bertujuan untuk menguapkan kandungan air dan menguapkan pengotor atau residu yang dihasilkan dari bahan awal pada saat proses aktivasi. Produk akhir KATJ, selanjutnya didinginkan lalu disimpan ke dalam botol dan diletakkan ke dalam desikator untuk meminimalisir masuknya air ke dalam KATJ.

B. Sintesis TiO₂/KATJ

TiO₂ dipanaskan pada suhu 200°C selama 4 jam dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air pada katalis TiO₂. Campuran TiO₂/KATJ dibuat dengan mencampurkan TiO₂ yang sudah dipanaskan sebanyak 9 gram dan KATJ sebanyak 9 gram. Dengan demikian, diperoleh

perbandingan 1:1 (b/b). Tujuan adanya pencampuran adalah untuk meningkatkan efisiensi fotokatalis. Kemudian, TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ dipanaskan selama 6 jam pada suhu 400°C . Tujuan pemanasan, untuk memperoleh material yang lebih stabil. Hasil sintesis TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ ditunjukkan pada Gambar 4.1. Pada Gambar 4.1 (a) TiO_2 berbentuk serbuk dan memiliki warna putih, (b) KATJ berbentuk serbuk yang memiliki warna abu-abu kehitaman dan (c) TiO_2/KATJ berbentuk serbuk yang memiliki warna putih keabu-abuan.



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.1 Hasil sintesis (a) TiO_2 , (b) KATJ, (c) TiO_2/KATJ

C. Karakterisasi

1. Karakterisasi Fourier Transform Infra-Red (FTIR)

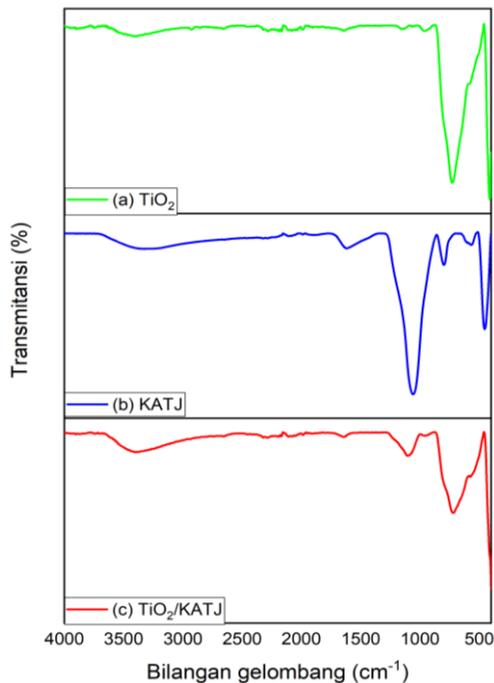
Karakterisasi FTIR dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan jenis ikatan yang terbentuk pada sampel TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ . Gambar 4.2. menunjukkan spektra FTIR TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ . Gambar 4.2 (a) spektrum FTIR TiO_2 , memperlihatkan adanya serapan yang kuat pada

daerah bilangan gelombang 400 – 1000 cm^{-1} yang menunjukkan gugus Ti-O-Ti. Kemudian, serapan pada bilangan gelombang 3200 – 3600 cm^{-1} merupakan vibrasi *stretching* O-H dari molekul air yang terserap pada permukaan TiO_2 , hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Septiani et al., (2015).

Gambar 4.2 (b) KATJ menunjukkan terbentuknya puncak pada bilangan gelombang 3327 cm^{-1} yang menandakan adanya *stretching* gugus hidroksil (O-H) dari air yang teradsorpsi pada permukaan KATJ, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Prabowo (2009). Pada daerah serapan 1617 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C=C, pada daerah serapan 1300 - 1100 cm^{-1} menunjukkan *stretching vibration* pada gugus fungsi C-O, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Agustin (2020).

Gambar 4.2 (c) merupakan spektrum TiO_2/KATJ . Komposit TiO_2/KATJ menunjukkan adanya pita serapan yang identik dengan TiO_2 . Pada serapan bilangan gelombang 450 - 550 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur gugus Ti-O. Pada daerah serapan 3400 – 3700 cm^{-1} merupakan *stretching* O-H dari molekul air yang terserap pada permukaan TiO_2 . Selanjutnya terdapat serapan lemah di daerah 1649 cm^{-1} yang menunjukkan

adanya *stretching* C=C yang diasumsikan berasal dari karbon aktif, hal ini sebagaimana sesuai dengan penelitian Septiani et al., (2015). Pada bilangan gelombang 700 - 800 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H, hal ini sebagaimana sesuai dengan penelitian Agustin (2020).



Gambar 4.2 Spektra FTIR sampel (a) TiO₂, (b) KATJ, (c) TiO₂/KATJ

2. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)

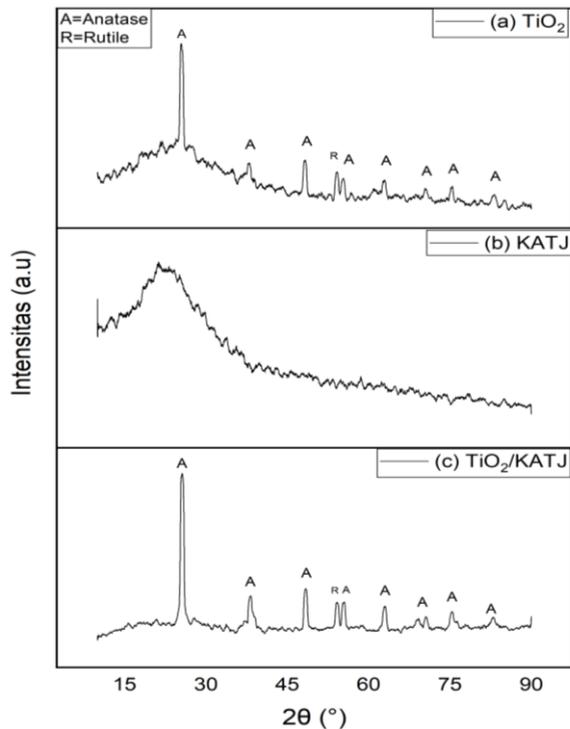
Karakterisasi TiO₂, KATJ dan TiO₂/KATJ menggunakan alat XRD bertujuan untuk melihat

perubahan fasa kristal TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ . Hasil yang didapat pada analisa XRD berupa pola difraksi hubungan antara 2θ dengan intensitas hamburan. TiO_2 merupakan kristal yang memiliki fasa *anatase*, rutil dan *brookite*. Pola XRD pada sampel TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ diidentifikasi fasa kristalnya dengan membandingkan data difraktogram yang diperoleh dengan *database* standar JCPDS no 21-1272. Fasa padatan dibagi menjadi dua, yaitu fasa kristal dan fasa amorf. Difraktogram fasa kristal ditandai dengan terbentuknya intensitas puncak yang tajam, sedangkan fasa amorf ditandai dengan intensitas puncak yang melebar.

Gambar 4.3 (a) menunjukkan hasil difraktogram TiO_2 yang memperlihatkan terbentuknya puncak pada 2θ ($^\circ$) = 25,38; 37,74; 48,18; 54,04; 55,26; 62,68; 70,4; 75,14; 82,88. Gambar 4.3 (b) pola difraksi karbon aktif tidak memperlihatkan puncak yang tajam dan memiliki bentuk yang tidak beraturan. Puncak karbon aktif tidak memiliki fasa kristal, tetapi berbentuk amorf sesuai dengan data standar (JCPDS, No.00-023-0064) (Septiani et al., 2015). Gambar 4.3 (c) Difraktogram TiO_2/KATJ menunjukkan terbentuknya puncak pada 2θ ($^\circ$) = 25,44; 37,72; 48,38; 54,06; 55,5; 62,88; 68,82;

70,54; 75,28; 82,92. Berdasarkan data JPCDS no 21-1272 nilai TiO_2 *anatase* berada pada 2θ ($^\circ$) = 25, 37, 48, 53, 55, 62, 68, 70, 75 dan 82. Data JCPDS no 21-1276, menunjukkan difraksi TiO_2 rutil berada pada 2θ ($^\circ$) = 27, 36, 40, 54, 56, dan 61. Dengan demikian, TiO_2 dan TiO_2/KATJ memiliki fasa campuran *anatase* dan rutil, hal ini sesuai dengan data JCPDS no 21-1272 dan no 21-1276.

Puncak khas dengan nilai intensitas tertinggi pada posisi $2\theta = 25,38^\circ$ dan $2\theta = 25,44^\circ$ ditunjukkan oleh TiO_2 dan TiO_2/KATJ . Hal tersebut sesuai dengan standar JCPDS no 21-1272 yang memperlihatkan puncak khas dengan nilai intensitas tertinggi pada posisi $2\theta = 25,2812^\circ$. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Phromma et al., (2020) yang menyatakan bahwa TiO_2 menghasilkan puncak khas dengan nilai intensitas tertinggi pada posisi $2\theta = 25,30^\circ$. Dengan demikian, diketahui pola difraksi fotokatalis TiO_2 dan TiO_2/KATJ memiliki fasa *anatase*. Penambahan KATJ pada TiO_2 tidak mengubah fasa kristal TiO_2 *anatase*. Hal ini disebabkan dalam proses sintesis suhu yang digunakan adalah 400°C yang diketahui dapat menghasilkan kristal TiO_2 berfasa *anatase*.

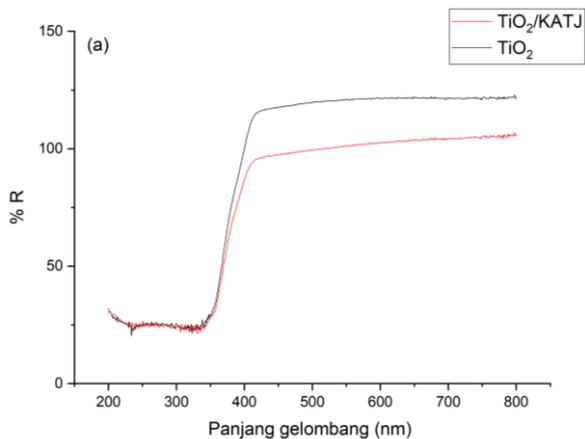


Gambar 4.3 Difraktogram sampel (a) TiO₂, (b) KATJ (c) TiO₂/KATJ

3. Karakterisasi UV-Visible Diffuse Reflectance (UV-DRS)

Karakterisasi dengan UV-DRS bertujuan untuk mengetahui serapan sinar dan energi *band gap* dari sampel TiO₂ dan TiO₂/KATJ. Pada Gambar 4.4, menunjukkan hubungan antara panjang gelombang dan persentase reflektansi (%R). Dapat dilihat bahwa TiO₂ dan TiO₂/KATJ memiliki nilai reflektansi (%R)

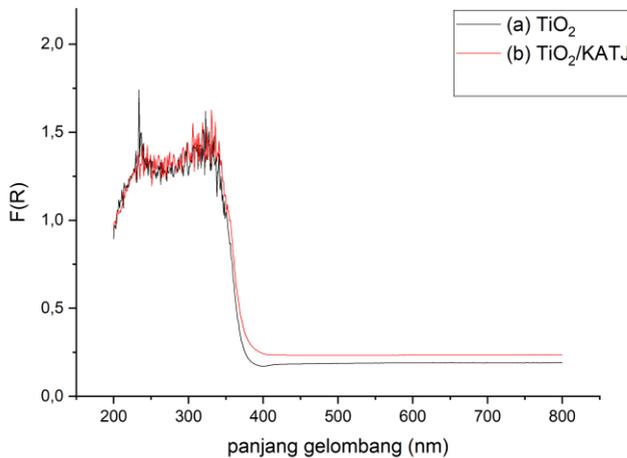
paling rendah di daerah sinar UV (panjang gelombang 200-380) dan mengalami kenaikan nilai reflektansi (%R) pada daerah sinar tampak (panjang gelombang 380-800). TiO_2 memiliki nilai reflektansi (%R) yang rendah dibanding TiO_2/KATJ pada daerah sinar UV. Sedangkan pada daerah sinar tampak, TiO_2 memiliki nilai reflektansi (%R) yang lebih tinggi dibanding TiO_2/KATJ . Nilai reflektansi (%R) memiliki hubungan berbanding terbalik dengan nilai absorbansi, sehingga TiO_2/KATJ memiliki nilai absorbansi yang paling rendah pada daerah sinar tampak.



Gambar 4.4 Hubungan antara reflektansi (%) dan panjang gelombang (nm)

Nilai data persentase reflektansi (%R) perlu dianalisis lebih lanjut menggunakan teori Kubelka-

Munk. Persamaan Kubelka-Munk dibuat kurva yang menunjukkan hubungan antara faktor Kubelka-Munk $F(R)$ dengan panjang gelombang. $F(R)$ merupakan nilai K/S di mana K/S merupakan koefisien absorpsi per faktor *scattering*. Gambar 4.5 menunjukkan TiO_2 memiliki kemampuan menyerap sinar yang cukup baik pada daerah sinar UV, akan tetapi mengalami penurunan yang signifikan pada daerah sinar tampak.

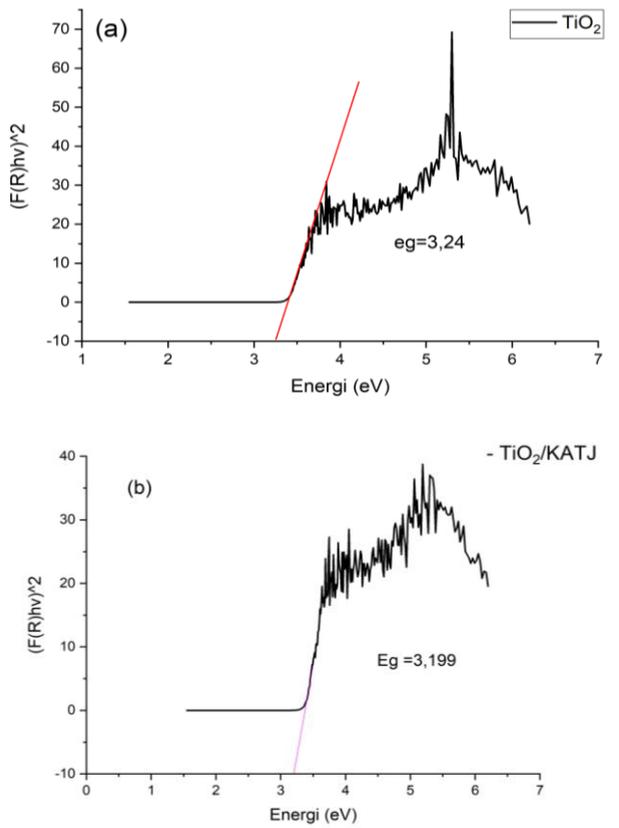


Gambar 4.5 Hubungan $F(R)$ dengan panjang gelombang

Penentuan energi *gap* dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara $(F(R) \cdot hv)^2$ dengan energi (hv). Energi *band gap* dapat dilihat pada Gambar 4.6. Dari data, diperoleh energi *band gap* TiO_2 sebesar 3,24 eV

sedangkan TiO_2/KATJ memiliki energi *band gap* lebih kecil yaitu 3,199 eV. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan KATJ dapat mempengaruhi energi *band gap*. Penurunan energi *band gap* disebabkan oleh penambahan karbon aktif yang berperan sebagai sensititizer dan mengurangi energi *band gap*. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Martins et al., (2017) bahwa energi celah pita dari fotokatalis $\text{TiO}_2/\text{karbon}$ aktif lebih kecil dibandingkan dengan energi celah pita TiO_2 murni yaitu masing-masing sebesar 3,04 eV dan 3,07 eV.

Hasil penentuan energi celah pita dan panjang gelombang TiO_2 dan TiO_2/KATJ ditampilkan pada Tabel 4.1. Fotokatalis TiO_2 dan TiO_2/KATJ memiliki panjang gelombang masing-masing sebesar 377 nm dan 382 nm. Hal ini menunjukkan kedua senyawa tersebut dapat berkerja di daerah sinar UV. Penambahan KATJ menyebabkan panjang gelombang dari TiO_2/KATJ semakin besar dan mendekati daerah sinar tampak.



Gambar 4.6 Hubungan energi dan $(F(R) \cdot hv)^2$

Tabel 4.1 Energi *band gap* dan daerah serapan panjang gelombang Fotokatalis

Fotokatalis	Energi <i>band gap</i> (eV)	Panjang gelombang (nm)
TiO_2	3,24	377
TiO_2/KATJ	3,19	382

E. Aplikasi TiO₂/KATJ untuk fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*

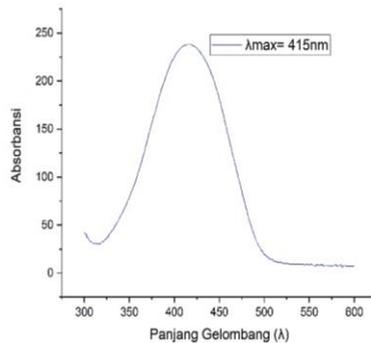
Reaksi fotodegradasi memiliki 4 komponen utama yakni, fotokatalis, senyawa target, sumber cahaya dan oksigen (Shofa, 2021). Fotokatalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah TiO₂/KATJ, zat warna *Remazol Yellow FG* merupakan senyawa target, sinar UV merupakan sumber cahaya (foton) dan oksigen sebagai penangkap elektron.

1. Penentuan panjang gelombang maksimum zat warna *Remazol Yellow FG*

Penentuan panjang gelombang (λ) maksimum bertujuan untuk mencapai kondisi pada tingkat sensitivitas yang tinggi dan kesalahan yang kecil sehingga dapat menganalisis larutan dengan efektif (Agusty, 2012). Selain itu, panjang gelombang maksimum dapat memberikan informasi mengenai nilai absorbansi tertinggi dari senyawa yang akan diukur dan dapat digunakan untuk menentukan kurva standar kalibrasi (Shofa, 2021).

Pengukuran panjang gelombang (λ) maksimum *Remazol Yellow FG* diperoleh dari larutan *Remazol Yellow FG* dengan konsentrasi 10 ppm menggunakan spektrofotometer UV-Vis mulai dari panjang

gelombang 300 – 600 nm. Nilai absorbansi terbesar digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum. Berdasarkan Gambar 4.7, *Remazol Yellow FG* memiliki panjang gelombang maksimum sebesar 415 nm.



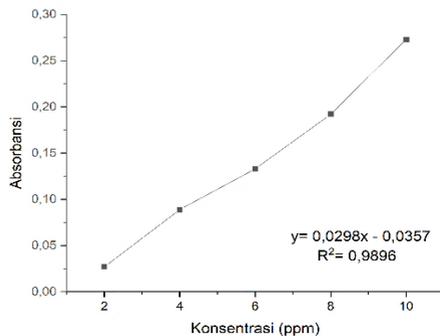
Gambar 4. 7 Panjang Gelombang (λ) maksimum zat warna *Remazol Yellow FG*

2. Pembuatan Kurva Standar

Kurva kalibrasi standar merupakan grafik hubungan antara konsentrasi (x) dengan absorbansi (y), sehingga membentuk garis lurus menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Shofa, 2021). Kurva standar *Remazol Yellow FG* dibuat dengan cara mengukur serapan sampel pada panjang gelombang maksimum (415 nm) dengan spektrofotometer UV-Vis. Konsentrasi *Remazol Yellow FG* yang diukur yaitu

2, 4, 6, 8, 10 ppm. Nilai absorbansi didapat digunakan untuk menentukan persamaan linear $y=ax+b$.

Regresi linier menghasilkan persamaan $y=ax+b$, di mana y merupakan nilai absorbansi terukur pada UV-Vis, a adalah nilai *slope*, b merupakan intersep, dan x merupakan konsentrasi *Remazol Yellow FG*. Regresi linier yang baik memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati 1. Gambar 4.8 merupakan Kurva standar *Remazol Yellow FG*.



Gambar 4. 8 Kurva kalibrasi *Remazol Yellow FG*

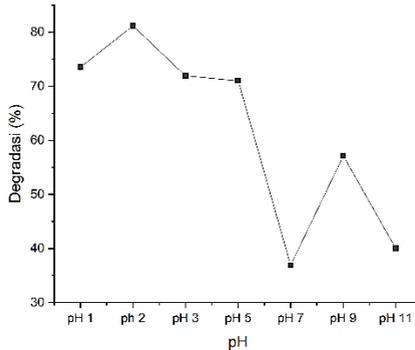
Gambar 4.8, mengindikasikan bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka semakin besar nilai absorbansi yang diperoleh. penelitian ini diperoleh persamaan regresi linier $y = 0,0298x - 0,0357$ dengan nilai $R^2 = 0,9896$. Nilai R^2 yang diperoleh mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh sudah mendekati linier.

3. Penentuan pH optimum fotodegradasi *Remazol Yellow FG*

pH optimum adalah kondisi di mana pada pH tersebut, nilai % fotodegradasinya maksimum. Pada penelitian ini dilakukan penentuan kondisi pH optimum penyerapan *Remazol Yellow FG* oleh komposit TiO_2/KATJ . Variasi pH yang digunakan yaitu pada kondisi 1, 2, 3, 5, 7, 9, dan 11. Sifat larutan (asam, netral dan basa) mewakili variasi tersebut yang berfungsi untuk mengetahui proses fotodegradasi *Remazol Yellow FG* pada kondisi optimum sehingga hasilnya lebih efektif dan maksimal.

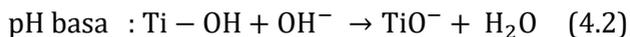
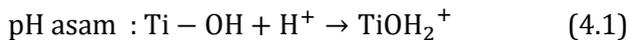
Gambar 4.9 menunjukkan pengaruh pH terhadap kemampuan fotokatalis dalam mendegradasi *Remazol Yellow FG*. Hasilnya % fotodegradasi pada pH 1, 2, 3, 5, 7, 9 dan 10, berturut-turut sebesar 73,53%; 81,53%; 71,91%; 71,01%; 36,90%; 57,14%; dan 40,03%. Berdasarkan hasil penelitian, kondisi *Remazol Yellow FG* pada pH 2 memiliki aktivitas fotokatalitik yang paling tinggi, yaitu 81,53%. Semakin pH menuju pH netral kemampuan fotokatalisis mengalami penurunan seperti pada pH 3, 5 dan 7. pH larutan menuju pH basa mengalami kenaikan, seperti yang ditunjukkan pada pH 9. Akan

tetapi semakin menuju pH basa aktivitas katalis kembali mengalami penurunan seperti pH 11.



Gambar 4.9 Optimasi pH larutan *Remazol Yellow FG* pada fotokatalis TiO_2/KAT

Dari gambar 4.9 dapat disimpulkan bahwa *Remazol Yellow FG* lebih mudah terdegradasi dalam kondisi asam (pH asam) dibandingkan basa (pH basa). Reaksi TiO_2 dalam suasana asam dan basa dituliskan sebagai berikut:



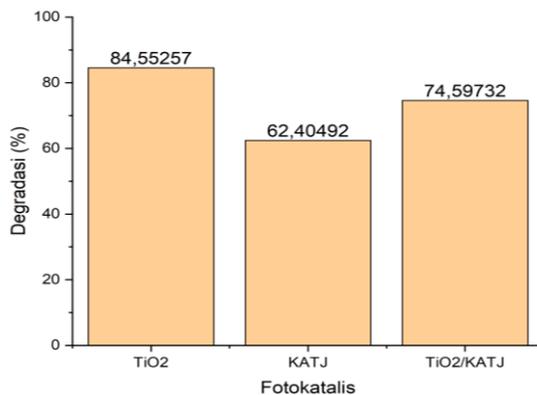
Remazol Yellow FG dalam pelarut air merupakan zat warna anionik karena mengandung gugus hidroksil (OH^-) yang bermuatan negatif. Permukaan TiO_2 akan bermuatan positif pada kondisi asam dengan ditandai adanya gugus TiOH_2^+ , sehingga semakin banyak *Remazol Yellow FG* yang terserap

pada permukaan TiO_2/KATJ dan bereaksi dengan radikal bebas. Sedangkan pada kondisi basa, permukaan TiO_2 bermuatan negatif yang ditandai dengan adanya gugus TiO^- , sehingga *Remazol Yellow FG* tidak mudah terserap pada permukaan TiO_2/KATJ dan sulit didegradasi oleh radikal bebas (Fauzi et al., 2019). Berdasarkan analisis tersebut, maka pH 2 dipilih sebagai pH terbaik dalam mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Maghfiroh et al., (2016) dalam mendegradasi zat warna *Remazol Yellow FG* dengan adsorben selulosa bakterial *Nata De Coco*, menunjukkan hasil pH optimum yaitu pada pH 2 dengan persentase adsorpsi sebesar 94,62% dan menunjukkan panjang gelombang maksimum dari zat warna *Remazol Yellow FG* yaitu 418 nm.

4. Perbandingan aktivitas fotokatalitik TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ

Setelah mengetahui pH optimum, kemudian dilakukan perbandingan hasil aktivasi fotokatalis TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ . Gambar 4.10 menunjukkan kemampuan fotodegradasi zat warna *Remazol Yellow FG*. Berdasarkan Gambar 4.10, sampel TiO_2 mampu mendegradasi *Remazol Yellow FG* sebanyak 84,55%,

sampel KATJ mampu mendegradasi *Remazol Yellow FG* sebanyak 62,40%, sedangkan TiO_2/KATJ memiliki kemampuan mendegradasi *Remazol Yellow FG* sebesar 74,59%. Material fotokatalis TiO_2 mempunyai aktivitas fotokatalitik yang lebih tinggi dibandingkan KATJ dan TiO_2/KATJ . Hal ini dimungkinkan karena TiO_2 memiliki aktivitas fotokatalitik yang baik pada rentang sinar UV. TiO_2 dapat berperan sebagai bahan semikonduktor dalam reaksi fotokatalisis *Remazol Yellow FG*. Adapun karbon aktif hanya memiliki sifat sebagai adsorben dan bukan sebagai fotokatalis di bawah paparan sinar UV. Dengan demikian, seharusnya dilakukan adsorpsi *Remazol yellow FG* pada ruang gelap terlebih dahulu oleh TiO_2/KATJ sebelum sampel diradiasi dengan sinar UV.



Gambar 4.10 Aktivitas Fotokatalitik

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakterisasi FTIR TiO_2 memiliki serapan yang spesifik untuk gugus Ti-O-Ti; KATJ memiliki serapan yang spesifik untuk gugus C=C; dan TiO_2/KATJ memiliki gugus Ti-O; gugus O-H; dan gugus C=C yang mirip dengan TiO_2 dan KATJ. Dari karakterisasi XRD, diketahui TiO_2 memiliki fasa kristalin yang bersesuaian dengan JCPDS no 21-1272 dan no 21-1276, KATJ memiliki fasa amorf dan TiO_2/KATJ memiliki fasa kristal sebagaimana dalam TiO_2 . Adapun karakterisasi UV-DRS, menunjukkan energi *gap* TiO_2 sebesar 3,24 eV dan TiO_2/KATJ sebesar 3,19 eV.
2. pH optimum TiO_2/KATJ pada fotodegradasi *Remazol yellow FG* terjadi pada kondisi pH 2.
3. % fotodegradasi *Remazol yellow FG* konsentrasi 10 ppm oleh TiO_2 ; KATJ; TiO_2/KATJ pada pH 2 dengan waktu kontak 90 menit berturut-turut adalah 84,55%; 62,40%; dan 74,59%.

B. Saran

Saran dari penelitian yang dilakukan, di antaranya:

1. Adsorpsi Remazol Yellow FG dalam kondisi gelap sebelum reaksi fotokatalisis di bawah sinar UV.
2. Uji karakterisasi BET dan SEM guna mengetahui luas permukaan dan morfologi sampel.
3. Uji pengaruh waktu kontak, dosis fotokatalis, konsentrasi zat warna pada reaksi fotokatalisis zat warna *Remazol Yellow FG* oleh TiO_2 KATJ, dan TiO_2/KATJ .
4. Studi kinetika reaksi fotokatalisis *Remazol Yellow FG* dengan TiO_2 , KATJ dan TiO_2/KATJ .

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D. A. R. 2020. Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung Dengan Aktivator H_3PO_4 Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*.
- Agusty, Inge Prima. 2012. Penggunaan Zeolit Terimpregnasi TiO_2 untuk Mendegradasi Zat Warna Congo Red. *Skripsi, Universitas Airlangga*.
- Apriani, R.I. 2007. Degradasi Fotoelektrokatalitik Remazol Yellow Fg Menggunakan Semikonduktor Lapis Tipis Grafit/ TiO_2/Cu Dan Grafit/Komposit TiO_2-SiO_2/Cu . *Skripsi, Universitas Sebelas Maret*.
- Ariguna, I. W. S. P., Wiratini, N. M., & Sastrawidana, I. D. K. 2014. Degradasi Zat Warna Remazol Yellow Fg Dan Limbah Tekstil Buatan Dengan Teknik Elektrok oksidasi. *E-Journal Kimia Visvitalis*, 2, 127–137.
- Astuti, & Nings, S. 2017. Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO_2) Menggunakan Metode Sonokimia. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 9(1), 26–32.
- Deswardani, F., Nelson, Nurhidayah, Helga Dwi, & Afrianto, M. F. 2020. Analisis Gugus Fungsi Pada $TiO_2/Biochar$ Dengan Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared). *Journal Online of Physics*, 5(2), 54–58. <https://doi.org/10.22437/jop.v5i2.9397>

- El-Desoky, M. M., Morad, I., Wasfy, M. H., & Mansour, A. F. 2020. Synthesis, structural and electrical properties of PVA/TiO₂ nanocomposite films with different TiO₂ phases prepared by sol-gel technique. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31(20), 17574–17584. <https://doi.org/10.1007/s10854-020-04313-7>
- Faqih, A. 2010. Penurunan Kadar Zat Warna Remazol Yellow FG Menggunakan Adsorben Semen Portland. *Skripsi, Universitas Sebelas Maret*.
- Fatmawati, D., & Aritonang, A. B. 2019. Sintesis dan Karakterisasi TiO₂-Kaolin Menggunakan Metode Sol Gel. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 8(2), 15–21. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/36559>
- Fauzi, W. A., Simpen, I. N., & Sudiarta, I. W. 2019. sintesis dan karakterisasi Zeolit-TiO₂ serta pemanfaatannya sebagai fotokatalis untuk degradasi Rhodamin B. *Journal of Chemistry*, 13 (1), 74–81.
- Firianti, I. 2016. Uji Konsentrasi Formulasi Bacillus subtilis BNt8 Terhadap Pertumbuhan Benih Jagung (*Zea may L.*) Secara In Vitro. *Skripsi, Uin Alauddin Makassar*.
- Fitriana, F. U. 2017. *pengolahan air dengan fotokatalisis menggunakan katalis titanium dioksida (TiO₂) dan parameter operasi yang mempengaruhinya*. 13.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.1134283>

- Hatiningsih, F. 2020. *Pemanfaatan limbah cangkang telur ayam sebagai adsorben zat warna kuning drill proses wantek*.
- Indariani, F., Wulandari, F. T., S.Hut., M., Rini, D. S., & S.Hut., M. S. n.d. Karakteristik Arang Aktif Tongkol Jagung (*Zea mays* Linn) Dengan Penambahan Asam Fosfat (H_3PO_4) Pada Beberapa Variasi Suhu Aktivasi. *Synthesis*, 1–14. http://eprints.unram.ac.id/8062/1/jurnal_Firda.pdf
- Jannah, S. N. 2019. Sintesis dan Karakterisasi TiO_2 /Karbon Aktif Menggunakan Metode Sol-Gel. *Skripsi, Uin Maulana Malik Ibrahim*.
- Kusuma, A. A., Lathifaturrohmah, B., & Lestari¹, E. E. D. 2020. Pengaruh Penambahan Arang Aktif Limbah Tongkol Jagung Untuk Mengurangi Kadar Kesadahan Total. *Walisongo Journal of Chemistry*, 3(1), 31–36.
- Licciull, A., & Lisi, D. 2002. Self-cleaning glass. In *Universita Degli Studi Di Lecce*.
- Maghfiroh, L. 2016. Studi Adsorpsi Remazol Yellow Fg Adsorption Using Nata De Coco. *Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Maghfiroh, L., Ulfin, I., & Juwono, H. 2016. Pengaruh pH terhadap Penurunan Zat Warna Remazol Yellow FG oleh Adsorben Selulosa Bakterial Nata De Coco. *Junal Sains Dan Seni ITS*, 5(2), 126–129.

- Martins, A. C., Cazetta, A. L., Pezoti, O., Souza, J. R. B., Zhang, T., Pilau, E. J., Asefa, T., & Almeida, V. C. 2017. Sol-gel synthesis of new TiO₂/activated carbon photocatalyst and its application for degradation of tetracycline. *Ceramics International*, 43(5), 4411–4418. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.12.088>
- Meilianti, M. 2020. Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tongkol Jagung Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Natrium Karbonat (Na₂CO₃). *Jurnal Distilasi*, 5(1), 14. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i1.3025>
- Phromma, S., Wutikhun, T., Kasamechonchung, P., Eksangsri, T., & Sapcharoenkun, C. 2020. Effect of calcination temperature on photocatalytic activity of synthesized TiO₂ nanoparticles via wet ball milling sol-gel method. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/app10030993>
- Poluakan, M., Wuntu, A., & Sangi, M. S. 2015. Aktivitas Fotokatalitik TiO₂ – Karbon Aktif dan TiO₂ – Zeolit pada Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow. *Jurnal MIPA*, 4(2), 137. <https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9038>
- Prabowo, A. liberty. 2009. Pembuatan Karbon Aktif Dari Tongkol Serta Aplikasinya Untuk Adsorpsi Cu, Pb dan Amonia. *Skripsi*, 20249741.
- Qodri, A. A. 2011. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG

- dengan Fotokatalis Komposit TiO₂/SiO₂. *Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Februari*, 1–58.
- Rachmawati, Kusumaningtyas Novita, Badryah, L., & Pujiono, Fery Eko. 2018. Synthesis of Activated Carbon From Corncoobs Activated HCl. *Prosiding Seminar Nasional Sains, Teknologi Dan Analisis*, 1, 107–110.
- Raganata, T. C., Aritonang, H., & Suryanto, E. 2020. Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO Untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chemistry Progress*, 12(2), 54–58. <https://doi.org/10.35799/cp.12.2.2019.27923>
- Rahayu, A., Juliantri, L., Amalia, Y., Engineering, C., Dahlan, U. A., Selatan, J. R., & Yogyakarta, D. I. 2022. *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*. 28(3), 126–132.
- Rahmawati, A., & Kusumawati, D. H. 2020. Review: Komposit TiO₂/rGO Sebagai Fotokatalis untuk Mendegradasi Zat warna. *Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 09(7), 78–84.
- Riyani, K., & Setyaningtyas, T. 2011. Pengaruh Karbon Aktif Terhadap Aktivitas Fotodegradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Fotokatalis TiO₂. *Molekul*, 6, 113–122.
- Rohmah, N. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Fotokatalisis Ni-

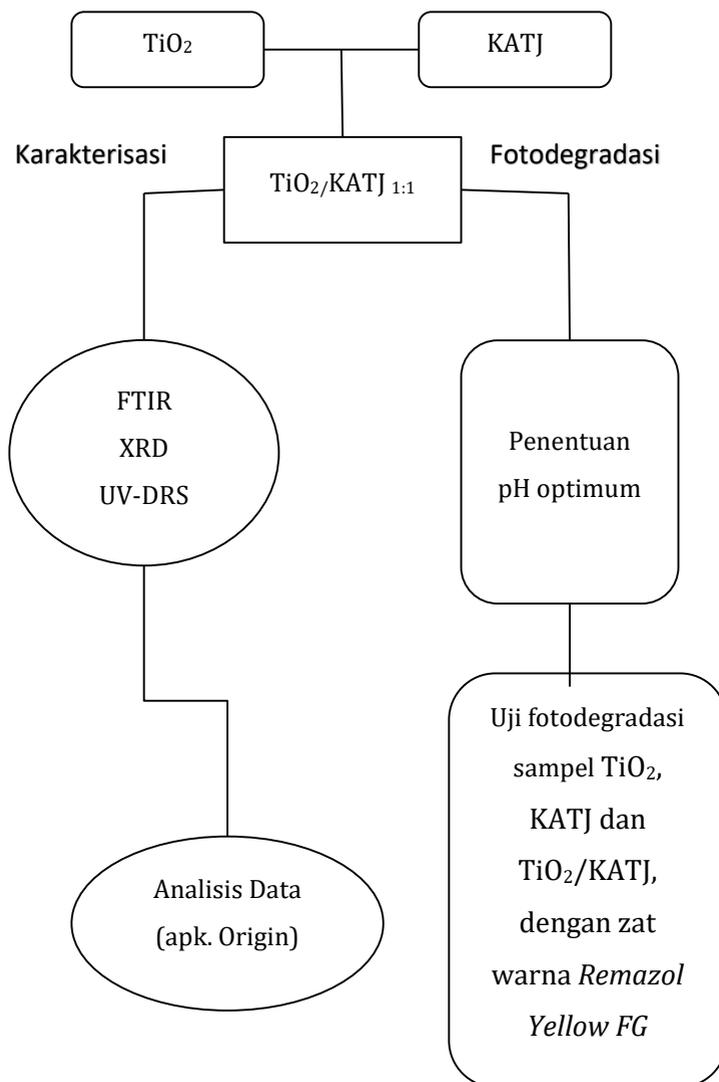
- N-TiO₂ Menggunakan Metode Sol Gel Untuk Degradasi Metilen Biru. *Skripsi, Universitas Negeri Semarang*.
- Rohman, A. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO₂) Anatas Terdoping Vanadium (Iii) Dengan Metode Reaksi Padatan-Sonikasi. *Skripsi, Uneversitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*.
- Romandani, I. 2015. Adsorpsi zat warna remazol yellow fg menggunakan kitosan-bentonit dan kajian kinetika adsorpsinya ilma romandani. *Skripsi, Institut Pertanian Bogor*.
- Safaat, M. 2020. Potensi Logam Oksida Sebagai Fotokatalis Degradasi Plastik Di Air Laut. *Oseno*, 45(1), 40–58.
- Septiani, U., Gustiana, M., & Safni. 2015. Pembuatan Dan Karakterisasi Katalis TiO₂/Karbon Aktif Dengan Metode Solid State. *Jurnal Riset Kimia*, 9(1), 34. <https://doi.org/10.25077/jrk.v9i1.257>
- Shofa, A. 2021. Green Synthesis SnO₂ NPs Dengan Ekstrak Daun Ketapang (Terminalia Catappa) Sebagai Bioreduktor Untuk Aplikasi Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Skripsi, Universitas Islam Negeri Walisongo*.
- Siah, W. R., Lintang, H. O., Shamsuddin, M., & Yuliati, L. 2016. High photocatalytic activity of mixed anatase-rutile phases on commercial TiO₂ nanoparticles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 107(1).

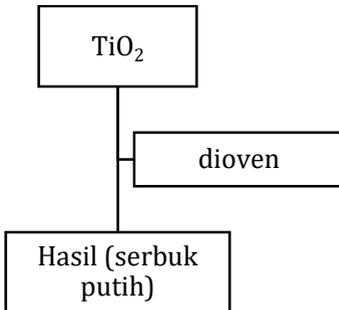
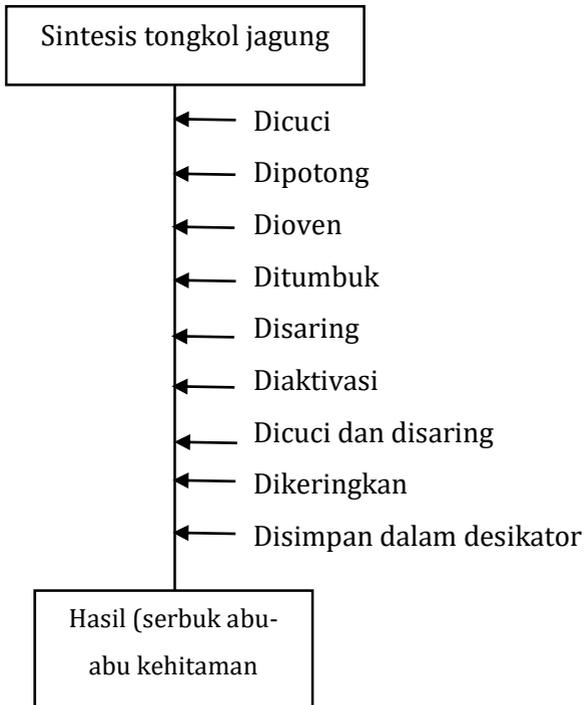
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/107/1/012005>

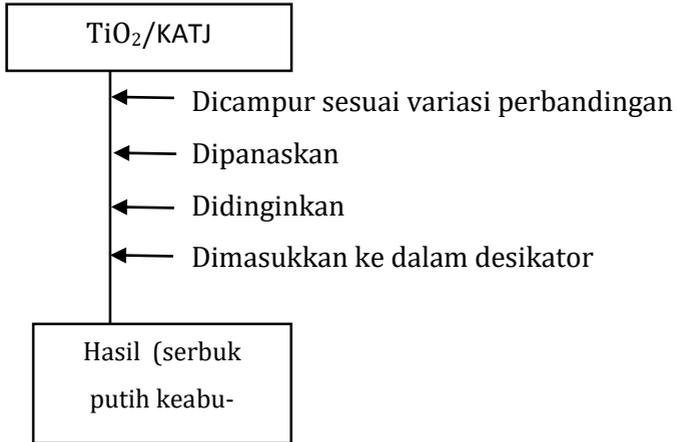
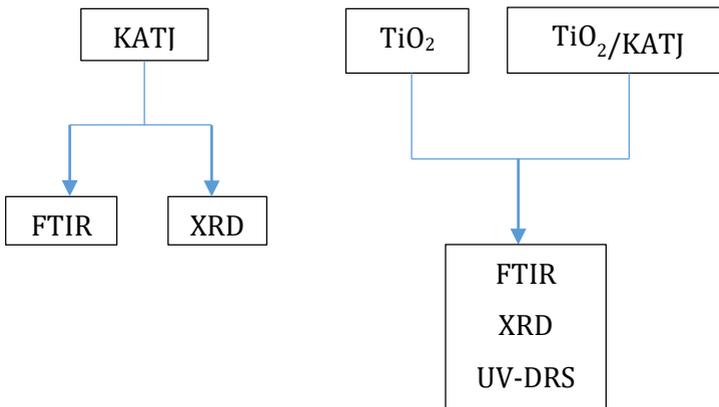
- Sukmawati, P., & Utami, B. 2014. Adsorpsi Zat Pewarna Tekstil Malachite Green Menggunakan Adsorben Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*) Teraktivasi HNO₃. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPF)*, 5, 19–25.
- Sumarsih, atik sri. 2010. Efektivitas Katalis Semikonduktor TiO₂ dengan Pengembang Oksida Ba(OH)₂·8H₂O Pada Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG. *Skripsi, Universitas Sebelas Maret*.
- Surbakti, C. I. 2018. Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung (*Zea Mays*) Sebagai Adsorben Larutan Asam dan Logam Berat pada Limbah Industri. *Thesis, Universitas Sumatera Utara*.
- Tussa'adah, R., & Astuti. 2015b. Sintesis Material Fotokatalis TiO₂ Untuk Penjernihan Limbah Tekstil. *Jurnal Fisika Unand*, 4(1), 91–96.
- Wahyudi, A. A. 2021. Karakterisasi Komposit TiO₂ Karbon Aktif Tandan Pisang Menggunakan FTIR dan SEM-EDX. *Skripsi, Universitas Islam Indonesia*.
- Wismayanti, D. A., Diantariani, N. P., & Santi, S. R. 2015. Pembuatan Komposit ZnO-Arang Aktif Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia*, 9(1), 109–116.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian

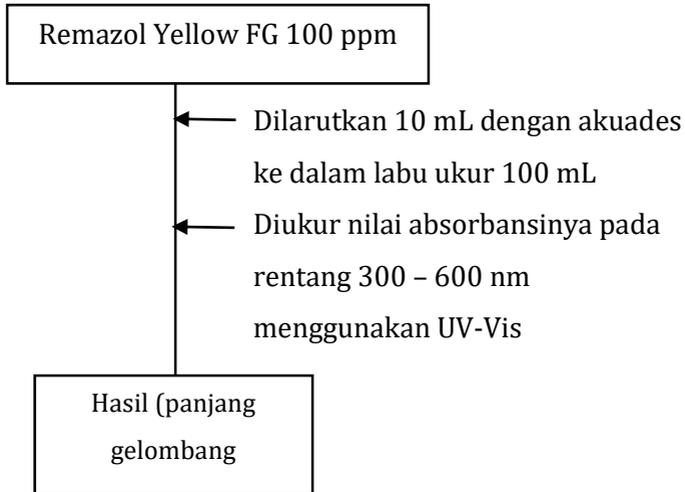


Lampiran 2. Preparasi TiO₂**Lampiran 3.** Sintesis KATJ

Lampiran 4. Sintesis TiO_2/KATJ **Lampiran 5.** Karakterisasi TiO_2/KATJ 

Lampiran 6. Uji aktivitas fotodegradasi

- a. Preparasi dan Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum *Remazol Yellow FG*

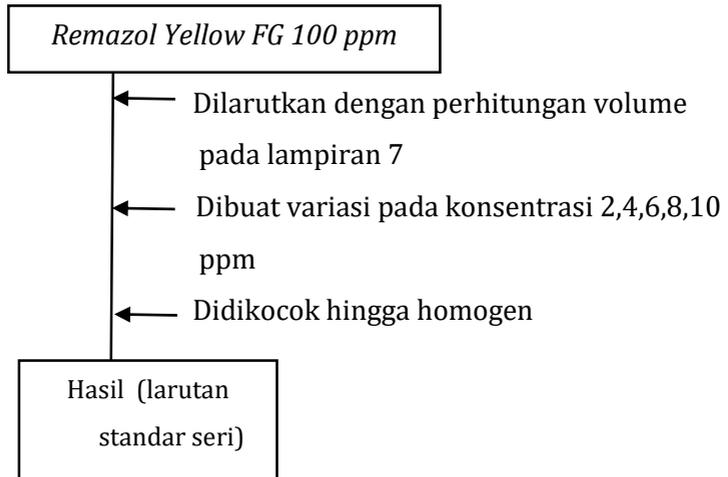


- b. Preparasi larutan induk dan pembuatan kurva standar *Remazol Yellow FG*

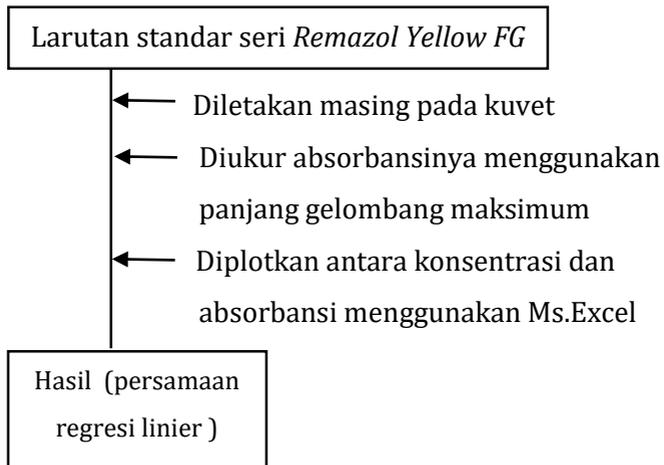
1. Larutan induk *Remazol Yellow FG* 100 ppm

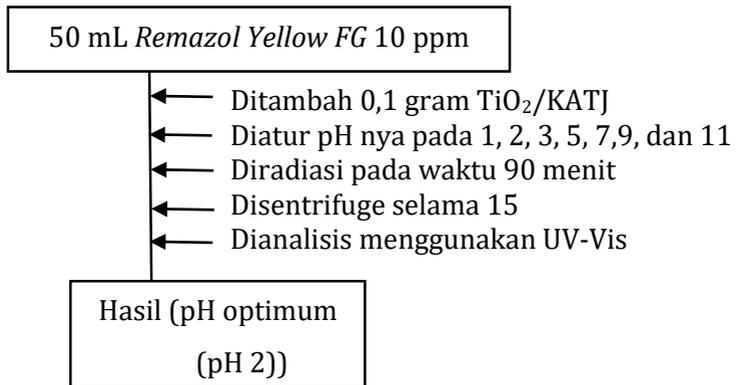
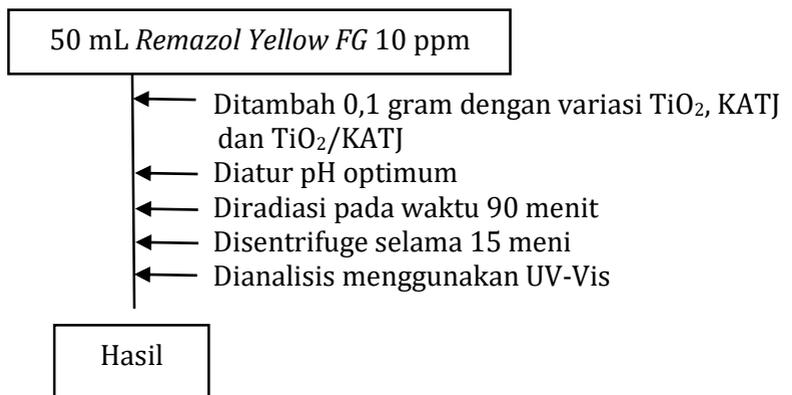


2. Pembuatan Larutan Standar Seri



3. Kurva standar



c. Proses Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG* Variasi pHd. Proses Degradasi Zat Warna *Remazol Yellow FG* Variasi komposit TiO_2/KATJ 

Lampiran 7. Perhitungan larutan *Remazol Yellow FG* dengan variasi konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, dan 10 ppm.

1. Pembuatan larutan *Remazol Yellow FG*

a. Pembuatan larutan induk 100 ppm

Pembuatan larutan induk *Remazol Yellow FG* 100 ppm dilakukan dengan cara melarutkan bubuk *Remazol Yellow FG* sebanyak 0,05 gram dengan akuades, kemudian diencerkan sampai 500 mL menggunakan labu ukur 500 mL. penambahan bubuk *Remazol Yellow FG* sebanyak 0,05 gram berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L}$$

100 ppm = 100 mg/L, artinya 100 mg (atau 1 gram) *Remazol Yellow FG* dalam 1 L (atau 1000 mL) akuades.

$$100 \text{ PPM} = \frac{100 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{50 \text{ mg}}{500 \text{ mL}} = \frac{0,05 \text{ gr}}{500 \text{ mL}}$$

b. Pembuatan larutan standar seri *Remazol Yellow FG* dengan variasi konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, dan 10 ppm.

Larutan *Remazol Yellow FG* dibuat dengan variasi konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, dan 10 ppm menggunakan labu ukur 100 mL. maka digunakan rumus pengenceran, sebagai berikut:

- Konsentrasi *Remazol*
Yellow FG 2 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 = 100 \times 2$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

- Konsentrasi *Remazol*
Yellow FG 4 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 = 100 \times 4$$

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

- Konsentrasi *Remazol*
Yellow FG 6 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 = 100 \times 6$$

$$V_1 = 6 \text{ mL}$$

- Konsentrasi *Remazol*
Yellow FG 8 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 = 100 \times 8$$

$$V_1 = 8 \text{ mL}$$

- Konsentrasi *Remazol*
Yellow FG 10ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 = 100 \times 10$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

Lampiran 8. Hasil uji fotodegradasi *Remazol Yellow FG*

Sampel	Absorbansi			Rata-Rata Absorbansi	% Hasil Fotodegradasi
TiO₂	0,011	0,01	0,01	0,010333333	84,49664
KATJ	0,077	0,076	0,076	0,076333333	62,34899
TiO₂/KATJ	0,04	0,04	0,04	0,04	74,59732

Lampiran 9. Dokumentasi Sintesis Fotokatalis

Aktivitas	Komponen	Gambar
Sintesis TiO ₂	TiO ₂	
Sintesis KATJ	KATJ	
Sintesis Komposit	TiO ₂	

Lampiran 10. Dokumentasi Fotodegradasi *Remazol Yellow FG*

Sampel	<i>Remazol Yellow FG</i> 10 ppm sebelum fotodegradasi	<i>Remazol Yellow FG</i> 10 ppm setelah fotodegradasi
TiO_2		
KATJ		
TiO_2/KATJ		

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama : Farida Nur Fauzyah
Tempat & Tgl Lahir : Bantul, 24 Oktober 2000
Alamat Rumah : Jl.Citarum XIV A.16, Kab. Bekasi
Hp : 0895-3146-2473
Email : Fauzyahnurfarida@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal

- a. SDIT Hidayatunnajah lulus 2012
- b. SMP N 3 Cikarang Utara lulus 2015
- c. SMA N 3 Cikarang Utara lulus 2018

2. Pendidikan Non-Formal

- a. Ma'had Al-Jami'ah Walisongo lulus 2019

Semarang, 23 Juni 2023



Farida Nur Fauzyah

NIM. 1808036002