

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI TiO₂/NANOSELULOSA
DARI PELEPAH POHON SALAK UNTUK FOTODEGRADASI
ZAT WARNA REMAZOL BRILLIANT BLUE R**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1**



Oleh:

Marlinda Tri Hapsari

20106030021

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2535/Un.02/DST/PP.00.9/12/2025

Tugas Akhir dengan judul : SINTESIS DAN KARAKTERISASI TiO_2 /NANOSELULOSA DARI PELEPAH POHON SALAK UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA REMAZOL BRILLIANT BLUE R

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MARLINDA TRI HAPSARI
Nomor Induk Mahasiswa : 20106030021
Telah diujikan pada : Rabu, 17 Desember 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc
SIGNED

Valid ID: 694904e82c3fd



Penguji I

Endaruji Sedyadi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6948ec2d4c43a



Penguji II

Sudarlin, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 694a1cb8c46c1



Yogyakarta, 17 Desember 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 694a40b7bc723

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Marlinda Tri Hapsari

NIM : 20106030021

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi TiO_2 /Nanoselulosa dari Pelepah Pohon Salak untuk Fotodegradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 15 November 2025

Pembimbing



Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.

NIP. 19811111 201101 1 007

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Marlinda Tri Hapsari
NIM : 20106030021
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi TiO₂/Nanoselulosa dari Pelepah Pohon Salak untuk Fotodegradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 15 November 2025


METERAL
TEMPEL
836BDAMX449949640
Marlinda Tri Hapsari
20106030021

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Jangan menjadi orang yang hanya memikirkan diri sendiri, pastikan kamu juga memikirkan orang yang ada di sekitarmu. Ketika kamu tidak melakukan itu, kamu menjadi sangat egois.”
(Bang Chan of Stray Kids)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”
(Q.S. Al Insyirah: 5-6)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis mempersembahkan skripsi ini untuk diri penulis sendiri, Bapak, Ibu, dan kakak-kakak penulis yang sudah memberi semangat, dukungan, dan mendoakan penulis. Selain itu, untuk Stray Kids yang telah menemani penulis selama penelitian hingga penulisan skripsi melalui lagu-lagunya yang menyenangkan, menenangkan, dan menghibur penulis.

Serta untuk almamater tercinta,
Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan Judul “Sintesis dan Karakterisasi TiO_2 /Nanoselulosa dari Pelelepah Pohon Salak untuk Fotodegradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R”.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing, memberi semangat, dan mendoakan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Bapak Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing dalam penulisan tugas akhir.
4. Bapak dan Ibu Dosen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
5. Seluruh PLP Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, terutama Bapak A. Wijayanto, S.Si., yang telah membantu, memberi arahan, saran, dan semangat sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar.
6. Seluruh Staff/Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penulisan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
7. Keluarga tercinta, Bapak, Ibu, dan kakak-kakak penulis, serta om, tante, pakdhe, budhe penulis yang telah mendoakan, memeberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
8. Greef Rose Rifda, teman penelitian yang telah bekerja sama selama penelitian, serta memberi semangat, dukungan, dan bantuan selama penelitian.
9. Teman-teman dibangku perkuliahan dan sahabat penulis yang telah membantu dan memberi semangat selama penelitian dan penyelesaian tugas akhir.
10. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungannya dalam penyelesaian tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Namun, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, almamater, pembaca, dan untuk perkembangan ilmu pengetahuan dimasa depan, terutama dibidang kimia.

Yogyakarta, 22 Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	84
A. Tinjauan Pustaka.....	84
B. Landasan teori.....	88
C. Hipotesis Penelitian.....	114
BAB III METODE PENELITIAN.....	117
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	117
B. Alat Penelitian.....	117
C. Bahan Penelitian	117
D. Cara Kerja Penelitian	118
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	121
A. Hasil Karakterisasi Fotokatalis	121
B. Uji Aktivitas Fotokatalis TiO ₂ /Nanoselulosa.....	130
BAB V PENUTUP.....	61
A. Kesimpulan	61
B. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	69
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Struktur kristal TiO ₂ (a) anatase, (b) rutil, (c) brookit (Scarpelli, dkk, 2018)	89
Gambar II.2. Struktur Nanoselulosa.....	91
Gambar II.3. Mekanisme Reaksi Delignifikasi dengan NaOH (Batu dkk, 2024).....	94
Gambar II.4. Mekanisme Reaksi Proses Delignifikasi menggunakan Na ₂ SO ₃ (Mashuni dkk, 2021)	95
Gambar II.5. Mekanisme Reaksi Penguraian Lignin dengan H ₂ O ₂ (Jayanudin, 2009)	97
Gambar II.6. Mekanisme Reaksi Hidrolisis Asam pada Selulosa (Harianja dkk, 2015).....	99
Gambar II.7. Mekanisme Produksi Nanoselulosa dengan Ultrasonikasi (Effendi dkk, 2015)	100
Gambar II.8. Ilustrasi Interaksi antara Gugus Hidroksil Nanoselulosa dengan TiO ₂	102
Gambar II.9. Struktur Remazol Brilliant Blue R	103
Gambar II.10. Mekanisme Degradasi Remazol Brilliant Blue R (Purnawan dkk, 2021)	104
Gambar II.11. Mekanisme Reaksi Fotokatalitik Semikonduktor TiO ₂ dalam Mendegradasi Polutan dengan Iradiasi Foton (Maridevaru dkk, 2022).....	105
Gambar II.12. Ilustrasi Difraksi Sinar X (Hakim dkk, 2019)	106
Gambar IV.1. Spektrum FTIR TiO ₂ (Chougala dkk, 2017).....	122
Gambar IV.2. Spektrum FTIR (a) Nanoselulosa dan (b) TiO ₂ /Nanoselulosa.....	122
Gambar IV.3. Difraktogram XRD (a) JCPDS TiO ₂ Anatase, (b) JCPDS Nanoselulosa, dan (c) TiO ₂ /Nanoselulosa	126
Gambar IV.4. Energi Celah Pita TiO ₂ /Nanoselulosa	129
Gambar IV.5. Energi Celah Pita TiO ₂ (Nabi dkk, 2021)	129
Gambar IV.6. Panjang Gelombang Maksimum Remazol Brilliant Blue R	131
Gambar IV.7. Kurva Standar Larutan Standar Remazol Brilliant Blue R	132
Gambar IV.8. Penurunan Konsentrasi Remazol Brilliant Blue R pada Pengaruh Kondisi Reaksi	133
Gambar IV.9. Kurva Kinetika Fotodegradasi Remazol Brilliant Blue R Orde Satu dan Orde Dua.....	135
Gambar IV.10. Persentase Degradasi Remazol Brilliant Blue R Pengaruh Massa Katalis	136
Gambar IV.11. Kurva Kinetika Reaksi Orde Dua Remazol Brilliant Blue R Pengaruh Massa Katalis	137

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Sintesis TiO ₂ /Nanoselulosa.....	69
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi.....	71
Lampiran 3. Uji Aktivitas Fotokatalis.....	73
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	79



INTISARI

Sintesis dan Karakterisasi TiO₂/Nanoselulosa dari Pelepah Pohon Salak untuk Fotodegradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R

Oleh:

Marlinda Tri Hapsari
NIM. 20106030021

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.
NIP. 19811111 201101 1 007

TiO₂/Nanoselulosa disintesis sebagai fotokatalis untuk fotodegradasi zat warna Remazol Brilliant Blue R. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode sol-gel terhadap energi band gap, ukuran dan fasa kristal, serta struktur dari TiO₂/Nanoselulosa. Menganalisis aktivitas fotokatalitik TiO₂/Nanoselulosa pada pengaruh kondisi reaksi dan massa katalis terhadap fotodegradasi Remazol Brilliant Blue R berdasarkan kinetika reaksi untuk menentukan orde reaksi dan laju reaksi.

Sintesis TiO₂/Nanoselulosa dilakukan dengan nanoselulosa yang berasal dari pelepah pohon salak dan prekursor titanium butoksida (Ti(OBut)₄) menggunakan metode sol-gel. Sintesis dilakukan pada suhu ruang dengan pengadukan 24 jam, lalu didiamkan selama 5 hari. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan UV-Vis DRS. Uji aktivitas katalis dilakukan dengan pengaruh kondisi reaksi, yaitu dengan paparan sinar UV dan tanpa paparan sinar UV, serta pengaruh massa katalis 10, 30, dan 50 mg dan dianalisis dengan Spektrofotometer UV-Vis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis FTIR TiO₂/nanoselulosa terdapat serapan khas nanoselulosa pada gugus fungsi O-H *stretching* pada serapan 3402 cm⁻¹, C-H *stretching* pada serapan 2932 cm⁻¹, C-O *stretching* pada serapan 1057 cm⁻¹, gugus O-H *bending* pada serapan 1628 cm⁻¹, serta gugus Ti-O pada serapan 733 cm⁻¹. Analisis XRD diperoleh puncak-puncak pada sudut yang sesuai dengan data JCPDS No. 21-1272 yaitu fase anatase TiO₂ dengan ukuran kristal 3,39-9,18 nm dan kristalinitas 47,39%. Analisis UV-Vis DRS diperoleh energi band gap sebesar 3,15 eV. Aktivitas fotokatalitik TiO₂/Nanoselulosa pada pengaruh kondisi reaksi menunjukkan bahwa reaksi fotodegradasi Remazol Brilliant Blue R mengikuti orde dua dengan R² = 0,9607. Pada pengaruh massa katalis menunjukkan bahwa laju reaksi meningkat seiring bertambahnya massa katalis.

Kata kunci: Fotokatalis, Remazol Brilliant Blue R, Sol-Gel, TiO₂/Nanoselulosa

ABSTRACT

Synthesis and Characterization of TiO₂/Nanocellulose from Salak Tree Leaf for Photodegradation of Remazol Brilliant Blue R Dye

By:

Marlinda Tri Hapsari
NIM. 20106030021

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.
NIP. 19811111 201101 1 007

TiO₂/Nanocellulose was synthesized as a photocatalyst for the photodegradation of Remazol Brilliant Blue R dye. This study aimed to determine the effect of the sol-gel method on the band gap energy, crystal size and phase, and structure of TiO₂/Nanocellulose. The photocatalytic activity of TiO₂/Nanocellulose was analyzed based on the effect of reaction conditions and catalyst mass on the photodegradation of Remazol Brilliant Blue R was analyzed based on reaction kinetics to determine the reaction order and reaction rate.

TiO₂/Nanocellulose was synthesized using nanocellulose derived from snake fruit fronds and titanium butoxide (Ti(OBut)₄) precursor using the sol-gel method. The synthesis was carried out at room temperature with stirring for 24 hours, then allowed to stand for 5 days. The synthesis results were characterized using FTIR, XRD, and UV-Vis DRS. Catalyst activity tests were conducted under the effect of reaction conditions, with and without UV exposure, and with catalyst masses of 10, 30, and 50 mg, analyzed using a UV-Vis Spectrophotometer.

The results showed that the FTIR analysis of TiO₂/nanocellulose showed O-H stretching functional groups at 3402 cm⁻¹, C-H stretching at 2932 cm⁻¹, C-O stretching at 1057 cm⁻¹, O-H bending groups at 1628 cm⁻¹, and Ti-O groups at 733 cm⁻¹. XRD analysis obtained peaks at angles consistent with JCPDS data No. 21-1272, namely the anatase phase of TiO₂ with a crystal size of 3.56-11.87 nm and a crystallinity of 47.39%. UV-Vis DRS analysis obtained a band gap energy of 3.15 eV. The photocatalytic activity of TiO₂/Nanocellulose under reaction conditions shows that the photodegradation reaction of Remazol Brilliant Blue R follows second order pattern with R² = 0.9607. The effect of catalyst mass shows that the reaction rate increases with increasing catalyst mass.

Keywords: Photocatalyst, Remazol Brilliant Blue R, Sol-Gel, TiO₂/Nanocellulose

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri tekstil merupakan salah satu manufaktur yang berkembang pesat di Indonesia. Namun, disamping perkembangannya yang masif, industri tekstil memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan perairan akibat limbah yang dihasilkan (Arifatunnisa, dkk., 2022). Pada proses produksinya, industri tekstil tentunya tidak luput dari penggunaan zat warna. Mayoritas zat warna yang digunakan merupakan zat warna sintesis. Zat warna sintesis dinilai lebih stabil, warna lebih kuat, tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan, dan tidak mudah pudar (Riskiani, Suprihatin, & Sibarani, 2019).

Remazol Brilliant Blue R merupakan salah satu jenis zat warna sintesis yang memberikan warna biru cerah. Zat warna ini sering digunakan pada industri tekstil karena memberikan warna cerah dan tidak mudah luntur karena memiliki gugus kromofor dan auksokrom (Riskiani, dkk., 2019). Namun, Remazol Brilliant Blue R merupakan zat warna yang stabil dan tahan terhadap oksidasi kimia sehingga tidak mudah terdegradasi, serta bersifat karsinogenik. Apabila zat warna tersebut tercemar ke lingkungan, dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan pencemaran air yang mengakibatkan gangguan pada biota air (Wahyuningsih, dkk., 2018). Oleh karena itu, limbah cair yang berasal dari zat warna tekstil harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu upaya pengolahan limbah cair yaitu dengan menggunakan fotokatalis yang memanfaatkan material semikonduktor sebagai agen pendegradasi polutan

organik menjadi senyawa yang lebih sederhana (Wulandari, Astuti, & Muldarisnur, 2018)

Fotokatalis merupakan reaksi kimia yang berjalan dengan bantuan katalis, dimana katalis akan aktif saat dikenai sinar/cahaya (Tussa'adah & Astuti, 2015). Salah satu material yang sering digunakan sebagai fotokatalis dalam pengolahan limbah cair adalah titanium dioksida (TiO_2). Semikonduktor TiO_2 banyak diminati sebagai fotokatalis karena ramah lingkungan, biaya rendah, stabilitas kimia, dan memiliki aktivitas fotokatalitik yang unggul seperti oksidasi yang kuat terhadap berbagai polutan organik (Toro dkk, 2022) (Pimsawat dkk, 2024). TiO_2 mempunyai 3 jenis fasa kristal yaitu anatase, rutil, dan brookit. Diantara ketiga fasa kristal TiO_2 , anatase memiliki luas permukaan yang besar dan aktivitas fotokatalitik yang lebih baik dari segi kereaktifan (Hikmah, Aritonang, & Wahyuni, 2023) (Listanti, dkk., 2018). Namun, aktivitas fotokatalitik TiO_2 kurang maksimal jika digunakan dalam keadaan murni karena terjadi aglomerasi dimana suatu partikel menggumpal sehingga menyebabkan penurunan efisiensi fotokatalitik. Oleh sebab itu diperlukan material pengemban pada TiO_2 untuk mencegah terjadinya penggumpalan (Toro, dkk., 2022).

Berbagai material biomassa seperti selulosa dapat digunakan sebagai pengemban untuk TiO_2 . Selulosa banyak diminati karena sumber melimpah, kompatibel, luas permukaan yang tinggi, ramah lingkungan, dan sangat stabil karena mempunyai banyak gugus hidroksil (Ratnawati dkk., 2023) (Pimsawat dkk., 2024). Adanya gugus hidroksil pada permukaan selulosa memberikan tempat yang baik untuk menahan TiO_2 dengan stabil, sehingga dapat

meningkatkan efektivitas dispersi nanopartikel katalis (Toro dkk, 2022). Sumber selulosa salah satunya dapat berasal dari limbah pelepah salak. Pelepah pohon salak memiliki kandungan serat berupa Selulosa 31,7%, hemiselulosa 33,9%, lignin 17,4%, dan silika 0,6%. Limbah pelepah salak sebagian dimanfaatkan petani sebagai bahan organik untuk tanaman salak dan sebagian kecil di buat kerajinan, tetapi sebagian lainnya di buang begitu saja atau dibakar (Triyastiti & Krisdiyanto, 2018). Oleh karena itu, penggunaan selulosa yang berasal dari pelepah pohon salak dapat membantu mengurangi limbah salak

Penelitian mengenai sintesis TiO_2 yang diimbangkan dengan Nanoselulosa untuk fotodegradasi zat warna telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu yaitu Liu dkk (2021) berhasil mendegradasi methyl orange dengan persentase degradasi sebesar 99,72% dalam waktu 30 menit dengan nanoselulosa yang berasal dari nanofiber selulosa. Selain itu, Toro dkk (2022) berhasil mendegradasi zat warna methyl orange menggunakan TiO_2 /Nanoselulosa dengan hasil degradasi hampir 99% dalam waktu 180 menit penyinaran UV dengan nanoselulosa yang berasal dari limbah ampas tebu. Menurut Ratnawati dkk (2023), aplikasi TiO_2 yang diimbangkan dengan nanoselulosa dapat meningkatkan stabilitas dan sifat fotokatalitik TiO_2 . Selain itu, dihasilkan material unggul yang dapat mendegradasi polutan.

Berdasarkan uraian masalah di atas, maka perlu dilakukan penelitian terkait sintesis fotokatalis TiO_2 yang diimbangkan pada nanoselulosa yang berasal dari pelepah pohon salak menggunakan metode sol-gel untuk fotodegradasi zat warna Remazol Brilliant Blue R. Penelitian ini perlu dilakukan karena

memberikan solusi untuk mengatasi pencemaran lingkungan perairan salah satunya akibat polutan zat warna yang berasal dari industri tekstil dan industri lainnya. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan limbah biomassa lokal berupa pelepah pohon salak melalui sintesis fotokatalis TiO_2 /nanoselulosa menggunakan metode sol-gel yang ramah lingkungan untuk meningkatkan efisiensi fotodegradasi zat warna, serta memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material fotokatalis yang berkelanjutan.

B. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang terlalu melebar dan tidak terfokus, maka pada penelitian ini ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Prekursor yang digunakan untuk sintesis TiO_2 adalah Titanium Butoksida ($\text{Ti}(\text{OBut})_4$).
2. Pengemban yang digunakan untuk sintesis nanoselulosa berasal dari pelepah pohon salak, serta menggunakan metode hidrolisis asam dan ultrasonikasi.
3. Metode yang digunakan untuk sintesis TiO_2 /Nanoselulosa adalah metode sol-gel.
4. Teknik karakterisasi yang digunakan adalah *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)*, dan Spektrofotometer UV-Vis.
5. Uji aktivitas fotokatalis TiO_2 /Nanoselulosa menggunakan parameter kondisi reaksi dan massa katalis untuk fotodegradasi zat warna Remazol Brilliant Blue R.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sintesis dan karakteristik TiO₂/Nanoselulosa dari pelepah pohon salak menggunakan instrumen FTIR, XRD, dan UV-Vis DRS berdasarkan parameter struktur kristal, ukuran kristal, kristalinitas, gugus fungsi, dan energi celah pita/*band gap*?
2. Bagaimana aktivitas fotokatalitik TiO₂/Nanoselulosa berdasarkan kondisi reaksi (dengan/tanpa lampu UV) dan variasi massa katalis untuk degradasi zat warna Remazol Brilliant Blue R menggunakan parameter orde reaksi dan laju reaksi?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka dapat ditentukan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mensintesis dan mengkarakterisasi TiO₂/Nanoselulosa dari pelepah pohon salak menggunakan instrumen FTIR, XRD, dan UV-Vis DRS berdasarkan parameter struktur kristal, ukuran kristal, kristalinitas, gugus fungsi, dan energi celah pita/*band gap*.
2. Menganalisis aktivitas fotokatalitik TiO₂/Nanoselulosa berdasarkan kondisi reaksi (dengan/tanpa lampu UV) dan variasi massa katalis untuk degradasi zat warna Remazol Brilliant Blue R menggunakan parameter orde reaksi dan laju reaksi.

E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, maka dapat ditentukan manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang cara sintesis dan karakterisasi TiO₂/Nanoselulosa dari pelepah pohon salak menggunakan instrumen FTIR, XRD, dan UV-Vis DRS berdasarkan parameter struktur kristal, ukuran kristal, kristalinitas, gugus fungsi, dan energi celah pita/*band gap*.
2. Memberikan informasi tentang aktivitas fotokatalitik TiO₂/Nanoselulosa berdasarkan kondisi reaksi (dengan/tanpa lampu UV) dan variasi massa katalis untuk degradasi zat warna Remazol Brilliant Blue R menggunakan parameter orde reaksi dan laju reaksi.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian sintesis TiO₂/Nanoselulosa dari pelepah pohon salak untuk fotodegradasi zat warna Remazol Brilliant Blue R dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. TiO₂/Nanoselulosa dengan nanoselulosa yang berasal dari pelepah pohon salak dan prekursor titanium butoksida (Ti(OBut)₄) yang disintesis menggunakan metode sol-gel, menunjukkan hasil karakterisasi FTIR TiO₂/nanoselulosa teridentifikasi gugus fungsi khas nanoselulosa yaitu gugus O-H *stretching* pada serapan 3402 cm⁻¹, C-H *stretching* pada 2932 cm⁻¹, C-O *stretching* pada 1057 cm⁻¹, O-H *bending* pada 1628 cm⁻¹, serta gugus Ti-O pada serapan 733 cm⁻¹. Karakterisasi XRD diperoleh puncak-puncak pada sudut 2θ = 25.21°, 37.81°, 47.94°, 53.68° yang sesuai dengan data JCPDS No. 21-1272 yaitu fase anatase TiO₂ dengan ukuran kristal 3,39-9,18 nm dan kristalinitas 47,39%. Karakterisasi UV-Vis DRS diperoleh energi celah pita (*bandgap*) sebesar 3,15 eV.
2. Aktivitas fotokatalitik TiO₂/Nanoselulosa pada pengaruh kondisi reaksi menunjukkan bahwa reaksi fotodegradasi Remazol Brilliant Blue R mengikuti orde dua dengan R² = 0,9607, sedangkan laju reaksi pada pengaruh massa katalis menunjukkan bahwa semakin banyak katalis yang digunakan semakin meningkat konstanta laju reaksinya.

B. Saran

1. Perlu dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengamati morfologi kristal yang dan mengetahui secara spesifik ukuran kristal dari hasil sintesis.
2. Perlu dilakukan analisis GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) untuk mengetahui senyawa dari zat warna Remazol Brilliant Blue R sudah benar-benar terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana.



DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, Q., & Maharani, D. K. (2020). Sintesis dan Karakterisasi TiO₂ untuk Aplikasi Sifat Hidrofobik pada Kaca. *UNESA Journal of Chemistry*, 9(1), 91-96.
- Al-Amin, K., Kawsar, M., Mamun, M. T., & Sahadat, M. (2025). Fourier transform infrared spectroscopic technique for analysis of inorganic materials: a review. *Nanoscale Advances*, 7, 6677–6702.
- Amanda, E. R., Raharjo, Y., Khasanah, M., & Abdoellah. (2019). Aktivitas Material Komposit Berbasis Karbon Aktif dan Titanium Oksida (TiO₂) terhadap Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Tekstil. *BRILIANT: Jurnal Riset dan Konseptual*, 4(1), 16-21.
- Amirudin, S., Tamrin, & Rejeki, S. (2024). Metode Sintesis Nanoselulosa: Kajian Pustaka. *RJP Jurnal Riset Pangan*, 2(1), 89-96.
- Arifatunnisa, N. R., Nursetyowati, P., & Marganingrum, D. (2022). Studi Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Adsorben Zat Warna pada Industri Tekstil (Studi Kasus PT. TCI Kabupaten Bandung). *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(01), 35-46.
- Atmadani, A. A., & Hidayah, E. N. (2022). Kinetika Reaksi Resin Immobilized Photocatalyst Technology (RIPT) TiO₂ Sebagai Bahan Alternatif Pengolahan Limbah Cair Tahu. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(5), 584-594.
- Badry, R., Sabry, N. M., & Ibrahim, M. A. (2024). Enhancing the structural and optoelectronic properties of carboxymethyl cellulose sodium filled with ZnO/GO and CuO/GO nanocomposites for antimicrobial packaging applications. *Scientific Reports*, 14(30591), 1-27.
- Batu, M. S., Kolo, M. M., & Rika, F. (2024). Sintesis Selulosa Asetat Dari Limbah Sabut Lontar (*Borassus flabellifer* L) dengan Menggunakan Variasi Waktu Delignifikasi. *Stannum : Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 6(2), 63-70.
- Chougala, L., Yatnatti, M., Linganagoudar, R., Kamble, R., & Kadadevarmath, J. (2017). A Simple Approach on Synthesis of TiO₂ Nanoparticles and its Application in dye Sensitized Solar Cells. *Journal Of Nano- and Electronic Physics*, 9(4), 1-6.
- Devi, Astutik, D., Cahyanto, M. N., & Djaafar, T. F. (2019). Kandungan Lignin, Hemiselulosa dan Selulosa Pelepah Salak pada Perlakuan Awal Secara Fisik Kimia dan Biologi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 7(2), 273-282.
- Fatmawati, D., Aritonang, A. B., & Nurlina. (2019). Sintesis dan Karakterisasi TiO₂-Kaolin Menggunakan Metode Sol Gel. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 8(2), 15-21.
- Fauriani, R., Aritonang, A. B., & Harlia. (2019). Sintesis dan Karakterisasi TiO₂/Ti Terdoping Fe(III) Menggunakan Metode Anodisasi In-Situ. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 8(2), 73-81.
- Fessenden, R. J., & Fessenden, J. S. (1982). *Kimia Organik* (Edisi Ketiga ed.). (A. Pudjaatmaka, Trans.) Jakarta: Erlangga.

- Firmansyah, Mirzan, M., & Prismawiryanti. (2015). Aplikasi Fotokatalis TiO₂-Zeolit Untuk Menurunkan Intensitas Zat Warna Tartrazin Secara Fotokatalitik. *Jurnal of Natural Science*, 4(1), 10-16.
- Fraditasari, R., Wardhani, S., & Khunur, M. M. (2015). Degradasi Methyl Orange Menggunakan Fotokatalis TiO₂-N : Kajian Pengaruh Sinar Dan Konsentrasi TiO₂-N. *Kimia Student Journal*, 1(1), 606 - 612.
- Hakim, A. R., & Haris, A. (2016). Sintesis Fotokatalis ZnO-Al dan Aplikasinya pada Degradasi Fenol dan Reduksi Cd(II) secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(1), 7-10.
- Hakim, L., Dirgantara, M., & Nawir, M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (X-RD) Di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(1), 44-51.
- Harianja, J. W., Idiawati, N., & Rudiyanasyah. (2015). Optimasi Jenis dan Konsentrasi Asam pada Hidrolisis Selulosa dalam Tongkol Jagung. *JKK*, 4(4), 66-71.
- Hartati, N., Kemala, T., Sutriah, K., & Farobie, O. (2019). Kompatibilitas Nanokristal Selulosa Termodifikasi Setrimonium Klorida (CTAC) dalam Matriks Poliasam Laktat sebagai Material Pengemas. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 22(4), 157-163.
- Hendrawati, T. Y., Umar, E., Ramadhan, A. I., Sari, A. M., Salsabila, M., Suryani, R., et al. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Nanoselulosa Serbuk dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Ultrasonifikasi. *Jurnal Teknologi*, 15(1), 159-166.
- Hidayati, P., Ulfin, I., & Juwono, H. (2016). Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Nata de coco: Optimasi Dosis Adsorben dan Waktu Kontak. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), 2337-3520.
- Hikmah, M., Aritonang, A. B., & Wahyuni, N. (2023). Sintesis Fotokatalis TiO₂ untuk Degradasi Zat Warna Sintetis Metilen Biru dengan Bantuan Sinar Tampak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(3), 878-887.
- Indriani, D., Fahyuan, H. D., Peslinof, M., & Ngatijo. (2018). Uji UV-Vis Lapisan TiO₂/N₂ untuk Menentukan Band Gap Energy. *Journal Online of Physics*, 3(2), 6-10.
- Jayanudin. (2009). Pemutihan Daun Nanas Menggunakan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Rekayasa Proses*, 3(1), 10-14.
- Jumardin, Maddu, A., Santoso, K., & Isnaeni. (2022). Karakteristik Sifat Optik Nanopartikel Karbon (Carbon Dots) dengan Metode UV-Vis Drs (Ultra Violet Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy). *Jurnal Fisika dan Terapannya*, 9(1), 1-15.
- Karim, S., Pardoyo, & Subagiyo, A. (2016). Sintesis dan Karakterisasi TiO₂ Terdoping Nitrogen (N-Doped TiO₂) dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(2), 63 – 67.
- Karlina, A. C., Adi, M. S., & Vina, A. (2022). Analisis Kadar Nitrit (NO₂-N) pada Sampel Air Permukaan dan Air Tanah di Wilayah Kabupaten Cilacap Menggunakan Metode Spektrofotometer Uv-Vis. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2021* (pp. (pp. 1-7)). Bandung: UIN Sunan Gunung Djati.

- Karlina, L., Sanjaya, H., & Budiman, S. (2023). Metode Sintesis Nanopartikel-TiO₂ : A Review. *MASALIQ: Jurnal Pendidikan dan Sains*, 3(6), 1199-1214.
- Lestari, Y. P. (2024). Review: Isolasi α -Selulosa dari Bahan Alam dengan Berbagai Metode (Kimia, Fisika, Biologi). *Farmasains: Jurnal Ilmiah Ilmu Kefarmasian*, 11(2), 76-89.
- Li, M., He, B., Chen, Y., & Zhao, a. L. (2021). Physicochemical Properties of Nanocellulose Isolated from Cotton Stalk Waste. *ACS Omega*, 6, 25162-25169.
- Li, W., Yue, J., & Liu, S. (2012). Preparation of nanocrystalline cellulose via ultrasound and its reinforcement capability for poly(vinyl alcohol) composites. *Ultrasonics Sonochemistry*, 19, 479-485.
- Listanti, A., Taufiq, A., Hidayat, A., & Sunaryono, S. (2018). Investigasi Struktur dan Energi Band Gap Partikel Nano TiO₂ Hasil Sintesis Menggunakan Metode Sol-Gel. *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*, 8-15.
- Liu, G.-q., Pan, X.-j., Li, J., Li, C., & Ji, C.-l. (2021). Facile preparation and characterization of anatase TiO₂/nanocellulose composite for photocatalytic degradation of methyl orange. *Journal of Saudi Chemical Society*, 25(12), 1-9.
- Maciela, M. A., Benini, K. C., Voorwald, H. J., & Cioff, M. O. (2019). Obtainment and characterization of nanocellulose from an unwoven industrial textile cotton waste: Effect of acid hydrolysis conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 126, 496-506.
- Mashuni, Andra, M., Ahmad, L. O., Jahiding, M., & Hamid, F. H. (2021). Inovasi Bioplastik dari Kitosan dengan Variasi Selulosa Limbah Kulit Durian sebagai Kemasan Makanan Antibakteri. *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2021: Peran Matematika dan Sains dalam Menunjang Sustainable Development Goals* (pp. 171-190). Kendari: Universitas Halu Oleo Press.
- Mawarni, T., Fadarina, H. C., Aznury, M., & Taufik, M. (2021). Degradasi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Sintesis Fotokatalis ZnO/NiFe₂O₄ dan Diaplikasikan pada Limbah Cair Industri Pulp dan Kertas. *Jurnal Kinetika*, 12(3), 44-50.
- Negara, I. S., Simpen, I., & Satriawijaya, E. (2019). Reduksi Ion Kromium Heksavalen Menggunakan Fotokatalis Zeolit Alam Terembankan TiO₂ dan Radiasi Sinar UV. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 7(2), 171-179.
- Ningsih, S. K., Khair, M., & Veronita, S. (2021). Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles Using Sol-Gel Method. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(1), 59-67.
- Ningtyas, K. R., Muslihudin, M., & Sari, I. N. (2020). Sintesis Nanoselulosa dari Limbah Hasil Pertanian dengan Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(2), 142-147.
- Nurfitriyana, Fithri, N. A., Fitria, & Yanuarti, R. (2022). Analisis Interaksi Kimia Fourier Transform Infrared (FTIR) Tablet Gastroenterik Ekstrak Daun Petai

- (*Parkia speciosa* Hassk) dengan Polimer HPMC-K4M dan Kitosan. *Jurnal IONTech*, 3(2), 27-33.
- Oko, S., Harjanto, Kurniawan, A., & Winanti, C. (2022). Penurunan Kadar Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Serbuk CaCO₃ Dari Cangkang Telur Dan Karbon Aktif. *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, 18(1), 39-45.
- Pambudi, A., Farid, M., & Nurdiansah, H. (2017). Analisis Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) Hasil Proses Alkalisasi Sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara. *JURNAL TEKNIK ITS*, 6(2), 441-444.
- Pangajow, S. E., Wuntu, A. D., & Sangi, M. S. (2019). Kinetika Fotodegradasi Methylene Blue Menggunakan Komposit Ag₃PO₄/Ag/HAp Tulang Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*). *Chem. Prog.*, 12(2), 93-95.
- Paramitha, T., Utami, K., Anggraini, Y. M., & Paramitha, T. (2023). Sintesis dan Karakterisasi Semikonduktor TiO₂ Doping Magnesium dengan Metode Hidrotermal. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 9(1), 33-42.
- Perez, R. H., Delgado, R. S., Paredes, A. O., Delgado, A. S., Hernandez, E. G., Valis, A. M., et al. (2022). Comparing Acid and Enzymatic Hydrolysis Methods for Cellulose Nanocrystals (CNCs) Obtention from Agroindustrial Rice Husk Waste. *Hindawi Journal of Nanotechnology*, 1-11.
- Pratama, J. H., Rohmah, R. L., Amalia, A., & Saraswati, T. E. (2019). Isolasi Mikroselulosa dari Limbah Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Metode Bleaching-Alkalinasi. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15(2), 239-250.
- Purnawan, C., Wahyuningsih, S., Aniza, O. N., & Sari., O. P. (2021). Photocatalytic Degradation of Remazol Brilliant Blue R and Remazol Yellow FG using TiO₂ doped Cd, Co, Mn. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 16(4), 804-815.
- Rahmi, Ramli, & Darvina, Y. (2018). Analisis Sifat Listrik Nanokomposit Fe₃O₄/PVDF yang Disintesis dengan Metode Sol Gel untuk Aplikasi Elektroda Baterai Lithium Ion. *Pillar of Physics*, 11(2), 73-80.
- Ratnawati, Gabryelle, K., Ramadhan, M. F., Wahyudin, & Handayani, A. S. (2023). Sintesis Nanokomposit Berbasis Nanoselulosa-TiO₂ Untuk Pengolahan Limbah Red Base 218. *Jurnal IPTEK*, 7(1), 51-57.
- Riskiani, E., Suprihatin, I. E., & Sibarani, J. (2019). Fotokatalis Bentonit-Fe₂O₃ Untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 7(1), 46-54.
- Roehafi, F., Latupapua, F. C., Zundia, & Aldila, H. (2024). Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ Terhadap Ukuran Partikel Nanoselulosa Berbasis Limbah Kertas Konvensional. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 5(1), 62-70.
- Sastrohamidjojo, H. (2001). *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty.
- Scarpelli, F., Mastropietro, T. F., Poerio, T., & Godbert, N. (2018). Mesoporous TiO₂ Thin Films: State of the Art. *IntechOpen*, 57-80.

- Shobirin, M., & Utomo, M. P. (2018). Preparasi, Karakterisasi, dan Aplikasi $\text{Ca}_{2-x}\text{Zn}_x\text{SiO}_4$ Sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Congo Red. *Jurnal Kimia Dasar*, 7(5), 237-245.
- Sianita, M., Azmiyawati, C., & Darmawan, A. (2017). Uji Aktivitas Fotokatalis Genteng Berglasir Silika/ TiO_2 terhadap Degradasi Larutan Indigo Carmine, Metanil Yellow dan Rhodamin. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(2), 53-57.
- Suhartati, T. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Bandar Lampung: AURA.
- Sumadiyasa, M., & Manuaba, I. B. (2018). Penentuan Ukuran Kristal Menggunakan Formula Scherrer, Williamson-Hull Plot, dan Ukuran Partikel dengan SEM. *Jurnal Buletin Fisika*, 19(1), 28-35.
- Sumiati, T., Yuningtyas, S., & Haloho, L. E. (2023). Delignifikasi Lignoselulosa Daun Nanas (*Ananas comosus* (L) Merr) untuk Produksi Alfa Selulosa. *JURNAL FARMAMEDIKA*, 8(2), 130-137.
- Thorat, M. N., & Dastager, S. G. (2018). High yield production of cellulose by a *Komagataeibacter rhaeticus* PG2 strain isolated from pomegranate as a new host. *RSC Advances*, 8, 29797-29805.
- Titdoy, S., Wuntu, A. D., & Kamu, V. S. (2016). Kinetika Fotodegradasi Remazol Yellow Menggunakan Zeolit A Terimpregnasi TiO_2 , 5(1), 10-13.
- Toro, R., Adel, A., de Caro, T., Brunetti, B., Al-Shemy, M., & Caschera, D. (2022). A Facile One-Pot Approach to the Fabrication of Nanocellulose-Titanium Dioxide Nanocomposites with Promising Photocatalytic and Antimicrobial Activity. *Materials*, 15(5789), 1-16.
- Trisanti, P. N., Setiawan, S., Nuraini, E., & Sumarno. (2018). Ekstraksi Selulosa dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon melalui Proses Delignifikasi Alkali Ultrasonik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(3), 113-119.
- Triyastiti, L., & Krisdiyanto, D. (2018). Isolasi Nanoselulosa Dari Pelempah Pohon Salak Sebagai Filler Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol (PVA). *Indonesian Journal of Material Chemistry*, 1(1), 39-45.
- Tussa'adah, R., & Astuti. (2015). Sintesis Material Fotokatalis TiO_2 Untuk Penjernihan Limbah Tekstil. *Jurnal Fisika Unand*, 4(1), 91-96.
- Wahyuningsih, A. W., Ulfan, I., & Suprpto. (2018). Pengaruh pH dan Waktu Kontak Pada Adsorpsi Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Adsorben Ampas Singkong. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, 7(2), 2337-3520.
- Widiatannur, U., Usman, T., & Rahmalia, W. (2020). Sintesis Komposit Berbasis TiO_2 -kitosan Menggunakan Metode Hidrotermal (Synthesis Composite Based of TiO_2 -kitosan Using Hydrothermal Method). *Journal of Chemical Process Engineering*, 5(2), 37-43.
- Winahyu, D. A., Retnaningsih, A., & Aprillia, M. (2019). Penetapan Kadar Flavonoid pada Kulit Batang Kayu Raru (*Cotylelobiummelanoxylon*P) dengan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Analis Farmasi*, 4(1), 29-36.

- Wulandari, M., Astuti, & Muldarisnur. (2018). Sintesis Nanopartikel TiO₂-SiO₂ Berpori Sebagai Fotokatalis untuk Penjernihan Air Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Fisika Unand*, 7(1), 33-38.
- Yitagesu, G. B., Leku, D. T., & Workneh, G. A. (2023). Green Synthesis of TiO₂ Using *Impatiens rothii* Hook.f. Leaf Extract for Efficient Removal of Methylene Blue Dye. *ACS Omega*, 8, 43999–44012.
- Yudono, B. (2017). *Spektrometri*. . Palembang: Simetri.
- Yuningrat, N., Retug, N., & Gunamantha, I. (2016). Fotodegradasi Methyl Orange dalam Reaktor Fixed Bed Batu Apung-Semen. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(1), 692-701.
- Zulnazri, Lestari, D., Hakim, L., Dewi, R., & Sulhatun. (2022). Kajian Ekstraksi Selulosa dari Kulit Pinang dengan Menggunakan Larutan NaOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(2), 193-206.