

**SINTESIS TiO_2 /NANOSELULOSA DARI PELEPAH POHON
SALAK UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA
RHODAMIN B**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagai persyaratan

Mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Kimia



Oleh:

Greef Rose Rifda

20106030025

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-1900/Un.02/DST/PP.00.9/08/2025

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis TiO₂/Nanoselulosa Dari Pelepah Pohon Salak Untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamine B

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : GREEF ROSE RIFDA
Nomor Induk Mahasiswa : 20106030025
Telah diujikan pada : Rabu, 20 Agustus 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

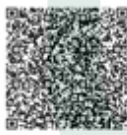
dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



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

Valid ID: 68a7baec596c1



Penguji I
Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a7b8f436e9a



Penguji II
Khamidinal, S.Si., M.Si
SIGNED

Valid ID: 68a7de788f458



Yogyakarta, 20 Agustus 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardani, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 68a7e03c-94f9f

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-03/R1

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 : Greef Rose Rifda

NIM : 20106030025

Judul Skripsi : Sintesis TiO_2 /Nanoselulosa dari Pelepah Pohon Salak Untuk Fotodegradasi Zat
Warna Rhodamine B

sudah dapat diajukan kembali kepada Fakultas Sains dan Teknologi Program Studi Kimia 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 dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Yogyakarta, 25 Juli 2025



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

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Greef Rose Rifda
NIM : 20106030025
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Sintesis TiO_2 /Nanoselulosa dari Pelepah Pohon Salak Untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B**" 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, 25 Juli 2025



Greef Rose Rifda
NIM 20106030025

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Usaha yang sungguh-sungguh dan berdo’a, menjaga sholat lima waktu, sholat hajat dan sholat tahajud, akhirnya Ananda mencapai yang terbaik”

(Bapak Sudi Harjono)



HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Penulis mempersembahkan skripsi ini untuk orang-orang tercinta.

Almarhum Bapak Sudi Harjono dengan segala prinsip agama dan dunia yang telah ditanamkan sejak kecil.

Ibunda Rosmiyati dengan segala kehebatan dan ketulusan doa yang dipanjatkan, juga ketangguhan hati dan fisiknya.

Kakanda Greef Rose Hashina atas segala pengorbanan, doa dan dukungan motivasi yang tiada henti diberikan. Juga, untuk Greef Rose Aulia dan Muhamad Haidar.

Teman terbaik Khairunnisa Iantriya atas segala kebbaikannya memberikan bantuan, dukungan, dan doa.

Ananda Greef Rose Rifda, penulis skripsi, atas segala perjuangan dan kegigihan, menyelesaikan proses perkuliahan sembari mencari ilmu agama dan penghasilan tambahan. Allah selalu menolong di waktu terbaik-Nya dengan qodar terbaik-Nya.

Terima kasih.

الْحَمْدُ لِلَّهِ جَزَاكُمُ اللَّهُ خَيْرًا

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kelancaran sehingga skripsi yang berjudul “Sintesis TiO_2 /Nanoselulosa Dari Pelelepah Pohon Salak Untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B” dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, semangat, doa maupun ide sehingga tahap demi tahap penyusunan tugas akhir ini dapat dilalui. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi, M.A, M.Phil., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga.
4. Bapak Didik Krisdiyanto M.Sc selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memberi motivasi penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Segenap PLP Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta khususnya Ibu Isnı Gustanti, S. Si., yang telah membantu penulis selama penelitian, serta banyak memberikan semangat kepada penulis untuk berani melangkah.
6. Seluruh dosen Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan pengajaran selama bangku perkuliahan.
7. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
8. Segenap keluarga tercinta, Bapak Sudi Harjono, Ibu Rosmiyati, saudara kandung Greef Rose Aulia, Greef Rose Hashina dan Muhamad Haidar, serta keponakan pertama Anlia Danudara Ansayba, yang tak pernah lupa

mendoakan, membantu, mendukung dan terus memberi motivasi demi kelancaran penyusunan skripsi ini.

9. Teman-teman yang menemani proses skripsi, mau mendengarkan, mendoakan dan memperjuangkan mimpi lainnya bersama-sama, Khairunnisa Iantriya, Salsabilla Wirasanti, Nur Fitriani Adesti, Dini Nurmalita Sari. Semoga tercapai segala impian dunia dan akhiratnya.
10. Teman penelitian Marlinda Tri Hapsari atas kerja sama, dukungan dan bantuannya.
11. Seluruh teman-teman Hydroxyl kimia angkatan 2020, KKN 114 Kelompok 100 Dusun Jurug dan teman-teman di laboratorium penelitian kimia UIN Sunan Kalijaga atas saran dan bantuannya.
12. Semua pihak yang tidak bisa disebut satu per satu atas bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.

Demi kesempurnaan skripsi ini, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penyusun berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khususnya.

Yogyakarta, 31 Juli 2025

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
A. Tinjauan Pustaka.....	5
B. Landasan Teori	7
1. Titanium Dioksida (TiO ₂).....	7
2. Nanoselulosa Pelepah Pohon Salak.....	8
3. Isolasi Selulosa.....	10
4. Sintesis Nanoselulosa.....	14
5. Sintesis TiO ₂ /Nanoselulosa.....	16
6. Zat Warna Rhodamin B.....	18
7. Fotokatalis.....	20
8. Kinetika Fotodegradasi.....	21

9. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	22
10. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	24
11. <i>UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> (UV-Vis DRS).....	25
12. Spektrofotometer UV-Vis.....	26
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
B. Alat-alat Penelitian	30
C. Bahan-bahan Penelitian	30
D. Cara Kerja Penelitian.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
A. Karakterisasi TiO ₂ /Nanoselulosa	34
1. Hasil Karakterisasi FTIR	34
2. Hasil Karakterisasi XRD.....	38
3. Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS.....	40
B. Hasil Uji Aktivitas Fotokatalis	41
1. Pengaruh Kondisi Reaksi.....	42
2. Pengaruh Massa Katalis.....	45
BAB V PENUTUP	47
A. Kesimpulan.....	47
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	53
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1.	Struktur Kristal TiO ₂ (a) rutile, (b) brookite, (c) anatase (Kamel, 2022)	8
Gambar II.2.	Pelepah Pohon Salak (<i>Salacca zalacca</i>)	9
Gambar II.3.	Struktur Nanoselulosa (Ratnawati, dkk, 2023)	10
Gambar II.4.	Skema Proses Delignifikasi (Mayangsari et al., 2019).	10
Gambar II.5.	Mekanisme Pemutusan Ikatan Lignin dan Selulosa oleh Nukleofil OH (Melinda et al., 2018).....	11
Gambar II.6.	Mekanisme Pemutusan Ikatan Lignin dan Selulosa Menggunakan Na ₂ SO ₃ (Mashudi dkk, 2021).....	12
Gambar II.8.	Mekanisme Penguraian Lignin Menggunakan H ₂ O ₂ (Jayanudin et al., 2010)	14
Gambar II.9.	Skema Hidrolisis Asam (Effendi et al, 2015)	14
Gambar II.10.	Mekanisme Hidrolisis Asam (Effendi et al, 2015).....	15
Gambar II.11.	Skema Ultrasonikasi (Effendi et al, 2015)	16
Gambar IV.2.	Spektrum FTIR TiO ₂ (Praveen <i>et al</i> , 2018).....	37
Gambar IV.3.	Spektrum FTIR Nanoselulosa dan TiO ₂ /Nanoselulosa.....	37
Gambar IV. 4.	Pola Difaktogram XRD TiO ₂ /Nanoselulosa, JCPDS 12- 1272 TiO ₂ Anatase, dan JCPDS 50-2241 Nanoselulosa.....	38
Gambar IV.5.	Energi Celah Pita TiO ₂ /Nanoselulosa	40
Gambar IV.6.	Panjang Gelombang Maksimum Rhodamine B.....	41
Gambar IV.7.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Rhodamine B	41
Gambar IV.8.	Persentase Degradasi Rhodamin B dengan Paparan UV dan Tanpa Paparan UV	44
Gambar IV.9.	Kurva Kinetika Fotodegradasi Rhodamin B Orde Reaksi 1 dan 2	44
Gambar IV.11.	Persentase Degradasi Rhodamin B Pengaruh Massa Katalis	46
Gambar IV.12.	Kurva Kinetika Orde Reaksi 1 Pengaruh Massa Katalis	46

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 1. Gugus Fungsi TiO_2 (Praveen <i>et al</i> , 2018)	35
Tabel IV. 2. Gugus Fungsi TiO_2 /nanoselulosa.....	36
Tabel IV.3. Tabel R^2 dan Konstanta Laju Reaksi (k)	44
Tabel IV.4. Tabel R^2 dan Konstanta Laju Reaksi (k) Kinetika Orde 1.....	45



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan	53
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi	56
Lampiran 3. Uji Aktivitas Fotokatalis	58
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian	63



INTISARI

Sintesis TiO₂/Nanoselulosa Dari Pelepah Pohon Salak Untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamine B

Greef Rose Rifda
NIM. 20106030025

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

TiO₂/Nanoselulosa telah disintesis sebagai fotokatalis untuk fotodegradasi zat warna rhodamine b. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh metode sol-gel pada struktur molekul, energi band gap (Eg), dan fasa kristal TiO₂/Nanoselulosa, mengkaji aktivitas fotokatalisis TiO₂/Nanoselulosa terhadap fotodegradasi zat warna rhodamine b pada variasi kondisi reaksi dan massa katalis. Serta menganalisis kinetika fotodegradasi rhodamine b untuk menentukan orde laju reaksi pada pada variasi kondisi reaksi dan massa katalis TiO₂/Nanoselulosa terhadap laju reaksi.

Sintesis TiO₂/Nanoselulosa dilakukan melalui metode sol-gel menggunakan menggunakan prekursor titanium (IV)-n-butoksida (Ti(OBut)₄) dan nanoselulosa dari pelepah pohon salak sebagai pengemban dalam pelarut asam asetat (CH₃COOH). Kondisi reaksi sintesis TiO₂/Nanoselulosa dilakukan pada suhu ruang dengan pengadukan 24 jam tanpa pemanasan dan didiamkan 5 hari. Hasil kristal TiO₂/Nanoselulosa dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, dan UV-Vis DRS. Aktivitas fotokatalisis diuji dalam kondisi reaksi dengan dan tanpa penyinaran UV serta variasi massa katalis 0,05; 0,1; 0,2 gram dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kristal TiO₂/Nanoselulosa telah terbentuk pola difraksi sesuai standar JCPDS 21-1272 yang menunjukkan fasa kristal anatase tetragonal dengan ukuran kristal 3,41-9,21 nm dan kristalinitas 46,32%. Serapan khas di regangan O-H pada 3402 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan gugus -OH dari nanoselulosa dan lenturan O-H pada 1636 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya ikatan hidrogen antara Ti dan nanoselulosa serta ikatan Ti-O-Ti pada 455.2 dan 501.49 cm⁻¹. Besar energi band gap TiO₂/Nanoselulosa yang dihasilkan sebesar 3,15 eV. Hasil uji aktivitas katalis menunjukkan reaksi fotodegradasi rhodamin b mengikuti orde reaksi 1 dengan R² sebesar 0,9944. Hasil pengaruh massa katalis membuktikan semakin banyak katalis yang ditambahkan semakin tinggi konstanta laju reaksinya.

Kata kunci: Fotokatalis, TiO₂/Nanoselulosa, Rhodamin B, Sol-Gel

ABSTRACT

Synthesized TiO₂/Nanocellulose from Salak Tree Stems for Photodegradation of Rhodamine B Dye

Greef Rose Rifda
NIM. 20106030025

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

TiO₂/Nanoselulosa has been synthesized as a photocatalyst for the photodegradation of rhodamine b dye. This study aims to examine the effect of the sol-gel method on the molecular structure, band gap energy (E_g), and crystal phase of TiO₂/Nanocellulose nanocomposites, studying the photocatalytic activity of TiO₂/Nanocellulose nanocomposites on the photodegradation of rhodamine b dye under various reaction conditions and catalyst mass. And analyzing the kinetics of rhodamine b photodegradation to determine the order of reaction rate under various reaction conditions and catalyst mass of TiO₂/Nanocellulose on reaction rate.

Synthesized TiO₂/Nanocellulose is made through the sol-gel method using titanium (IV)-n-butoxide (Ti(OBut)₄) precursor and nanocellulose from salak tree stems as carriers in acetic acid solvent (CH₃COOH). Conditions for synthesis TiO₂/Nanocellulose were carried out at room temperature with stirring for 24 hours without heating and left for 5 days. The results of TiO₂/Nanocellulose crystal were characterized using XRD, FTIR, and DRS UV-Vis. The photocatalytic activity was tested under reaction conditions with and without UV irradiation and variations in catalyst mass of 0.05; 0.1; 0.2 grams and analyzed using a UV-Vis Spectrophotometer.

The results of the study showed that TiO₂/Nanocellulose crystal has formed a diffraction pattern according to JCPDS standards 21-1272 which shows the tetragonal anatase crystal phase with a crystal size of 3.41-9.21 nm and a crystallinity of 46.32%. The typical absorption in the O-H stretch at 3402 cm⁻¹ indicates the presence of -OH groups from nanocellulose and the O-H bend at 1636 cm⁻¹ which indicates the existence of hydrogen bonds between Ti and nanocellulose and Ti-O-Ti bonds at 455.2 and 501.49 cm⁻¹. The large band gap energy of TiO₂/Nanocellulose resulting was 3.15 eV. The results of the catalyst activity test showed that the rhodamine b photodegradation reaction followed a reaction order of 1 with an R² of 0.9944. The results of the influence of catalyst mass proved that the more catalyst added, the higher the reaction rate constant.

Keywords: Photocatalyst, TiO₂/Nanocellulose, Rhodamine B, Sol-Gel

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri semakin pesat seringkali diikuti dengan peningkatan dampak buruk terhadap pencemaran lingkungan. Industri tekstil dan kertas merupakan salah satu penyumbang limbah berbahaya di kawasan perairan. Limbah zat warna mengandung senyawa organik kompleks yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme secara alami, sehingga dapat mempengaruhi kualitas air, mengganggu aktivitas biologi, dan berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat maupun keanekaragaman hayati (Iftyna dkk, 2020). Berbagai metode pengolahan limbah telah dilakukan, seperti penggunaan metode fisika dengan proses *separation, flotation, emulsion breaking*, atau *incineration*, namun tidak mampu menghasilkan mineralisasi polutan tetapi hanya pemisahan, sehingga memerlukan metode alternatif yang lebih efektif (Verma et al., 2022).

Fotokatalis dianggap sebagai solusi teknologi alternatif ramah lingkungan dan efektif untuk pengolahan limbah zat warna melalui proses degradasi molekul senyawa organik berbahaya menjadi molekul sederhana yang tidak berbahaya (Verma et al., 2022). Metode fotokatalis menggunakan material semikonduktor yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimia, akan menghasilkan radikal hidroksil yang bertindak sebagai oksidator kuat dan bereaksi redoks dengan senyawa organik (berupa polutan) sehingga menghasilkan air jernih (Soffin dan Munasir, 2023). Katalis semikonduktor oksida logam dalam bentuk nanopartikel sangat dibutuhkan dalam fotodegradasi agar reaksi berlangsung lebih cepat (Deka, 2019). Titanium dioksida (TiO_2) merupakan salah satu semikonduktor dengan ukuran nanometer mempunyai potensi redoks yang lebih baik dalam degradasi fotokatalitik kontaminan organik bila terkena sinar UV (Thamer & Hatem, 2022).

TiO_2 memiliki tiga jenis polimorf dalam kristal yaitu anatase, rutile, dan brookite (Verma et al., 2022). TiO_2 anatase memiliki kemampuan absorbansi terhadap cahaya matahari (daerah sinar ultraviolet) lebih kecil dari rutile. Meskipun

demikian, aktivitas fotokatalitik dari anatase jauh lebih tinggi dibandingkan rutile (Rizkiana et al., 2020). Aktivitas fotokatalitik TiO_2 dibatasi oleh energi celah pita anatase yang tinggi sebesar 3,30 – 3,37 eV, sedangkan rutile memiliki energi celah pita 3,0 eV. Energi celah pita TiO_2 anatase yang terlalu besar akan mempengaruhi aktivitas fotokatalitiknya. Selain itu, serbuk TiO_2 dalam beberapa penelitian fotokatalitik ditemui mudah terkoagulasi (menggumpal) sehingga larutan menjadi keruh dan penyerapan cahaya pada proses degradasi menjadi kurang efektif (Ratnawati dkk, 2023). Salah satu penanganan dari kelemahan tersebut adalah penggunaan media pengemban TiO_2 . Nanoselulosa berpotensi menjadi bahan pengemban TiO_2 karena sifatnya sangat berpori dan ramah lingkungan.

Selulosa merupakan sumber daya terbarukan dan sangat melimpah di alam bersifat *biodegradable* dan *biocompatible*. Selulosa diekstraksi dari lignoselulosa yang dapat diperoleh dalam limbah pertanian tongkol jagung, daun nanas, kulit kacang kedelai, pelepah pohon salak, serat tumbuhan dan sebagainya (Ningtyas, dkk, 2020). Pembentukan selulosa berukuran nano dapat menambah keunggulan sifatnya karena mengubah struktur kimia dan morfologinya (Rathod et al., 2018). Hal tersebut telah dibuktikan oleh Sangbara et al (2023) yang menyebutkan kristalinitas nanoselulosa pelepah aren lebih tinggi daripada dalam bentuk selulosanya. Menurut Ningtyas et al (2020) dibandingkan dengan selulosa, nanoselulosa memiliki luas permukaan yang lebih besar, properti mekanik yang tinggi, aksesibilitas kimiawi yang baik, dan fleksibilitas fungsional, sehingga meningkatkan kelayakan nanoselulosa sebagai biomaterial paling potensial untuk pengolahan air limbah.

Ratnawati, dkk (2023) mengungkapkan bahwa organik-anorganik berupa polimer nanoselulosa dengan bahan anorganik TiO_2 menunjukkan peningkatan sifat pada TiO_2 seperti terjadi peningkatan pada sifat fotokatalitik, stabilitasnya menjadi lebih baik, serta semakin bersifat hidrofilik. Metode sintesis menjadi salah satu faktor penting terbentuknya struktur dan sifat kristal dari suatu material. Ukuran partikel yang semakin kecil (skala nanometer) berpengaruh terhadap luas permukaan sehingga proses fotokatalis lebih efisien. Oleh karena itu, dibutuhkan

suatu metode sintesis sederhana untuk menghasilkan TiO_2 /nanoselulosa dengan ukuran kristal yang lebih kecil, peningkatan kristalinitas dan penurunan nilai band gap. Sintesis menggunakan metode sol-gel telah dilakukan oleh Toro, *et al* (2022) menghasilkan struktur kristal yang seragam dalam skala nanometer serta didominasi oleh bentuk anatase. Selain itu, metode ini membuktikan adanya pengaruh terhadap penurunan *band gap* pada semikonduktor TiO_2 .

Penelitian sebelumnya oleh Rehman *et al* (2021) berhasil mendegradasi zat warna rhodamin B sebesar 40% menggunakan katalis TiO_2 , namun masih memerlukan inovasi tambahan untuk meningkatkan kinerja fotokatalitik. Selanjutnya Liu *et al* (2021) membuktikan TiO_2 /nanoselulosa dapat digunakan untuk fotodegradasi zat warna metil orange sebesar 98,39%. Tan, *et al* (2023) juga membuktikan nanoselulosa/ TiO_2 dapat mendegradasi metilen biru sebesar 90,02% dan acid red 91,14%. Berdasarkan pemaparan tersebut, dilakukan penelitian mengenai TiO_2 /nanoselulosa untuk fotodegradasi zat warna rhodamine b. Nanoselulosa didapatkan dari limbah pertanian yaitu pelepah pohon salak yang diimbangkan pada TiO_2 dengan metode sol-gel. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sifat TiO_2 /nanoselulosa yang lebih baik dan diharapkan berpengaruh terhadap penurunan energi celah pita serta peningkatan kristalinitas, luas permukaan, dan aktivitas fotokatalitiknya.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Pengemban dalam sistesis TiO_2 /nanoselulosa adalah nanoselulosa dari pelepah pohon salak yang diisolasi menggunakan metode hidrolisis asam dan ultrasonikasi.
2. Sintesis TiO_2 /nanoselulosa menggunakan prekursor titanium (IV)-n-butoksida ($\text{Ti}(\text{OBut})_4$) dengan metode sol-gel.
3. TiO_2 /nanoselulosa dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-Vis DRS), dan *UV-Vis Spectroscopy*.

4. TiO_2 /nanoselulosa digunakan untuk katalis dalam fotodegradasi zat warna rhodamin B dengan variasi kondisi reaksi dan massa katalis.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana sintesis TiO_2 /nanoselulosa dari pelepah pohon salak dengan metode sol-gel?
2. Bagaimana karakteristik TiO_2 /nanoselulosa yang dihasilkan dari metode sol-gel?
3. Bagaimana aktivitas katalis TiO_2 /nanoselulosa terhadap fotodegradasi zat warna rhodamin B dengan variasi kondisi reaksi dan massa katalis?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mensintesis TiO_2 /nanoselulosa dari pelepah pohon salak dengan metode sol-gel
2. Mengkarakterisasi TiO_2 /nanoselulosa yang dihasilkan dari metode sol-gel.
3. Menguji aktivitas katalis TiO_2 /nanoselulosa terhadap fotodegradasi zat warna rhodamin B dengan variasi kondisi reaksi dan massa katalis.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi terkait pengaruh pengemban nanoselulosa dengan metode sol-gel terhadap karakteristik TiO_2 /nanoselulosa.
2. Memberikan informasi dan inovasi pemanfaatan limbah pertanian, khususnya pelepah pohon salak sebagai katalis TiO_2 /nanoselulosa untuk mengatasi masalah pencemaran air.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian sintesis fotokatalis TiO_2 /Nanoselulosa melalui metode sol gel pada pelarut asam asetat untuk mengamati aktivitas fotodegradasi terhadap rhodamine b dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. TiO_2 /Nanoselulosa dengan pengemban nanoselulosa dari pelepah pohon salak dan prekursor titanium (IV)-n-butoksida ($\text{Ti}(\text{OBut})_4$) berhasil disintesis menggunakan metode sol-gel.
2. Hasil karakterisasi FTIR TiO_2 /Nanoselulosa memberikan hasil serapan khas gugus fungsi di regangan O-H pada 3402 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus -OH dari nanoselulosa dan lenturan O-H pada 1636 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan hidrogen antara Ti dan nanoselulosa serta ikatan Ti-O-Ti pada 455.2 dan 501.49 cm^{-1} . Puncak difraksi pada XRD sesuai dengan data JCPDS no. 21-1272 berupa fasa anatase tetragonal dengan ukuran kristal $3,41\text{-}9,21\text{ nm}$ dan kristalinitas $46,32\%$. Nilai band gap sebesar $3,15\text{ eV}$.
3. Berdasarkan uji aktivitas katalis terhadap degradasi rhodamin b pengaruh kondisi reaksi fotodegradasi rhodamin b mengikuti orde reaksi 1 dengan R^2 sebesar $0,9944$, semakin tinggi konsentrasi polutan maka semakin tinggi laju reaksinya. Hasil pengaruh massa katalis membuktikan semakin banyak katalis yang ditambahkan semakin tinggi konstanta laju reaksinya.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berikut saran yang dapat digunakan untuk diterapkan penelitian berikutnya:

1. Karakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan TEM (*Transmission Electron Microscope*) perlu dilakukan untuk mengamati kristal yang terbentuk.
2. Uji aktivitas fotodegradasi TiO_2 /Nanoselulosa perlu dilakukan lebih lanjut pada limbah zat warna untuk melihat secara aplikatif kemampuan fotokatalis dalam mendegradasi limbah tekstil.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahriani, Sri Zelviani, Hernawati, dan Fitriyanti. (2021). Analisis Nilai Absorbansi Untuk Menentukan Kadar Flavonoid Daun Jarak Merah (*Jatropha Gossypifolia* L.) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal Fisika dan Terapannya*, Vol. 8 (2): 56 – 64. DOI: 10.24252/jft.v8i2.23379.
- Astuti dan Sulastriya Ningsi. (2017). Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO₂) Menggunakan Metode Sonokimia. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, Vol 9,1, 26-32.
- Aulia, Wenti, dan Hary Sanjaya. (2023). Degradasi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Katalis TiO₂ Dengan Metode Fotosonolisis. *Periodic Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 12(2), 54-57.
- Aswar dan Ari. (2017). ISOTERM FREUNDLICH, MODEL KINETIKA DAN PENENTUAN LAJU REAKSI ADSORPSI BESI DENGAN ARANG AKTIF DARI AMPAS KOPI. *Jurnal Chemurgy*, Vol. 01, No.2,
- Chamakh, Mariem Mohamed, Deepalekshmi Ponnammam, and Mariam Al Ali Al-Maadeed. (2017). *Results in Physics* 7, 590–592. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rinp.2017.01.016>.
- Chen, Xiaoyun, Dong-Hau Kuo, Dongfang Lu. (2016). N-doped mesoporous TiO₂ nanoparticles synthesized by using biological renewable nanocrystalline cellulose as template for the degradation of pollutants under visible and sun light. *Chemical Engineering Journal*, 295, 192–200. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.03.047> 1385-8947.
- Deka, Pemta Tia. (2019). Perbandingan Proses Fotodegradasi Pada Zat Warna Metil Jingga Menggunakan Zeolit, Katalis Fe₂O₃-Zeolit dan Sinar UV. *Journal of Pharmacy and Science*, Vol. 4, No. 2, 71-76.
- Deswardani, Frastica, Helga Dwi Fahyuan, Nurhidayah, M F Afrianto, Mardian Peslinof, Nazarudin, dan Nelson. (2020). Analisis Gugus Fungsi Pada TiO₂/Biochar Dengan Spektroskopi Ftir (Fourier Transform Infrared). *JoP*, Vol.5 No.2: 54 – 58.
- Devi, Dwi Astutik, Muhammad Nur Cahyanto, dan Titiek F Djaafar. (2019). Kandungan Lignin, Hemiselulosa Dan Selulosa Pelepah Salak Pada Perlakuan Awal Secara Fisik Kimia Dan Biologi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, Vol. 7, No.2, 273-282. DOI: 10.29303/jrpbv7i2.
- Dwisa, Mega dan Alimin Mahyudin. (2021). Pengaruh Waktu Rendaman NaOH Terhadap Kristalinitas dan Densitas Nanoserat Selulosa Buah Pinang. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 10(1), 117-122. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.1.117-122.2021>.
- Ernawati, Lusi, Ruri Agung Wahyuono, Inggit Kresna Maharsih, Ade Wahyu Yusariarta, Andromeda Dwi Laksono, Christina Wahyu Kartikowati, Asep Bayu Dani Nandiyanto. (2020). Fotodegradasi Zat Pewarna Tekstil (Rhodamin B) Menggunakan Adsorben berbasis Material Komposit Kalsium Titanate (CaTiO₃). *Jurnal Teknik Kimia* Vol.14, No2, 32-39.
- Fitriana, Lu'Lu', Miftakhul Hidayah, Widi Astuti. (2018). Sintesis Nanoselulosa dari Batang Bambu menggunakan Hidrolisis Asam dan Gelombang

- Ultrasonik sebagai adsorben Logam Kadmium(II) dalam Limbah Industri Elektroplating. *Seminar Nasional Teknik Kimia Ecosmart*, 212-2019.
- Frasnawati, Eva, Anthoni B. Aritonang, dan Intan Syahbanu. (2019). SINTESIS DAN KARAKTERISASI TiO₂/Ti NANOTUBE MENGGUNAKAN METODE ANODISASI. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 8(2): 9-14.
- Guo, Qing, Chuanyao Zhou, Zhibo Ma, and Xueming Yang. (2019). Fundamentals of TiO₂ Photocatalysis: Concepts, Mechanisms, and Challenges. *Adv. Mater*, 1901997, 1-26. DOI: 10.1002/adma.20190199.
- Hakim, Luqman, Made Dirgantara dan Muhammad Nawir. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (X-RD) Di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, Vol. 1, No. 1, 44-51.
- Hamad, Hesham, Esther Bailo'n-García, Sergio Morales-Torres, Agustín F. Pe'rez-Cadenas, Francisco Carrasco-Mari'n and Francisco J. Maldonado-Ho'dar. (2020). Cellulose-TiO₂ composites for the removal of water pollutants. *Bio-based Materials and Biotechnologies for Eco-efficient Construction*. 16, 329-358. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819481-2.00016-7>.
- Hong, W., Li, C., Tang, T., Xu, H., Yu, Y., Liu, G., Wang, F., Lei, C., & Zhu, H. (2021). The photocatalytic activity of the SnO₂/TiO₂/PVDF composite membrane in rhodamine B degradation. *New Journal of Chemistry*, 45(5), 2631–2642. <https://doi.org/10.1039/d0nj04764c>
- Hoo, D. Y., Low, Z. L., Low, D. Y. S., Tang, S. Y., Manickam, S., Tan, K. W., & Ban, Z. H. (2022). Ultrasonic cavitation: An effective cleaner and greener intensification technology in the extraction and surface modification of nanocellulose. In *Ultrasonics Sonochemistry* (Vol. 90). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106176>
- Julita, Mardiana, Muhandis Shiddiq, dan Miftahul Khair. (2023). Penentuan Energi Celah Pita (Energi celah pita) Nanopartikel ZnO/Au Hasil Ablasi Laser dalam Cairan. *Periodic Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 12(2), 71-74.
- Kamel, Samir. (2022). Recent Development of Cellulose/ TiO₂ Composite in Water Treatment. *Egyptian Journal of Chemistry*. Vol. 65, No. SI:13, pp. 601 – 612. DOI: 10.21608/EJCHEM.2022.128431.5689.
- Karim, Slamet, Pardoyoa, dan Agus Subagiyo. (2016). Sintesis dan Karakterisasi TiO₂ Terdoping Nitrogen (N-Doped TiO₂) dengan Metode Sol–Gel. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 19 (2): 63 – 67.
- Kuila, S. K., Sarkar, R., Kumbhakar, P., Kumbhakar, P., Tiwary, C. S., & Kundu, T. K. (2020). Photocatalytic dye degradation under sunlight irradiation using cerium ion adsorbed two-dimensional graphitic carbon nitride. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 103942. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103942>
- Leyva-Porras, C., Toxqui-Teran, A., Vega-Becerra, O., Miki-Yoshida, M., Rojas-Villalobos, M., García-Guaderrama, M., & Aguilar-Martínez, J. A. (2015). Low-temperature synthesis and characterization of anatase TiO₂

- nanoparticles by an acid assisted sol-gel method. *Journal of Alloys and Compounds*, 647, 627–636. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.06.041>
- Li, Y., Zhang, J., Zhan, C., Kong, F., Li, W., Yang, C., & Hsiao, B. S. (2020). Facile synthesis of TiO₂/CNC nanocomposites for enhanced Cr(VI) photoreduction: Synergistic roles of cellulose nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 233. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115838>
- Liu, G. qing, Pan, X. jun, Li, J., Li, C., & Ji, C. lu. (2021). Facile preparation and characterization of anatase TiO₂/nanocellulose composite for photocatalytic degradation of methyl orange. *Journal of Saudi Chemical Society*, 25(12). <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2021.101383>
- Lu' Fitriana, L. ', Hidayah, M., Astuti, W., & Teknik, J. (n.d.). *Sintesis Nanoselulosa dari Batang Bambu menggunakan Hidrolisis Asam dan Gelombang Ultrasonik sebagai adsorben Logam Kadmium(II) dalam Limbah Industri Elektroplating*.
- Marca, Cika Dania dan Rahadian Zainul. (2022). Degradasi Rhodamin B Menggunakan Katalis TiO₂-N Dan Oksidator Hidrogen Peroksida. *Periodic Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 11(2), 89-92.
- Mawarni, Tri, Fadarina, H.C, Martha Aznury, dan Muhammad Taufik. (2021). Degradasi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Sintesis Fotokatalis ZnO/NiFe₂O₄ Dan Diaplikasikan Pada Limbah Cair Industri Pulp Dan Kertas. *Jurnal Kinetika* Vol. 12, No. 3, 44-50.
- Nindya, Miskah Yumna Fajri, dan Anjas. W. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L.)). *IJOB Volume 2*, Nomor 1, 30-34.
- Ningtyas, K. R., Muslihudin, M., Sari, I. N., Produk, P., Politeknik, A. /, Lampung, N., Studi, P., Pangan, T., & Politeknik, /. (n.d.). Sintesis Nanoselulosa dari Limbah Hasil Pertanian dengan Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam Synthesis of Nanoselulosa from Agricultural Waste Using Variation Acid Concentration. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(2), 142–147. <https://doi.org/10.25181/jppt.v120i2.1631>
- Oktapiani, N. K. A., Simpen, I. N., & Negara, I. M. S. (2021). FOTODEGRADASI RHODAMIN B OLEH KATALIS ZEOLIT ALAM-TiO₂/ZnO dan IRRADIASI SINAR TAMPAK. *Jurnal Kimia*, 94. <https://doi.org/10.24843/jchem.2021.v15.i01.p13>
- Praveen et al. (2018). Structural, Optical And Morphological Analyses Of Pristine Titanium Di-Oxide Nanoparticles –Synthesized Via Sol–Gel Route. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 117, 622–62.
- Rathod, M., Moradeeya, P. G., Haldar, S., & Basha, S. (2018). Nanocellulose/TiO₂ composites: preparation, characterization and application in the photocatalytic degradation of a potential endocrine disruptor, mefenamic acid, in aqueous media. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 17(10), 1301–1309. <https://doi.org/10.1039/c8pp00156a>
- Ratnawati, Kevin Gabryelle, Muhammad Fadil Alif Ramadhan, Wahyudin, Aniek Sri Handayani. (2023). Sintesis Berbasis Nanoselulosa-TiO₂ Untuk Pengolahan Limbah Red Base 218. *Jurnal IPTEK*, Vol. 7, No.1: 51-57.

- Rizkiana, J., Fattah Suyadi, A., Auliardi, D., Devianto, H., & Hernas Soerawidjaja, T. (2020). Indonesian Journal of Chemical Research Karakterisasi Fotokatalis Untuk Fotoreduksi Karbon Dioksida Menjadi Asam Format Dalam Fasa Akuatik Photocatalyst Characterization for Photoreduction of Carbon Dioxide to Produce Formic Acid in Aquatic Phase. *J. Chem. Res*, 8(1), 35–42. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2020.8-jen>
- Rehman, R., Waheed-Uz-Zaman, Raza, A., Noor, W., Batool, A., & Maryem, H. (2021). Photocatalytic Degradation of Alizarin Red S, Amaranth, Congo Red, and Rhodamine B Dyes Using UV Light Modified Reactor and ZnO, TiO₂, and SnO₂ as Catalyst. *Journal of Chemistry*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6655070>
- Sangbara, E. T., Tampubolon, H. P. L., Mandalurang, F., Muaja, M. C., Pairunan, R., & Wuntu, A. D. (2023). Isolasi Nanoselulosa Pelepah Aren (Arenga pinnata Merr.) untuk Menurunkan Kandungan Sianida dalam Limbah Tambang Emas Rakyat Sulawesi Utara. *CHEMISTRY PROGRESS*, 16(2), 96–105. <https://doi.org/10.35799/cp.16.2.2023.52459>
- Sanjaya, Hary, Pinta Rida, dan Sherly Kasuma Warda Nigsih. (2017). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG Dengan Metode Fotosonolisis. *Eksakta* Vol. 18 No. 2, 21-29.
- Shimi, Annin K., Hiwa M. Ahmed, Muhammad Wahab, Snehlata Katheria, Saikh Mohammad Wabaidur, Gaber E. Eldesoky, Md Ataul Islam, and Kantilal Pitamber Rane. (2002). Synthesis and Applications of Green Synthesized TiO₂ Nanoparticles for Photocatalytic Dye Degradation and Antibacterial Activity. *Journal of Nanomaterials*, Volume 2022, 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/7060388>.
- Silaban, R., & Harahap, A. U. (2021). Produksi dan Komposisi Nutrisi Limbah Pelepah Tanaman Salak yang Difermentasi dengan Kapang Pelapuk Putih (Phanerochaete chrysosporium). *Journal of Livestock and Animal Health*, 4(1), 15–20. <https://doi.org/10.32530/jlah.v4i1.3170sporium>. *Journal of Livestock and Animal Health*. Vol. 4, No.1, 15-20.
- Soffin dan Munasir. (2023). Review: Green Synthesis Nanopartikel TiO₂ Sebagai Material Fotokatalis. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 12(2), hal 82-91.
- Sujana, G. Agus Permana Putra, Isnaeni, M. Sumadiyasa. (2021). Sintesis Carbon Dot Dengan Bahan Dasar Asam Sitrat Menggunakan Metode Pemanasan Secara Berulang di Dalam Oven Microwave. *Buletin Fisika*, Vol 22(1), 29-37.
- Tan, Jiacheng, Hangjun Deng, Fangfang Lu, Wei Chen, Xiuping Su, and Hairong Wang. (2023). Antibacterial Nanocellulose-TiO₂/Polyester Fabric for the Recyclable Photocatalytic Degradation of Dyes. *Polymers*, 15, 4376, 1-11. <https://doi.org/10.3390/polym15224376>.
- Thamer, N. H., & Hatem, O. A. (2022). Synthesis and Characterization of TiO₂ - Ag-Cellulose Nanocomposite and evaluation of photo catalytic degradation efficiency for Congo Red. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1029(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1029/1/012026>

- Toro, R. G., Adel, A. M., de Caro, T., Brunetti, B., Al-Shemy, M. T., & Caschera, D. (2022a). A Facile One-Pot Approach to the Fabrication of Nanocellulose–Titanium Dioxide Nanocomposites with Promising Photocatalytic and Antimicrobial Activity. *Materials*, 15(16). <https://doi.org/10.3390/ma15165789>
- Triyastiti, L., & Krisdiyanto, D. (2017). Isolasi Nanoselulosa Dari Pelepah Pohon Salak Sebagai Filler Pada Film Berbasis Pilivinil Alkohol (PVA). *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke-6*. 25 Oktober 2017: 223- 236.
- Verma, V., Al-Dossari, M., Singh, J., Rawat, M., Kordy, M. G. M., & Shaban, M. (2022). A Review on Green Synthesis of TiO₂ NPs: Synthesis and Applications in Photocatalysis and Antimicrobial. *Polymers*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/polym14071444>
- Voisin, H., Falourd, X., Rivard, C., & Capron, I. (2021). Versatile nanocellulose-anatase TiO₂ hybrid nanoparticles in Pickering emulsions for the photocatalytic degradation of organic and aqueous dyes. *JCIS Open*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.jciso.2021.100014>
- Wang, Wei, Jinpeng Wang, Xiaomeng Shi, Zhe Yu, Zhe Song, Liang Dong, Guiquan Jiang, and Shiyan Han. (2016). Synthesis of Mesoporous TiO₂ Induced by Nano-Cellulose and Its Photocatalytic Properties. *Bio Resources*, 11(2), 3084-3093.
- Wiranda, Anisa. (2015). *DR UV*. Paper. Faculty of Mathematics and Science, State University of Padang, Padang.
- Yanlinastuti dan Syamsul Fatimah. (2016). Pengaruh Konsentrasi Pelarut Untuk Menentukan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-Zr dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir*, ISSN 1979-2409, No. 17, 22-33.
- Zhan, C., Li, Y., Sharma, P. R., He, H., Sharma, S. K., Wang, R., & Hsiao, B. S. (2019). A study of TiO₂ nanocrystal growth and environmental remediation capability of TiO₂/CNC nanocomposites. *RSC Advances*, 9(69), 40565–40576. <https://doi.org/10.1039/c9ra08861j>