GREEN SYNTHESIS TIO_2 MENGGUNAKAN EKSTRAK KAYU SECANG (*Biancaea sappan* L.) SEBAGAI BIOREDUKTOR DAN UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIBAKTERI

VIKA
H1031201023

SKRIPSI

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

GREEN SYNTHESIS TIO_2 MENGGUNAKAN EKSTRAK KAYU SECANG (*Biancaea sappan* L.) SEBAGAI BIOREDUKTOR DAN UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIBAKTERI

VIKA

H1031201023

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains pada Program Studi Kimia

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	*Green Synthesis* TiO_2 Menggunakan Ekstrak Kayu Secang (*Biancaea sappan* L.) sebagai Bioreduktor dan Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri
Nama Mahasiswa	:	Vika
NIM	:	H1031201023
Jurusan/Program Studi	:	Kimia
Tanggal Lulus	:	29 Juli 2025
SK Pembimbing	:	5681/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 31 Desember 2024
SK Penguji	:	2294/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 18 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Winda Rahmalia, S.Si., M.Si.	Risya Sasri, S.Si., M.Sc.
NIP. 198402272008122004	NIP. 199003102023212041

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Adhitiyawarman, M.Si., Ph.D.	Dr. Endah Sayekti, S.Si., M.Si.
NIP. 198409192008121001	NIP. 197206222000122001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Winda Rahmalia, S.Si., M.Si.	Risya Sasri, S.Si., M.Sc.
NIP. 198402272008122004	NIP. 199003102023212041

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP. 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vika

NIM : H1031201023

Program Studi/Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 16 September 2025

Materai

Vika

H1031201023

GREEN SYNTHESIS TiO_2 MENGGUNAKAN EKSTRAK KAYU SECANG (*Biancaea sappan* L.) SEBAGAI BIOREDUKTOR DAN UJI AKTIVITASNYA SEBAGAI ANTIBAKTERI

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis TiO_2 berbasis *green synthesis* menggunakan ekstrak kayu secang (*Biancaea sappan* L.) sebagai agen pereduksi dan penstabil, serta menguji aktivitas antibakterinya terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Sintesis TiO_2 dilakukan menggunakan 2 metode, yaitu *green synthesis* (penambahan ekstrak) dan konvensional (tanpa ekstrak). Prekursor yang digunakan berupa titanium (IV) tetraisopropoksida (TTIP) dan penambahan volume ekstrak dibuat bervariasi (14%, 25%, dan 33% (v/v)) terhadap volume total larutan sintesis, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik TiO_2. Berdasarkan karakterisasi FTIR diketahui bahwa senyawa bioaktif, seperti brazilin dari ekstrak kayu secang (*Biancaea sappan* L.) berperan sebagai agen pereduksi. Hasil karakterisasi XRD dan UV-Vis DRS menunjukkan bahwa TiO_2 memiliki fasa kristal *anatase* dengan ukuran kristalit 15,8416 – 19,7474 nm, serta *band gap* sebesar 2,52 – 3,03 eV. Uji aktivitas antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram di bawah penyinaran sinar tampak dan UV untuk mengetahui kemampuan TiO_2 dalam menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif (*E. coli*) dan gram positif (*S. aureus*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa TiO_2 hasil *green synthesis* memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* di bawah penyinaran sinar UV. Hasil pengujian TiO_2 terhadap bakteri *E. coli* menghasilkan zona hambat sebesar 2,8 nm; 3,0 nm, dan 5,1 nm berturut-turut untuk TiO_2-14%, TiO_2-25%, dan TiO_2-33%. Hasil pengujian TiO_2 terhadap bakteri *S. aureus* menghasilkan zona hambat sebesar 2,2 nm; 5,9 nm, dan 6,2 nm berturut-turut untuk TiO_2-14%, TiO_2-25%, dan TiO_2-33%. Penelitian ini membuka peluang baru dalam proses *green synthesis* TiO_2 sebagai agen antibakteri yang bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata Kunci: *Green synthesis*, Titanium dioksida (TiO_2), *Biancaea sappan* L., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

GREEN SYNTHESIS OF TiO_2 USING SAPPAN WOOD (*Biancaea sappan* L.) EXTRACT AS A BIOREDUCTANT AND EVALUATION OF ITS ANTIBACTERIAL ACTIVITY

Abstract

This study aimed to synthesize TiO_2 via green synthesis using *Biancaea sappan* L. (sappan wood) extract as a reducing and stabilizing agent, as well as to evaluate their antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. The TiO_2 were synthesized using two methods: green synthesis (with the addition of sappan wood extract) and conventional synthesis (without extract). Titanium (IV) tetraisopropoxide (TTIP) was used as the precursor and the volume of the extract was varied (14%, 25%, and 33% (v/v)) relative to the total synthesis solution volume to assess their influence on the characteristics of the TiO_2. FTIR characterization indicated that bioactive compounds from sappan wood extract, particularly brazilin, played a significant role as reducing agents. XRD and UV-Vis DRS analyses showed that the TiO_2 had an anatase crystalline phase with an average crystallite size of 15,84 – 19,75 nm and a band gap ranging from 2,53 – 3,03 eV. Antibacterial activity was assessed using the disc diffusion method under visible light and UV irradiation to evaluate the inhibition of gram-negative (*E. coli*) and gram-positive (*S. aureus*) bacteria. The results demonstrated that green-synthesized TiO_2 exhibited antibacterial activity against both *E. coli* and *S. aureus* under UV irradiation. The antibacterial test results of TiO_2 against *E. coli* showed inhibition zones of 2.8 nm, 3.0 nm, and 5.1 nm for TiO_2-14%, TiO_2-25%, and TiO_2-33%, respectively. Meanwhile, the antibacterial test results of TiO_2 against *S. aureus* showed inhibition zones of 2.2 nm, 5.9 nm, and 6.2 nm for TiO_2-14%, TiO_2-25%, and TiO_2-33%, respectively. This research presents new opportunities for green-synthesized TiO_2 as environmentally friendly and sustainable antibacterial agents.

Keywords: Green synthesis, Titanium dioxide (TiO_2), *Biancaea sappan* L., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "*Green Synthesis* TiO_2 Menggunakan Ekstrak Kayu Secang (*Biancaea sappan* L.) sebagai Bioreduktor dan Uji Aktivitasnya sebagai Antibakteri". Skripsi ini disusun sebagai satu diantara syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura. Banyak pelajaran berharga yang telah diperoleh penulis selama menempuh perkuliahan sampai penulisan skripsi ini selesai yang tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis dan saudara-saudari, serta keluarga besar tercinta atas doa restu dan dukungan kepada penulis baik moril maupun materil, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan oleh penulis dengan baik.
2. Dr. Winda Rahmalia, S.Si., M.Si. selaku Koordinator Program Studi Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura dan dosen pembimbing pertama yang telah membimbing dan memberi saran, baik selama proses penelitian maupun penulisan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan maksimal.
3. Risya Sasri, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing, memberi saran, motivasi, moril dan materil, baik selama proses penelitian maupun penulisan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan maksimal.
4. Adhitiyawarman, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Dr. Endah Sayekti, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji pertama dan kedua yang telah memberikan masukan dan saran sehingga penulisan skripsi menjadi lebih baik.
5. Dra. Harlia, S.Si., M.Si. dan Titin Anita Zaharah, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan arahan, ilmu, dan motivasi selama penulis menjalankan perkuliahan.
6. Dr. Ajuk Sapar, S.Si., M.Si. dan Prof. Rudiyansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura, serta Bang Yoga Pratam, S.Si. dan Kak Titiek Lestari, S.Si. atas pelayanan laboratorium dan kerja sama yang baik selama penelitian.

7. Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Tanjungpura.
8. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura.
9. Seluruh dosen kimia dan civitas akademik FMIPA Universitas Tanjungpura yang telah memberikan ilmu dan layanan administrasi selama perkuliahan.
10. Qonita Indah Arrusli, Sita Ramadani, Sari Damayanti, Yuniarti, Ananda Rahmadanti, Dionisius Rio, Suci Fairuzita, dan Tegar Wahyu Pratama selaku rekan seperjuangan yang telah memberikan banyak motivasi, saran, dan dukungan selama proses penelitian dan penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh Mahasiswa/i Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura khususnya dan pembaca pada umumnya.

Pontianak, 16 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
Abstrak iv
Abstract v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 *Green Synthesis* TiO_2 4
2.2 Tumbuhan Secang (*Biancaea sappan* L.) 5
2.3 Aktivitas Antibakteri TiO_2 6
2.4 *Fourier Transform Infrared Spectrometry* (FTIR) 7
2.5 *X-ray Diffraction* (XRD) 8
2.6 *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-Vis DRS) 9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 11
3.2 Alat dan Bahan 11
3.3 Prosedur Kerja 11
3.3.1 Ekstraksi kayu secang (*Biancaea sappan* L.) 11
3.3.2 Uji fitokimia ekstrak kayu secang (*Biancaea sappan* L.) 12
3.3.3 Sintesis TiO_2 13
3.3.4 Uji aktivitas antibakteri TiO_2 13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 15
4.1 Ekstrak Kayu Secang (*Biancaea sappan* L.) dan Uji Fitokimia 15

4.2 Sintesis TiO_2 17
4.3 Karakterisasi 20
4.3.1 *Fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) 20
4.3.2 *X-ray diffraction* (XRD) 21
4.3.3 *Diffuse reflectance spectroscopy* (UV-Vis DRS) 23
4.4 Uji Aktivitas Antibakteri TiO_2 24
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 28
5.1 Simpulan 28
5.2 Saran 28
DAFTAR PUSTAKA 29
LAMPIRAN 31

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Kayu Secang (*Biancaea sappan* L.)..... 16
Tabel 4.2 Data XRD TiO_2 Hasil Sintesis..... 22
Tabel 4.3 Diameter Zona Hambat terhadap Bakteri *E. coli* dan *S. aureus* pada Sinar Tampak dan UV 26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kristal TiO_2 4
Gambar 2.2 Kayu Secang (*Biancaea sappan* L.) 5
Gambar 2.3 Struktur Senyawa (**a**) Brazilin dan (**b**) Brazilein 6
Gambar 2.4 Skema Spektrometer FTIR 8
Gambar 2.5 Ilustrasi Prinsip Kerja Instrumen XRD 9
Gambar 2.6 Skema Instrumen UV-Vis DRS 10
Gambar 4.1 Ekstrak Kayu Secang (*Biancaea sappan* L.) 15
Gambar 4.2 Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Kayu Secang (*Biancaea sappan* L.) ... 17
Gambar 4.3 Struktur TTIP 18
Gambar 4.4 Hasil Sintesis TiO_2 secara *Green Synthesis* (**a**) Sebelum dan (**b**) Sesudah Dikalsinasi 18
Gambar 4.5 Hasil Sintesis TiO_2 Konvensional (**a**) Sebelum dan (**b**) Sesudah Dikalsinasi 19
Gambar 4.6 Mekanisme Pembentukan TiO_2 dengan Senyawa Bioaktif 19
Gambar 4.7 Spektra FTIR (**a**) Ekstrak Kayu Secang (*Biancaea sappan* L.) (**b**) TiO_2-C (**c**) TiO_2-14% (**d**) TiO_2-25% (**e**) TiO_2-33% 20
Gambar 4.8 Pola Difraksi dari: (**a**) TiO_2-C (**b**) TiO_2-14% (**c**) TiO_2-25% (**d**) TiO_2-33% 21
Gambar 4.9 Kurva Plot Fungsi Kubelka Munk TiO_2 Hasil Sintesis 23
Gambar 4.10 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri dengan Penyinaran Sinar Tampak 25
Gambar 4.11 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri dengan Penyinaran Sinar UV 26

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Titanium dioksida (TiO_2) atau yang dikenal dengan titania merupakan oksida logam yang banyak dimanfaatkan dalam aplikasi fotokatalis (Eddy *et al*., 2023). Sifat-sifat yang dimiliki oleh TiO_2 seperti stabilitas kimia dan indeks bias yang tinggi, serta keberadaan gugus fungsional yang mengandung oksigen dalam kisi kristalnya menyebabkan TiO_2 banyak digunakan sebagai bahan semikonduktor. Beberapa metode sintesis seperti *chemical vapor deposition* (CVD), *electrochemical deposition*, teknik sol-gel, kristalisasi hidrotermal, dan pengendapan kimia merupakan metode sintesis TiO_2 yang sering digunakan. Metode tersebut melibatkan penggunaan bahan kimia berbahaya, seperti asetil asetonat (mudah terbakar, beracun, dan menyebabkan iritasi) sebagai agen penstabil dan proses yang memerlukan energi tinggi, sehingga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Alternatif yang dapat digunakan untuk meminimalisir dampak tersebut, yaitu menggunakan metode *green synthesis* (Verma *et al.,* 2022).

Green synthesis merupakan metode sintesis partikel logam menggunakan prosedur dan bahan-bahan alami yang ramah lingkungan (Verma *et al.,* 2022). Penggunaan bahan-bahan alami dalam *green synthesis* partikel logam berperan sebagai agen pereduksi dan penstabil, sehingga dapat mengurangi penggunaan agen kimia yang berbahaya bagi lingkungan. *Green synthesis* partikel logam dapat dilakukan menggunakan bioreduktor yang dimediasi dari bakteri, aktinomiset, alga, fungi, ragi, atau ekstrak tanaman. Penggunaan ekstrak tanaman merupakan prosedur yang lebih sederhana dan mudah dalam memproduksi partikel logam dalam skala besar dibandingkan sintesis yang dimediasi oleh bakteri dan fungi (Kaur *et al.,* 2020).

Ekstrak tanaman mengandung komponen fitokimia yang dapat berperan sebagai agen pereduksi yang dapat mereduksi ion logam dan stabilisasi partikel logam. Penelitian yang dilakukan oleh Nurlinda *et al*. (2021) menunjukkan bahwa ekstrak kayu secang (*Biancaea sappan* L.) positif mengandung flavonoid. Senyawa aktif tersebut berperan dalam proses sintesis TiO_2, mereduksi ion logam menjadi

partikel logam. Kandungan senyawa aktif yang dimiliki oleh ekstrak kayu secang juga dapat berperan dalam aktivitas antibakteri dan antioksidan (Nomer *et al.,* 2019).

Selain memiliki aktivitas fotokatalitik yang baik, TiO_2 juga diketahui memiliki aktivitas antibakteri. Penelitian yang dilakukan Younis *et al.* (2023) menunjukkan bahwa TiO_2 memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Sifat oksidasi yang tinggi dari TiO_2 memungkinkannya untuk menghasilkan radikal bebas yang dapat merusak dinding sel bakteri, sehingga menghambat pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme patogen. Berdasarkan struktur dinding sel, bakteri terbagi menjadi dua kelompok, yaitu bakteri gram positif dan negatif. Perbedaan struktur dinding sel dari kedua kelompok bakteri tersebut mempengaruhi aktivitas antibakteri dari TiO_2. Bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan tebal, sedangkan gram negatif memiliki membran luar lipopolisakarida (Tavares *et al*., 2020).

Berdasarkan uraian di atas, dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana karakteristik dan aktivitas antibakteri dari TiO_2 yang disintesis menggunakan ekstrak kayu secang (*Biancaea sappan* L.). Aktivitas antibakteri dari TiO_2 diuji terhadap bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) sebagai bakteri gram negatif dan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) sebagai bakteri gram positif. Selain itu, dilakukan juga analisis *x-ray diffraction* (XRD) untuk mengetahui fasa dan ukuran kristal, *diffuse reflectance spectroscopy* (UV-Vis DRS) untuk mengetahui energi celah pita dari TiO_2 yang diperoleh. Analisis *Fourier transform infrared spectrometry* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi dan interaksi yang terbentuk dari TiO_2 yang disintesis menggunakan ekstrak kayu secang (*Biancaea sappan* L.).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik TiO_2 yang disintesis dengan ekstrak kayu secang (*Biancaea sappan* L.) berdasarkan analisis FTIR, XRD, dan UV-Vis DRS?
2. Bagaimana aktivitas antibakteri TiO_2 terhadap *E. coli* (bakteri gram negatif) dan *S. aureus* (bakteri gram positif)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik TiO_2 yang disintesis dengan ekstrak kayu secang (*Biancaea sappan* L.) berdasarkan analisis FTIR, XRD, dan UV-Vis DRS.
2. Mengetahui aktivitas antibakteri TiO_2 terhadap *E. coli* (bakteri gram negatif) dan *S. aureus* (bakteri gram positif).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk menghasilkan TiO_2 yang memiliki aktivitas antibakteri dan bersifat ramah lingkungan. Titanium dioksida (TiO_2) tersebut diharapkan dapat diaplikasikan dalam bidang kemasan (*smart packaging*) dan pemurnian air.