SINTESIS HIJAU TiO_2 TERDOPING Cu DENGAN EKSTRAK DAUN SALAM (*Syzygium polyanthum*) SEBAGAI MATERIAL AKTIF RESISTOR PEKA CAHAYA

HAZRIL SYUHADA
NIM H1031221058

SKRIPSI

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

SINTESIS HIJAU TiO_2 TERDOPING Cu DENGAN EKSTRAK DAUN SALAM (*Syzygium polyanthum*) SEBAGAI MATERIAL AKTIF RESISTOR PEKA CAHAYA

HAZRIL SYUHADA

NIM H1031221058

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

2026

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Sintesis Hijau TiO_2 Terdoping Cu Dengan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Sebagai Material Aktif Resistor Peka Cahaya
Nama	:	Hazril Syuhada
NIM	:	H1031221058
Jurusan/Program Studi	:	Kimia/S1-Kimia
Tanggal Lulus	:	28 Juli 2026
SK Pembimbing	:	4458/UN22.8/TD.06/2025 / 19-12-2025
SK Penguji	:	3868/DST/UN22.8/DT.00/2026 / 7-7-2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Prof. Berlian Sitorus S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D	Prof. Dr.-Ing. Seno D. Panjaitan, ST., MT., IPM
NIP. 197410102000122006	NIP. 197507162000121001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si	Prof. Risa Nofiani, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197108022000031001	NIP. 197411152000122001

Pimpinan Sidang (Merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (Merangkap anggota penguji)
Prof. Berlian Sitorus S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D	Prof. Dr.-Ing. Seno D. Panjaitan, ST., MT., IPM
NIP. 197410102000122006	NIP. 197507162000121001

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	:	Hazril Syuhada
NIM	:	H1031221058
Program Studi/Jurusan	:	Kimia/S1-Kimia
Fakultas	:	MIPA

Dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran 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 hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan spebagaimana mestinya.

Pontianak, 28 Juli 2026



Hazril Syuhada
H1031221058

SINTESIS HIJAU TiO_2 TERDOPING Cu DENGAN EKSTRAK DAUN SALAM (*Syzygium polyanthum*) SEBAGAI MATERIAL AKTIF RESISTOR PEKA CAHAYA

Abstrak

Sintesis hijau dan karakterisasi TiO_2 terdoping Cu (TiO_2/Cu) telah berhasil dilakukan dengan menggunakan bantuan ekstrak daun salam dengan pelarut air sebagai agen penudung (*capping agent*) dan diuji performanya sebagai material aktif sensor cahaya berbasis perubahan resistansi terhadap perubahan intensitas cahaya atau disebut *Light Dependent Resistor* (LDR). Hasil ekstrak daun salam yang diperoleh mengandung kadar flavonoid total sebesar 67,8 $mgQE/L_{filtrat}$ digunakan sebagai agen penudung (*capping agent*) pada pembentukan partikel TiO_2/Cu untuk mencegah aglomerasi partikel pada proses sintesis TiO_2/Cu. Material disintesis melalui metode *sol-gel* dengan prekursor TTIP dan $CuSO_4$ sebagai sumber ion Cu^{2+} yang dibantu oleh proses ultrasonikasi dan dikalsinasi pada suhu 500 °C. Karakterisasi material dilakukan menggunakan XRF, XRD, SEM-EDX, dan DRS-UV, dilanjutkan dengan pengujian material TiO_2/Cu sebagai komponen dalam LDR yang dirangkai dengan beban listrik berupa lampu LED. Hasil karakterisasi XRF memverifikasi keberadaan unsur dopan Cu sebesar 1,9% secara *bulk*. Analisis XRD mengonfirmasi terbentuknya kristal fasa tunggal anatase berukuran nanometer (9,0 nm) tanpa fasa sekunder. Citra SEM memperlihatkan bahwa TiO_2/Cu hasil sintesis hijau memiliki partikel yang lebih diskret dan terdispersi dibandingkan TiO_2 hasil sintesis tanpa dopan Cu dan bantuan ekstrak daun salam (TiO_2 kontrol). Hasil EDX mendeteksi distribusi atom Cu sekitar 4,2% di permukaan materi. Analisis DRS-UV menunjukkan pengurangan nilai celah pita yang signifikan dari 2,9 eV pada TiO_2 kontrol menjadi 2,0 eV pada TiO_2/Cu, yang membuktikan perluasan respons optik ke spektrum cahaya tampak. Hasil uji LDR menunjukkan material memiliki sensitivitas yang sangat baik; resistansi material turun drastis dari 2.447 Ω pada kondisi gelap menjadi 35 Ω di bawah iluminasi cahaya terik, sehingga sukses diaplikasikan sebagai sakelar otomatis pengontrol LED.

Kata Kunci: LDR, TiO_2/Cu, Sintesis Hijau, Daun Salam

GREEN SYNTHESIS OF Cu-DOPED TiO_2 USING BAY LEAF (*Syzygium polyanthum*) EXTRACT AS AN ACTIVE MATERIAL FOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR

Abstract

The green synthesis and characterization of Cu-doped TiO_2 (TiO_2/Cu) have been successfully carried out using an aqueous bay leaf extract as a capping agent, and its performance was tested as an active material for a light sensor based on resistance changes in response to varying light intensities, known as a Light Dependent Resistor (LDR). The obtained bay leaf extract, containing a total flavonoid content of 67,8 mgQE/L filtrate, was used as a capping agent in the formation of TiO_2/Cu particles to prevent particle agglomeration during the synthesis process. The material was synthesized via the sol-gel method using TTIP precursor and $CuSO_4$ as the source of Cu^{2+} ions, assisted by an ultrasonication process and calcined at 500 °C. Material characterization was performed using XRF, XRD, SEM-EDX, and DRS-UV, followed by testing the TiO_2/Cu material as a component in an LDR connected to an electrical load in the form of an LED lamp. The XRF characterization results verified the presence of the Cu dopant element at 1.9% in bulk. XRD analysis confirmed the formation of nanometer-sized (9.0 nm) single-phase anatase crystals without any secondary phase. SEM images showed that the green-synthesized TiO_2/Cu possessed more discrete and dispersed particles compared to the synthesized TiO_2 without Cu doping and bay leaf extract (control TiO_2). EDX results detected a Cu atom distribution of approximately 4.2% on the material's surface. DRS-UV analysis indicated a significant band gap reduction from 2.9 eV in the control TiO_2 to 2.0 eV in TiO_2/Cu, proving the expansion of the optical response into the visible light spectrum. The LDR test results showed that the material has excellent sensitivity; the material's resistance dropped drastically from 2,447 Ω under dark conditions to 35 Ω under bright light illumination, thus successfully applied as an automatic switch for controlling LEDs.

Keyword: LDR, TiO_2/Cu, Green Synthesis, Bay Leaf

PRAKATA

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh. Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa karena atas berkat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Sintesis Hijau TiO_2 Terdoping Cu Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) Sebagai Material Aktif Sensor Cahaya" untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Umniversitas Tanjungpura

Skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
2. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si., M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
3. Dr. Winda Rahmalia, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
4. Dr. Ari Widiantoro S.Si., M.Si sekaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan bimbingan selama proses perkuliahan di Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjunpura.
5. Prof. Berlian Sitorus, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir I yang sudah memberikan saran, motivasi, dukungan serta telah mendampingi selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
6. Prof, Dr-.Ing, Seno D. Panjaitan, ST., MT., IPM selaku dosen pembimbing tugas akhir II yang telah memberikan saran dan dukungan selama penelitian dan penulisan tugas akhir ini.
7. Prof. Berlian Sitorus, S.Si., M.Si., M.Sc., Ph.D selaku kepala Laboratorium Kimia Terpadu yang telah memberikan izin kepada penulis untuk dapat

melakukan penelitian di Laboratorium Kimia Terpadu, Universitas Tanjungpura.

8. Kedua orang tua, Edi Noviar (Ayah) dan Erna Agustina (Ibu) atas doa, dukungan, dana serta motivasi yanf diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Saudara kandung penulis yaitu Reina Maulanda SH dan Yasmin Nur Amalia yang selalu memberi penulis dukungan dan semangat.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
Abstrak iv
Abstract v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) 4
2.2 TiO_2 Terdoping Cu (TiO_2/Cu) 5
2.3 Sintesis Hijau TiO_2/Cu 6
2.4 Ekstrak Daun Salam (*Syzygium Polyanthum*) 7
2.5 Karakterisasi 8
2.5.1 X-Ray Fluorescence (XRF) 8
2.5.2 X-Ray Diffraction (XRD) 9

2.5.3 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) 10
2.5.4 UV-Visible Diffuse Reflectance Spectrophotometry (UV -DRS) 11
BAB III METODE PENELITIAN 13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 13
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian 13
3.3 Prosedur Kerja 13
3.3.1 Ekstraksi Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) 13
3.3.2 Uji Kadar Total Senyawa Flavonoid Ekstrak Daun Salam 14
3.3.3 Sintesis TiO_2 Terdoping Cu 15
3.3.4 Karakterisasi 15
3.3.5 Fabrikasi Sensor Cahaya (LDR Sederhana) 17
3.3.6 Uji Performa Sensor Cahaya 17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 19
4.1 Penentuan Kadar Total Flavonoid Ekstrak Etanol Daun Salam 19
4.2 Sintesis Komposit TiO_2 Terdoping Cu 20
4.3 Karakterisasi X-Ray Fluorescence (XRF) 23
4.4 Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD) 25
4.5 Karakterisasi Data Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) 27
4.6 Karakterisasi Data Diffuse Reflectance Ultraviolet-Visible Spectrophotometer (DR-UV Spectrophotometer) 29
4.7 Hasil Uji Performa LDR 31
BAB V KESIMPULAN 34
5.1 Kesimpulan 34

DAFTAR PUSTAKA 35

LAMPIRAN 38

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 komposisi unsur TiO_2 referensi dan TiO_2/Cu hasil sintesis 24

Tabel 4.2 Komposisi Oksida TiO_2 Referensi dan TiO_2/Cu Hasil Sintesis 24

Tabel 4.3 Indeks Miller dan posisi puncak difraksi 2θ TiO_2 kontrol serta TiO_2/Cu 25

Tabel 4.4 Nilai FWHM dan d-spacing TiO_2 murni dan TiO_2/Cu..... 26

Tabel 4.5 komposisi unsur Ti, O, Cu hasil karakterisasi EDX..... 29

Tabel 4.6 Hasil tegangan dan arus rangkaian LDR–LED sederhana pada berbagai kondisi pencahayaan 32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Rangkaian sederhana pengujian sensor cahaya 18
Gambar 4.1 Kurva standar kuarsetin 19
Gambar 4.2 Alur sintesis TiO_2 terdoping Cu 20
Gambar 4.3 Reaksi hidrolisis dan kondensasi pada sintesis TiO_2 (Anchieta et al, 2025) 23
Gambar 4.4 a) Difraktogram XRD sampel TiO_2/Cu; b) Difraktogram TiO_2; c) Difraktogram TiO_2 standar dari ICDD..... 26
Gambar 4.5 Citra SEM perbandingan morfologi TiO_2 kontrol dan TiO_2/Cu; A) TiO_2 kontrol 10.000x; B) TiO_2/Cu 10.000x; C) TiO_2 murni 50.000x; D) TiO_2/Cu 50.000x..... 28
Gambar 4.6 Spektrum reflektansi TiO_2/Cu dan TiO_2 kontrol 30
Gambar 4.7 Interpretasi tauc plot TiO_2/Cu dan TiO_2 kontrol..... 30
Gambar 4.8 (a) hubungan Vout–Iout (titik kerja LED); (b) respons Vout dan Iout terhadap intensitas cahaya..... 32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian 38
Lampiran 2. Bagan Alir Penelitian..... 40
Lampiran 3. Perhitungan..... 47
Lampiran 4. Analisis UV-DRS 51
Lampiran 5. Bukti Karakterisasi 53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi meningkatkan kebutuhan akan perangkat sensor di berbagai sektor kehidupan. Secara umum sensor dapat diartikan sebagai komponen yang dapat mengubah fenomena fisik menjadi besaran listrik. Fenomena fisik yang dimaksud adalah seperti cahaya, suhu, atau tekanan. Dengan menggunakan sensor, besaran fisik tersebut diubah menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca dan diproses menggunakan perangkat elektronik untuk menghasilkan serangkaian data yang diolah. Salah satu sensor cahaya yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah resistor peka cahaya atau *Light Dependent Resistor* (LDR). Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip perubahan cahaya menyebabkan perubahan resistansi, yang selanjutnya sensor tersebut dihubungkan pada sebuah rangkaian listrik. Perubahan resistansi ini selanjutnya menghasilkan perubahan nilai tegangan listrik.

Komponen sensor cahaya bekerja menggunakan material semikonduktor yang dapat berinteraksi dengan cahaya dan menghasilkan muatan (*photogenerated carriers*) melalui fenomena eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi (Javaid *et al*., 2021; Molina *et al*., 2014). Sebagai komponen yang umumnya dirancang bekerja di bawah sinar matahari, material aktif LDR idealnya mampu menyerap cahaya pada rentang tampak (*visible*), yaitu panjang gelombang sekitar 400–800 nm, karena sebagian besar energi cahaya matahari yang sampai ke permukaan bumi berada pada rentang tersebut, sementara komponen ultraviolet (UV) hanya sekitar 3–7% (Yigzaw *et al*., 2025). Kemampuan suatu semikonduktor menyerap cahaya ditentukan oleh nilai celah pita energi (*band gap*) yang berbanding terbalik dengan nilai panjang gelombang cahaya yang dapat diserap, dengan demikian, agar responsif terhadap cahaya tampak, material aktif memerlukan nilai celah pita pada kisaran sekitar 1,6–3,1 eV.

Hingga saat ini, bahan yang umumnya dijadikan sebagai material aktif dalam sensor cahaya adalah Cadmium Sulfida (CdS) karena memiliki nilai *band*

gap sebesar 2,42 eV yang membuatnya sangat responsif terhadap cahaya tampak (Abbas, 2025). Namun, penelitian terkini menunjukkan bahwa material berbahan dasar Cadmium (Cd) dapat menimbulkan dampak kesehatan yang serius bahkan pada kadar yang sangat rendah. Tidak hanya berdampak buruk terhadap manusia, material berbasis Cd juga berdampak buruk pada lingkungan karena dapat mencemari tanah dan air sehingga mengganggu bahkan merusak ekosistem (Rasin *et al*., 2025).

Menanggapi permasalahan ini, TiO_2 sebagai material semikonduktor menjadi kandidat alternatif yang potensial untuk menggantikan CdS karena sifat fotokatalitiknya yang baik dan tidak toksik. Namun, TiO_2 memiliki satu masalah fundamental, yaitu memiliki nilai *band gap* ~3,2 eV atau 388 nm sebagai panjang gelombang cahaya yang membuatnya hanya sensitif terhadap sinar UV dan tidak dapat berinteraksi dengan cahaya tampak (Molina *et al*., 2014). Akibatnya, TiO_2 belum dapat bekerja secara maksimal di bawah sinar matahari dan belum dapat menjadi pengganti material berbasis Cd yang efektif.

Penelitian ini menggunakan pendekatan sintesis hijau (*green synthesis*), yaitu sintesis yang memanfaatkan ekstrak bahan alam berupa ekstrak daun salam sebagai agen penudung (*capping agent*). Agen penudung ini mengikat permukaan partikel yang sedang tumbuh dan mencegah aglomerasi; tanpa kehadirannya, partikel cenderung beraglomerasi sehingga luas permukaan yang berinteraksi dengan cahaya berkurang dan efisiensi material menurun (Le *et al*., 2025). Pada penelitian ini digunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai agen penudung alami yang dipilih berdasarkan profil fitokimianya yang kaya akan senyawa golongan flavonoid dan fenolik; gugus polihidroksi dan cincin aromatik pada senyawa tersebut dapat bertindak sebagai ligan yang berikatan kuat dengan partikel semikonduktor sehingga menghambat aglomerasi antarpartikel (Aditya *et al*., 2023; Hassan *et al*., 2023; Singh *et al*., 2020).

Meskipun demikian, penggunaan ekstrak sebagai agen penudung tidak mengubah nilai *band gap* TiO_2 yang tetap berada pada rentang UV. Untuk menggeser serapan cahaya material ke rentang cahaya tampak, diperlukan strategi tambahan penambahan dengan logam transisi seperti tembaga (Cu). Beberapa

penelitian melaporkan bahwa pendopingan TiO_2, khususnya menggunakan tembaga (Cu), dapat menurunkan nilai *band gap* dari rentang UV ke rentang cahaya tampak (Lee *et al*., 2025; Preda *et al*., 2022; Ramzan *et al*., 2021).

Oleh karena itu, telah dilakukan sintesis hijau komposit TiO_2/Cu menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*) sebagai agen penudung, serta pengujian performanya sebagai material aktif sensor cahaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana karakteristik dari material TiO_2/Cu yang disintesis menggunakan ekstrak daun salam (*Syzygium polyanthum*)?
2. Bagaimana performa TiO_2/Cu hasil sintesis sebagai material aktif dalam *LDR* bila digunakan sebagai rangkaian untuk menghidup matikan beban listrik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, penelitian yang diusulkan memiliki tujuan:

1. Melakukan karakterisasi terhadap material TiO_2/Cu (*Syzygium polyanthum*).
2. Menguji performa TiO_2/Cu sebagai material aktif sensor cahaya saat digunakan sebagai rangkaian untuk menghidup matikan beban listrik.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan material semikonduktor ramah lingkungan yang dapat menjadi alternatif pengganti CdS yang bersifat toksik. Hasil penelitian juga diharapkan dapat menjadi acuan untuk pengembangan sensor cahaya berbasis material hijau yang berkelanjutan.