



## **FIKOSIANIN TERKONJUGASI GOLD NANORODS UNTUK APLIKASI PDT/PTT**

**RAIHAN MUHAMMAD AKMAL**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**



## *@Hak cipta milik IPB University*

# IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengulang kepentingan yang wajar IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "**FIKOSIANIN TERKONJUGASI GOLD NANORODS UNTUK APLIKASI PDT/PTT**" adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2025

Raihan Muhammad Akmal  
G7401211022

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak mengulik kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## ABSTRAK

RAIHAN MUHAMMAD AKMAL. Fikosianin Terkonjugasi *Gold Nanorods* untuk Aplikasi PDT/PTT. Dibimbing oleh YESSIE WIDYA SARI dan YULIATI HERBANI.

Kasus kematian akibat kanker meningkat setiap tahunnya. Resistensi sel kanker terhadap kemoterapi menjadi tantangan besar dalam pengobatan kanker. Fototerapi, seperti Fotothermal Terapi (PTT) dan Fotodinamik Terapi (PDT) dapat menjadi alternatif pengobatan kanker dengan mekanisme konversi energi cahaya menjadi panas dan berbagai tipe radikal bebas yang dapat membunuh sel kanker. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh strategi konjugasi fikosianin-*gold nanorods* (PC-AuNRs) terhadap stabilitas dan fungsinya sebagai agen PDT/PTT. PC diekstraksi dari *Spirulina dry powder* dengan metode *freeze-thawing* dan *pre-treatment soaking*. AuNRs disintesis dengan metode fotokimia dengan iradiasi sinar UV-C 3 mW selama 30 menit. Dari 3 variasi konjugasi yang dilakukan, hanya satu variasi yang dapat mempertahankan stabilitas fikosianin dalam sistem konjugat, yaitu variasi PC-AuNRs 2:1. Variasi tersebut memiliki tingkat kestabilan yang baik pada penyimpanan hingga 7 hari. Setelah 7 hari penyimpanan, sistem konjugat menunjukkan peningkatan absorbansi di sekitar 739 nm yang menunjukkan adanya pertambahan pembentukan sistem konjugat. Sistem konjugat menunjukkan fungsinya sebagai agen PTT dengan peningkatan suhu hingga 71 °C pada iradiasi laser 639 nm 1 Watt. Sistem konjugat juga memproduksi radikal superoksida lebih baik dibanding dengan PC ataupun AuNRs saja ketika diiradiasi, yang menunjukkan fungsi sistem konjugat PC-AuNRs sebagai agen PDT/PTT.

Kata Kunci: AuNRs, Fikosianin, PDT, PTT.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak menghilangkan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RAIHAN MUHAMMAD AKMAL. Phycocyanin Conjugated Gold Nanorods for Photothermal/Photodynamic Therapy Application. Supervised by YESSIE WIDYA SARI and YULIATI HERBANI.

Cancer-related mortality continues to escalate annually, with chemotherapy resistance posing an obstacle to effective treatment. Phototherapy, including Photothermal Therapy (PTT) and Photodynamic Therapy (PDT), have emerged as promising alternatives by converting light energy into heat and reactive oxygen species to destroying cancer cells. This study investigates the impact of conjugation strategies between gold nanorods (AuNRs) and phycocyanin (PC) on its stability and functional performance of the resulting conjugates as PDT/PTT agents. PC was extracted from Spirulina dry powder using a freeze-thaw cycles and pre-treatment soaking. AuNRs were synthesized through a photochemical approach involving 30 minutes of UV-C irradiation at 3 mW. Among three conjugation variants tested, only the PC-AuNRs with a 2:1 ratio maintained PC stability within the conjugate system. This variant demonstrated stability over a 7-day storage. An increase in absorbance at 739 nm was observed after 7 days, suggesting enhanced conjugate formation. The conjugate system exhibited significant photothermal activity, achieving temperatures up to 71 °C under 639 nm laser irradiation at 1 Watt. Additionally, it generated higher levels of superoxide compared to PC or AuNRs alone, confirming its dual function as a PDT agent. These findings underscore the potential of the PC-AuNRs 2:1 conjugate as a candidate for PDT/PTT agents.

Keywords: Gold Nanorods, Photodynamic Therapy, Photothermal Therapy, Phycocyanin.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengulang kepentingan yang wajar IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah,
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.*



## **FIKOSIANIN TERKONJUGASI GOLD NANORODS UNTUK APLIKASI PDT/PTT**

**RAIHAN MUHAMMAD AKMAL**

**Skripsi**

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada  
Program Studi S1 Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**



Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Prof. Dr. Akhiruddin, M.Si.
- 2 Dr. Faozan Ahmad, M.Si.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengulik kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Fikosianin Terkonjugasi *Gold Nanorods* untuk Aplikasi PTT/PDT  
Nama : Raihan Muhammad Akmal  
NIM : G7401211022

Disetujui oleh

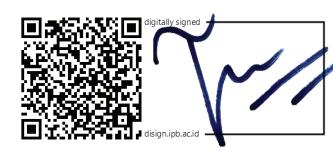
Pembimbing 1 :  
Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si.  
NIP. 198004142012122004



Pembimbing 2 :  
Dr. Yuliati Herbani, M.Sc.  
NIP. 197907162002122008

Diketahui oleh

Kepala Departemen Fisika :  
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada W.P, S.Si., M.Si.  
NIP. 19720519 199702 1 001



Tanggal ujian : 12 Juni 2025

Tanggal lulus :

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak mengulang kepentingan yang wajar IPB University.



## *@Hak cipta milik IPB University*

## IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengulik kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak menghilangkan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga usulan penelitian dengan judul "**FIKOSIANIN TERKONJUGASI GOLD NANORODS UNTUK APLIKASI PDT/PTT**" dibuat sebagai salah satu syarat melaksanakan penelitian di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing yaitu Ibu Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si. sebagai pembimbing 1 dan Dr. Yuliaty Herbani, M.Sc., sebagai pembimbing 2 yang telah membimbing dan banyak memberikan saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada ibu, bapak, serta seluruh keluarga yang telah memberi dukungan, doa, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan usulan penelitian ini. Selain itu, terima kasih kepada sahabat setia Ena yang telah menemani penulis selama perkuliahan di IPB, Jesika, Fahmi, juga teman-teman ESC dan Fisika IPB angkatan 58 lainnya yang penulis cintai serta seluruh civitas akademika Fisika IPB yang selalu memberikan perhatian, dorongan dan motivasi yang menjadi salah satu sumber semangat bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa usulan penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini dapat dilaksanakan sesuai dengan yang diharapkan dan memberikan hasil penelitian yang bermanfaat.

Bogor, Maret 2025

*Raihan Muhammad Akmal*



## *@Hak cipta milik IPB University*

## IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengulik kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>viii</b>
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Hipotesis	2
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Photodynamic Therapy</i>	3
2.2. <i>Photothermal Therapy</i>	4
2.3. Fikosianin, <i>Photosensitizer</i> dari Spirulina	6
2.4. <i>Gold Nanorods</i>	7
<b>III METODE PENELITIAN</b>	<b>8</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Penelitian	8
3.3.1 Ekstraksi Fikosianin Spirulina	8
3.3.2 Sintesis <i>Gold Nanorods</i>	9
3.3.3 Konjugasi Fikosianin dengan <i>Gold Nanorods</i>	9
3.3.4 Uji Stabilitas Fikosianin Terkonjugasi <i>Gold Nanorods</i>	9
3.3.5 Uji Efektivitas Fikosianin Terkonjugasi <i>Gold Nanorods</i> sebagai Agen PDT/PTT	10
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>11</b>
4.1 Fikosianin dari <i>Spirulina sp.</i>	11
4.2 Pembentukan <i>Gold Nanorods</i>	13
4.3 Sistem Konjugat PC-AuNRs	16

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak mengulang kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



<b>V SIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>25</b>
5.1 Simpulan	25
5.2 Saran	25
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>26</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>32</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	<b>46</b>

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengulik kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengulang kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## DAFTAR GAMBAR

1	Diagram jablonski yang disederhanakan (Overchuk <i>et al.</i> 2023)	3
2	Pengaruh suhu pada sel dan jaringan (Vilches dan Quidant 2020)	5
3	Struktur kimia fikosianin	6
4	Spektrum absorbansi fikosianin 1:15	11
5	(a) Fikosianin standar (Nair <i>et al.</i> 2023) dan (b) fikosianin hasil ekstraksi	12
6	Spektrum absorbansi <i>gold nanorods</i>	14
7	Reproduksibilitas <i>gold nanorods</i> dengan metode fotokimia	14
8	Spektrum absorbansi <i>aging gold nanorods</i> 1-21 hari	15
9	(a) Zeta potensial PC dan (b) AuNRs	16
10	Dari kiri ke kanan (a) PC-AuNRs 2:1 ; PC-AuNRs 1:1 ; PC-AuNRs 1:2 dan (b) spektrum absorbansi ketiga variasi	17
11	Perbandingan absorbansi PC, AuNRs, dan PC-AuNRs	18
12	(a) Zeta potensial PC-AuNRs 2:1 dan (b) perbandingan spektrum PL PC, AuNRs, dan PC-AuNRs	19
13	Spektrum absorbansi <i>aging</i> PC-AuNRs hingga 21 hari	19
14	Perbandingan peningkatan suhu PC, AuNRs, dan PC-AuNRs dengan iradiasi laser 639 nm 1 Watt	20
15	Perbandingan stabilitas absorbansi (a) PC, (b) AuNRs, dan (c) PC-AuNRs saat diiradiasi laser 639 nm 1 Watt	21
16	Perbandingan deteksi ROS (a) tanpa <i>pre-treatment</i> iradiasi 639 nm dan (b) dengan <i>pre-treatment</i> iradiasi 639 nm	22
17	Perbandingan peningkatan suhu PC, AuNRs, dan PC-AuNRs dengan iradiasi laser 639 nm 363 mW	23
18	Stabilitas absorbansi (a) PC, (b) AuNRs, dan (c) PC-AuNRs dengan iradiasi laser 639 nm 363 mW	24

## DAFTAR TABEL

1	Kategori stabilitas berdasarkan potensial zeta (Saranya dan Premalatha 2016)	9
---	--	---



## DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir pelaksanaan penelitian	33
2	Tabel rencana jadwal kegiatan penelitian	34
3	Perhitungan konsentrasi dan kemurnian fikosianin	35
4	<i>Shifting</i> AuNRs	36
5	Zeta potensial PC dan AuNRs	38
6	FT-IR fikosianin	39
7	<i>Shifting</i> dan penurunan absorbansi PC-AuNRs	40
8	Zeta potensial PC-AuNRs	41
9	Data peningkatan suhu sampel	42
10	Data deteksi radikal superoksida	45

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.