

FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* BERBASIS PEWARNA ORGANIK KLOROFIL DAN *CO-ACTIVE LAYER CARBON QUANTUM DOTS*

SHEVARA RAMINDA FERRETA



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

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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Fabrikasi dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cell* berbasis Pewarna Organik Klorofil dan *Co-active Layer Carbon Quantum Dots*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun 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, Mei 2025

Shevara Raminda Ferreta
NIM G7401211087

- 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.

ABSTRAK

SHEVARA RAMINDA FERRETA. Fabrikasi dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cell* berbasis Pewarna Organik Klorofil dan *Co-active Layer Carbon Quantum Dots*. Dibimbing oleh AKHIRUDDIN dan ERUS RUSTAMI.

DSSC (*dye sensitized solar cell*) adalah sel surya generasi ketiga dengan *sensitizer* berupa pewarna sebagai material penyerap cahaya. Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi DSSC, salah satunya adalah menambahkan CQD (*carbon quantum dots*). Dalam penelitian ini, semikonduktor TiO_2 disintesis dengan metode *wet chemical precipitation*, klorofil diekstrak dari tanaman bayam, dan CQD disintesis dari prekursor kitosan dengan metode hidrotermal. CQD memiliki properti optik yaitu puncak absorpsi pada 394 nm dan emisi pada 539 nm. Dilakukan pembuatan tiga sampel DSSC, yaitu sampel tanpa modifikasi, *co-sensitizer*, dan *co-active*. Sampel *co-active* mengalami kenaikan efisiensi dari 0,0005% menjadi 0,0020%, sementara sampel *co-sensitizer* mengalami kenaikan efisiensi dari 0,0005% menjadi 0,0006%, tetapi FF menurun. Kenaikan performa disebabkan oleh penambahan CQD pada lapisan TiO_2 yang dapat memperluas area permukaan untuk penyerapan *dye*, injeksi elektron yang lebih efisien, dan mengurangi rekombinasi.

Kata kunci: CQD, DSSC, klorofil, TiO_2

ABSTRACT

SHEVARA RAMINDA FERRETA. Fabrication and Characterization of Dye Sensitized Solar Cells Based on Chlorophyll Organic Dye and Co-active Layer of Carbon Quantum Dots. Supervised by AKHIRUDDIN and ERUS RUSTAMI.

DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) is a third generation solar cell that uses dye molecules as light absorbing sensitizers. Various efforts have been made to improve the efficiency of DSSC, one of which involves the incorporation of carbon quantum dots (CQD). In this study, TiO_2 semiconductor was synthesized using the wet chemical precipitation method, chlorophyll was extracted from spinach leaves, and CQD were synthesized from chitosan precursors via the hydrothermal method. The optical properties of the CQD showed an absorption peak at 394 nm and an emission peak at 539 nm. Three types of DSSC samples were fabricated, an unmodified sample, a co-sensitizer sample, and a co-active sample. The co-active sample showed an increase in efficiency from 0.0005% to 0.0020%, while the co-sensitizer sample showed a slight increase from 0.0005% to 0.0006%, although its fill factor (FF) decreased. The performance improvement is attributed to the addition of CQD to the TiO_2 layer, which enhances the surface area for dye adsorption, enables more efficient electron injection, and reduces recombination.

Keywords: Carbon dots, chlorophyll, DSSC, TiO_2



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

- 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.

Perpustakaan 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 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 apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

- 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.

Perpustakaan IPB University

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI *DYE SENSITIZED SOLAR CELL*
BERBASIS PEWARNA ORGANIK KLOROFIL DAN *CO-ACTIVE LAYER*
*CARBON QUANTUM DOTS***

SHEVARA RAMINDA FERRETA

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**



@Hak cipta milik IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1 Dr. Agus Kartono, S.Si., M.Si.

2 Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., 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 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 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.

Judul Skripsi : Fabrikasi dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cell* berbasis Pewarna Organik Klorofil dan *Co-active Layer Carbon Quantum Dots*
Nama : Shevara Raminda Ferreta
NIM : G7401211087

Disetujui oleh

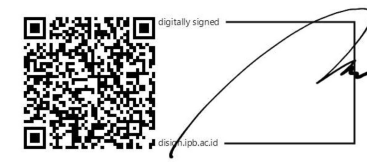
Pembimbing 1 :

Prof. Dr. Akhiruddin, S.Si., M.Si.
NIP. 196609071998021006



Pembimbing 2 :

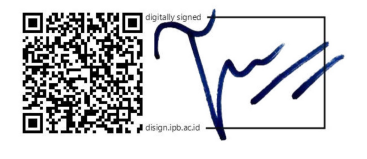
Dr. Erus Rustami, S.Si., M.Si.
NIP. 198302262015041001



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika :

Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada, S.Si., M.Si.
NIP. 197205191997021001



Tanggal Ujian :

12 Juni 2025

Tanggal Lulus :

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah dengan judul “Fabrikasi dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cell* berbasis Pewarna Organik Klorofil dan *Co-active Layer Carbon Quantum Dots*” berhasil diselesaikan.

Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing, Prof. Dr. Akhiruddin, S.Si., M.Si. dan Dr. Erus Rustami, S.Si., M.Si. yang telah membimbing, memberikan saran, dan arahan. Penulis juga berterima kasih kepada dosen penguji, Dr. Agus Kartono S.Si., M.Si. dan Dr. Heriyanto Syafutra S.Si., M.Si. atas saran dan masukan yang telah diberikan dalam penyusunan skripsi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua orang tua yang telah memberi dukungan, doa, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Selain itu, terima kasih kepada teman-teman Fisika IPB angkatan 58 serta seluruh civitas akademika Fisika IPB yang selalu memberikan motivasi bagi penulis. Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2025

Shevara Raminda Ferreta

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

:

1. Pengarang 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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Dye-sensitized Solar Cell (DSSC)	3
2.2 Carbon Quantum Dots (CQD)	5
2.3 Semikonduktor TiO_2	7
2.4 Klorofil	8
2.5 Elektrolit Redoks	8
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.3.1 Sintesis dan Karakterisasi TiO_2	9
3.3.2 Sintesis Larutan Elektrolit	9
3.3.3 Sintesis dan Karakterisasi <i>Carbon Quantum Dots</i>	10
3.3.4 Ekstraksi dan Karakterisasi Klorofil	10
3.3.5 Sintesis <i>Counter-Electrode</i> Perak	10
3.3.6 Fabrikasi DSSC	11
3.3.7 Uji I-V Sel Surya	12
3.4 Karakterisasi	13
3.4.1 Karakterisasi XRD	13
3.4.2 Analisis Spektrofotometri UV-Vis	13
3.4.3 Analisis Kurva I-V	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Analisis XRD dan SEM	15
4.1.1 Pola XRD TiO_2	15
4.1.2 Citra SEM TiO_2	16
4.2 Analisis Properti Optik	17



	viii
4.2.1 Properti Optik Klorofil	17
4.2.2 Properti Optik CQD	18
4.3 Analisis Kurva I-V DSSC	20
V SIMPULAN DAN SARAN	25
5.1 Simpulan	25
5.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
RIWAYAT HIDUP	33

DAFTAR TABEL

1 DSSC pada literatur terdahulu	4
2 Capaian modifikasi DSSC pada literatur terdahulu	4
3 Modifikasi DSSC dengan CQD	6
4 DSSC dengan <i>dye</i> klorofil	8
5 Rancangan struktur sampel fabrikasi DSSC	11
6 Karakteristik sampel DSSC	23

DAFTAR GAMBAR

1 Skema struktur DSSC (Yahya <i>et al.</i> 2021)	3
2 Struktur kristal TiO ₂ anatase, <i>rutile</i> , dan <i>brookite</i> (Katal <i>et al.</i> 2019)	7
3 Larutan elektrolit	10
4 Lapisan perak pada kaca	11
5 Fotoanoda DSSC	11
6 Struktur DSSC sampel 1, 2, dan 3	12
7 Skema tingkatan energi DSSC	12
8 Pengujian I-V DSSC	12
9 Rangkaian uji I-V	13
10 Difraktogram TiO ₂	15
11 SEM TiO ₂ perbesaran 50000x	16
12 Distribusi ukuran partikel berdasarkan citra SEM	17
13 Spektrum absorpsi klorofil	18
14 <i>Tauc plot</i> klorofil	18
15 Spektrum serapan dan emisi CQD	19
16 <i>Tauc plot</i> CQD	19
17 <i>Dynamic light scattering</i> CQD	20
18 <i>Equivalent circuit</i> dari sel surya	21
19 <i>Device</i> DSSC	21
20 Kurva I-V 3 sampel DSSC	22