

**PENGARUH KETEBALAN LAPISAN TiO<sub>2</sub> DALAM STRUKTUR DSSC  
TERHADAP EFISIENSI SEL SURYA MENGGUNAKAN DYE HASIL  
EKSTRAK DAUN BINAHONG (*ANREDERA CORDIFOLIA*)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Program Studi Fisika Departemen Pendidikan Fisika  
Kelompok Bidang Kajian Fisika Material



oleh

**Abdan Itsarul Muflih J. Lallo**

**1805456**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2022**

PENGARUH KETEBALAN LAPISAN  $\text{TiO}_2$  DALAM STRUKTUR DSSC  
TERHADAP EFISIENSI SEL SURYA MENGGUNAKAN *DYE* HASIL  
EKSTRAK DAUN BINAHONG (*ANREDERA CORDIFOLIA*)

Oleh

Abdan Itsarul Muflih J. Lallo

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Fisika Departemen Pendidikan Fisika

Konsentrasi Fisika Material

FPMIPA UPI

© Abdan Itsarul Muflih J. Lallo

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2022

Hak cipta dilindungi Undang-Undang


Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak  
ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin penulis.

## LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KETEBALAN LAPISAN  $TiO_2$  DALAM STRUKTUR DSSC  
TERHADAP EFISIENSI SEL SURYA MENGGUNAKAN *DYE* HASIL  
EKSTRAK DAUN BINAHONG (*ANREDERA CORDIFOLIA*)

Disetujui dan disahkan oleh :

Pembimbing I,



9/7/2022  
all telah

Dr. Endi Suhendi, M.Si

NIP.197905012003121001

Pembimbing II,



Dr. Eka Cahya Prima, S.Pd, M.T

NIP.199006262014041001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Fisika



Dr. Endi Suhendi, M.Si

NIP .197905012003121001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**PENGARUH KETEBALAN LAPISAN TiO<sub>2</sub> DALAM STRUKTUR DSSC TERHADAP EFISIENSI SEL SURYA MENGGUNAKAN DYE HASIL EKSTRAK DAUN BINAHONG (*ANREDERA CORDIFOLIA*)**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2022

Yang membuat pernyataan

**Abdan Itsarul Muflih J. Lallo**

**NIM.1805456**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT Yang Maha Kuasa, karena berkat rahmat, serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Ketebalan Lapisan  $TiO_2$  Dalam Struktur DSSC Terhadap Efisiensi Sel Surya Menggunakan *Dye* Hasil Ekstrak Daun Binahong (*Androdera Cordifolia*)” dengan baik. Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika, Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis berharap bahwa skripsi ini akan dapat bermanfaat sebagai informasi ilmu pengetahuan khususnya bagi penulis serta umumnya untuk para pembaca nantinya. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan baik dari hal data, maupun hasil serta analisis yang disajikan secara deskripsi. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang dapat membangun agar skripsi ini bisa mendekati skripsi yang mendekati sempurna untuk dikembangkan nantinya.

Bandung, Juli 2022

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah rabbil'alam, puji syukur kepada Allah SWT. yang maha kuasa, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian serta penulisan skripsi ini dengan berbagai hambatan baik dari factor teknis, penyusunan instrument, pengambilan data, dan sebagainya yang dapat penulis lewati dengan baik. Dengan segala kerendahan hati, segala hormat penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini banyak memperoleh do'a, bantuan, bimbingan, dorongan dan dukungan, serta motivasi dari berbagai pihak yang baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Maka pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT. yang telah memberikan kekuatan, kemudahan, serta kelancaran dan menjadi sandaran utama bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Keluarga tercinta Ayah, Ibu, Adna Tajriyaani Jun Lallo, S.Pd., Abqoriyyatin Ilmi Jun Lallo, dan Alvin Rakhmat Wirakusumah, S.T. yang telah mendukung peneliti dalam melaksanakan penelitian melalui do'a, dukungan dan motivasi dari segi finansial, yang tak pernah henti diberikan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Endi Suhendi, M.Si. selaku ketua program studi fisika FPIMPA UPI dan selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah membimbing penulis selama penelitian berlangsung sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian.
4. Bapak Dr, Eka Cahya Prima, S.Pd. MT., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah membimbing, memberikan saran dan motivasi kepada penulis selama penelitian berlangsung.
5. Bapak Dr. Dadi Rusdiana, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan do'a, semangat, motivasi, serta membimbing peneliti selama peneliti berkuliah di Program Studi Fisika Jenjang S-1 FPMIPA UPI.

6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen beserta staff Tata Usaha Departemen Pendidikan Fisika yang telah membantu peneliti selama penelitian ini berlangsung.
7. Untuk M. Taufik Oktavianto, S.I.Kom. dan keluarganya yang telah memberikan semangat, do'a, serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
8. Untuk Rekan-Rekan MATFIZ CUIII : Tashya Anandita, Ghina Almira Salsabila, Husna Hanifa, dan Xorel Ivanov Monov yang telah berjuang bersama dan memberikan semangat dan motivasi selama perkuliahan di Fisika UPI.
9. Rekan-Rekan Fisika Material : Rahma Mutia, Adryan Ashidiq, Prima Fitri R, Meilisyah Putri U, Tashya Anandita, Xorel Ivanov Monov, Husna Hanifa, Maghfirani Aulia R selaku rekan seperjuangan penelitian.
10. Untuk Galih Nur Octafian, Yovita Salsa, Shandi Gusti P, Naftalia Trivenia S, Moch. Robiansyah, dan Vidya Alzahra selaku teman seperjuangan di Departemen Pendidikan Fisika UPI yang selalu memberi dukungan penuh selama perkuliahan.
11. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Fisika angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan serta motivasi selama perkuliahan hingga selesai perkuliahan.
12. Nada Fadhilah, Rosita Nadif, Rahma Nur Arsyani, Zefanya Nezalita, Mahadewi Sukmaputri selaku teman-teman yang telah memberikan dukungan, dan motivasi dalam penyelesaian penulisan skripsi.
13. Siti Afifah, Puspa Nurochmawati, Shalma Rachmawati, dan Rifka Amelia selaku teman-teman yang meberikan motivasi, dukungan serta do'a kepada penulis dalam penyelesaian penulisan skripsi.

## ABSTRAK

# PENGARUH KETEBALAN LAPISAN TiO<sub>2</sub> DALAM STRUKTUR DSSC TERHADAP EFISIENSI SEL SURYA MENGGUNAKAN DYE HASIL EKSTRAK DAUN BINAHONG (*ANREDERA CORDIFOLIA*)

oleh

**Abdan Itsarul Muflih J. Lallo**

**NIM 1805456**

**(Program Studi Fisika)**

Sel surya jenis *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) adalah sel surya generasi ketiga dalam pemanfaatan prinsip elektrokimia. Sel surya jenis ini diyakini mampu menyediakan konsep alternatif dengan biaya yang cukup terjangkau dalam pembuatannya, serta dengan teknologi fabrikasi yang lebih sederhana dibandingkan dengan sel surya berbahan silikon kristal. Penelitian ini memfokuskan pada penentuan ketebalan dari kristalinitas serta morfologi dari fotoelektroda TiO<sub>2</sub> dengan sifat optik *dye* ekstrak daun Binahong (*Anredera Cordifolia*). Karakterisasi kristalinitas dan morfologi foto elektroda diperoleh dari pengolahan data XRD dan SEM, karakterisasi sifat optik diperoleh dari hasil absorbansi serta LHE menggunakan *UV-Vis Spectrophotometer*, sedangkan pengaruh *dye* terhadap kinerja DSSC ditentukan oleh potensial redoks menggunakan *Cyclic Voltammetry* dan penentuan sifat listrik sampel DSSC meliputi  $J_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $FF$ , serta efisiensi dengan menggunakan *Standard Solar Simulator 1.5 AM filter 100 mW/cm<sup>2</sup>*. Pengolahan data dari hasil karakterisasi tersebut menghasilkan kristalinitas TiO<sub>2</sub> dengan fasa anatase sebesar 64 nm serta ukuran bulir dari karakterisasi SEM yang menghasilkan struktur morfologi ukuran bulir yang seragam sebesar 66 nm. Peningkatan absorbansi serta LHE dari *dye* yang dibuat dengan penambahan fotoelektroda TiO<sub>2</sub> dengan perbedaan ketebalan lapisan menghasilkan potensial redoks *dye* (HOMO/LUMO) sebesar 1.81 eV pada *dye* klorofil dengan penambahan fotoelektroda TiO<sub>2</sub> yang menghasilkan nilai 1.97 eV pada satu lapisan fotoelektroda. Sampel terbaik yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sampel dengan *dye* hasil ekstrak daun binahong yang ditambah dengan empat lapis TiO<sub>2</sub> menghasilkan efisiensi sebesar 7.24% dengan densitas arus *short-circuit* ( $J_{sc}$ ) 2.68 mA/cm<sup>2</sup>, tegangan *open-circuit* ( $V_{oc}$ ) 0.77 V, dan  $FF$  33.82 %. Hal ini disebabkan oleh adanya energi foton yang terabsorpsi dan teradsorpsi pada permukaan TiO<sub>2</sub>, serta proses difusi elektron pada proses transfer elektron berlangsung secara cepat. Namun, tingkat ketebalan dari fotoelektroda TiO<sub>2</sub> dapat meningkatkan kinerja yang optimum pada sampel DSSC.

Kata Kunci: *dye-sensitized solar cell*, fotoelektroda TiO<sub>2</sub>, fotosensitizer.



## ABSTRACT

### ***THE EFFECT OF TiO<sub>2</sub> LAYER THICKNESS ON STRUCTURE OF DSSC ON SOLAR CELLS EFFICIENCY USING DYE EXTRACT OF BINAHONG LEAF (ANREDERA CORDIFOLIA)***

by

**Abdan Itsarul Muflih J. Lallo**

**NIM 1805456**

***(Physics Study Program)***

*Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) is the third generation of solar cells in electrochemical utilization. This type of solar cell is believed to provide an alternative concept with a fairly affordable cost in its manufacture and a simpler fabrication technology than solar cells made from crystalline silicon. This research focuses on the thickness, crystallinity, and morphology of TiO<sub>2</sub> photoelectrodes with optical properties of Binahong leaf extract dye (Andredera Cordifolia). Characterization of crystallinity and morphology of photos obtained from XRD and SEM data processing, characterization of optical properties obtained from absorbance results, and LHE using UV-Vis Spectrophotometer, while the effect of dye on DSSC performance was determined by redox potential using Cyclic Voltammetry and electrical properties of DSSC samples including J<sub>sc</sub>, Voc, FF, and efficiency by using Standard Solar Simulator 1.5 AM filter 100 mW/cm<sup>2</sup>. Data processing from the characterization results resulted in the crystallinity of TiO<sub>2</sub> with an anatase phase of 64 nm and the grain size of the SEM characterization, which resulted in a uniform grain size morphological structure of 66 nm. The increase in absorbance and LHE of the dye made with the addition of TiO<sub>2</sub> photoelectrode with different coatings resulted in a dye redox potential (HOMO/LUMO) of 1.81 eV on chlorophyll dye with the addition of TiO<sub>2</sub> photoelectrode which resulted in a value of 1.97 eV on one layer of photoelectrodes. The best sample produced in this study was a sample with dye from binahong leaf extract added with four layers of TiO<sub>2</sub>, resulting in an efficiency of 7.24% with a short-circuit current density short-circuit (J<sub>sc</sub>) of 2.68 mA/cm<sup>2</sup>, an open-circuit voltage (Voc) of 0.77 V, and 33.82 % FF. This is due to the photon energy being absorbed and adsorbed on the TiO<sub>2</sub> surface and the fast electron diffusion process in the electron transfer process. However, the thickness level of the TiO<sub>2</sub> photoelectrode can increase the optimal performance of the DSSC sample.*

*Keyword: dye-sensitized solar cell, TiO<sub>2</sub> photoelectrode, photosensitizer.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Penelitian .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penyusunan Laporan .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Sel Surya ( <i>Photovoltaic</i> ).....	7
2.2 <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	10
2.2.1 <i>Anredera Cordifolia</i> (Daun Binahong).....	13
2.3 Komponen DSSC .....	14
2.3.1 Indium Tin Oxide .....	15
2.3.2 Foelektroda .....	15
2.3.3 Fotosensitizer.....	16
2.3.4 Elektrolit Redoks .....	17
2.3.5 Elektroda Balik rGO .....	18
2.3.6 Pelarut.....	19
2.4 Prinsip Kerja DSSC .....	19
2.4.1 Ekstraksi dengan Metode Maserasi .....	21
2.5 Karakterisasi Sel Surya Klorofil.....	21
BAB III METODE PENELITIAN .....	25

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.2 Instrumen Penelitian.....	25
3.2.1 Alat.....	25
3.2.2 Bahan.....	25
3.3 Tahapan Penelitian .....	26
3.3.1 Studi Literatur .....	27
3.3.2 Preparasi Pembuatan Fotoelektroda TiO <sub>2</sub> .....	27
a. Preparasi Pembuatan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	27
b. Preparasi TiO <sub>2</sub> <i>Thin Film</i> Standar .....	28
c. Sintering TiO <sub>2</sub> .....	30
d. Karakterisasi Nanopartikel TiO <sub>2</sub> .....	30
e. Analisis Kristalinitas serta Morfologi Fotoelektroda TiO <sub>2</sub> .....	31
3.3.3 Preparasi Pembuatan <i>Dye</i> sebagai Fotosensitizer .....	31
a. Karakterisasi Natural Dye Sensitizer .....	33
b. Analisis Sifat Optik <i>Dye</i> Klorofil Sebagai Fotosensitizer.....	34
c. Analisis Pengaruh <i>Dye</i> Klorofil Terhadap Kinerja DSSC .....	35
3.3.4 Preparasi Pembuatan Solar Cell.....	35
a. Preparasi pembuatan lapisan <i>counter electrode</i> rGO.....	36
b. Preparasi pembuatan <i>Solar Cells</i> .....	37
c. Pengukuran Efisiensi DSSC.....	38
d. Analisis Data Pengukuran Efisiensi DSSC .....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Identifikasi Fotoelektroda Nanopartikel TiO <sub>2</sub> .....	41
4.1.1 Analisis Struktur Kristal TiO <sub>2</sub> .....	41
4.1.2 Analisis Struktur Morfologi TiO <sub>2</sub> .....	42
4.2 Identifikasi Natural <i>Dye</i> Fotosensitizer Klorofil dari Hasil Ekstraksi .....	46
4.2.1 Analisis Absorbansi .....	46
4.2.2 Analisis LHE.....	49
4.3 Pengaruh <i>Natural Dye</i> Klorofil Terhadap Kinerja DSSC.....	50
4.3.1 Analisis Potensial Reduksi dan Oksidasi <i>dye</i> dari karakterisasi <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV).....	50
4.3.2 Analisis Bandgap .....	52
4.3.3 Analisis Sifat Listrik .....	54
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI.....	57

5.1 Simpulan .....	57
5.2 Implikasi.....	58
5.3 Rekomendasi.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Ketebalan Lapisan elektroda TiO <sub>2</sub> .....	45
Tabel 4. 2 Persentase LHE .....	50
Tabel 4. 3 Nilai HOMO-LUMO .....	52
Tabel 4. 4 Hasil UV-Vis dengan metode Tauc Plot.....	54
Tabel 4. 5 Kinerja DSSC.....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk Kisi Kristal TiO <sub>2</sub> Fasa Rutile (kanan) dan Fasa Anatase (kiri) (Hastuti, 2011).....	10
Gambar 2. 2 Struktur klorofil a dan b (Hao S. W., 2006).....	13
Gambar 2. 3 Daun Binahong (Mauizzati Purba, 2016).....	14
Gambar 2. 4 Struktur Kimia Binahong (Mauizzati Purba, 2016).....	14
Gambar 2. 5 Kinetika fotosensitizer cis-Ru(dcbpy) <sub>2</sub> (NCS) <sub>2</sub> -TiO <sub>2</sub> solar cel dengan mediator elektrolit redoks I-/I <sup>3-</sup> (Boschloo, 2009).....	18
Gambar 2. 6 2-Ethoxyethanol (sigma-aldrich, 2021).....	19
Gambar 2. 7 Prinsip kerja dan diagram level energi dye sensitized solar cell (Sun, 2009).....	20
Gambar 2. 8 Perbandingan Spektrum Solar Simulator dari PV Measurement dan AM 1,5 Global (Sun, 2009).....	22
Gambar 2. 9 Karakteristik tegangan dalam kurva rapat arus (Sun, 2009).....	24
Gambar 3. 1 Bagan Alir Tahapan Penelitian.....	26
Gambar 3. 3 Bahan Dasar Pembuatan TiO <sub>2</sub> .....	27
Gambar 3. 2 Proses Pembuatan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	28
Gambar 3. 4 Substrat ITO.....	28
Gambar 3. 5 Preparasi pembuatan Fotoelektroda TiO <sub>2</sub> .....	29
Gambar 3. 6 Proses Sintering Semikonduktor TiO <sub>2</sub> .....	30
Gambar 3. 7 Preparasi Dye Klorofil dari ekstrak daun Binahong.....	32
Gambar 3. 9 Alat CV.....	34
Gambar 3. 8 Kurva C-V.....	34
Gambar 3. 10 Perendaman Semikonduktor TiO <sub>2</sub> pada Dye.....	36
Gambar 3. 11 Counter electrode.....	37
Gambar 3. 12 Pembuatan Solar Sel.....	37
Gambar 3. 13 Rangkaian untuk mengukur karakteristik photocurrent dan photovoltage DSSC.....	38
Gambar 3. 14 Pengukuran DSSC di bawah solar simulator.....	38

Gambar 4. 1 Sampel Sel DSSC.....	40
Gambar 4. 2 Struktur Lapisan Sel Surya.....	40
Gambar 4. 3 Pola Difraksi Nanokristalin TiO <sub>2</sub> .....	41
Gambar 4. 4 Struktur morfologi TiO <sub>2</sub> tampak atas dengan perbesaran (a) 50000x. (b) 30000x (c) 20000x. (d) 10000x (e) 5000x.....	43
Gambar 4. 5 Struktur morfologi TiO <sub>2</sub> dengan perbesaran 30000x .....	44
Gambar 4. 6 Struktur morfologi thin film TiO <sub>2</sub> tampak samping .....	45
Gambar 4. 7 Spektrum absorbansi natural dye klorofil hasil ekstrak daun Anredera Cordifolia .....	46
Gambar 4. 8 (a) Spektrum Transmittansi TiO <sub>2</sub> (b) Spektrum Absorpsi TiO <sub>2</sub> .....	47
Gambar 4. 9 Spektrum Absorbansi dengan perbedaan lapisan TiO <sub>2</sub> yang telah direndam pada dye .....	48
Gambar 4. 10 Light Harvesting Efficiency (LHE).....	49
Gambar 4. 11 Potensial Oksidasi dan Reduksi .....	51
Gambar 4. 12 Tauc Plot (a) Anredera Cordifolia (b) TiO <sub>2</sub> .....	53
Gambar 4. 13 Tauc Plot Anredera Cordifolia yang ditambahkan dengan TiO <sub>2</sub> ...	53
Gambar 4. 14 Kurva karakteristik J-V .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil software Match! .....	67
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi XRD dengan persamaan Scherrer.....	69
Lampiran 3. Hasil pengukuran grain pada SEM.....	69
Lampiran 4. Hasil sampel sel DSSC .....	69