

**KARAKTERISTIK *DYE* ORGANIK ALAM DAN *DYE* BERAS HITAM TERSISIPI
Cu DALAM *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

TESIS

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Magister
Ilmu Fisika**



Oleh

Ulfa Mahfudli Fadli

S911408006

**PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2016**

**KARAKTERISTIK *DYE* ORGANIK ALAM DAN *DYE* BERAS HITAM
TERSISIPI Cu DALAM *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

TESIS

**Oleh
Ulfa Mahfudli Fadli
S911408006**

**Telah dipertahankan di depan penguji
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal 2016**

Tim Penguji:

Jabatan	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Prof. Dra. Suparmi, M.A., Ph.D. NIP 195209151976032001
Sekretaris	Khairuddin, M.Phil, Ph.D. NIP 197010181997021001
Anggota Penguji	Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D. NIP 196103061985031002
	Dr. Agus Supriyanto, M.Si. NIP 196908261999031001

Mengetahui:

Direktur
Pascasarjana

Ketua Program Studi
Ilmu Fisika

Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd
NIP 196007271987021001

Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D.
NIP 196103061985031002

PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul: “**Karakteristik Dye Organik Alam dan Dye Beras Hitam Tersisipi Cu dalam Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)**” ini adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dengan acuan yang disebutkan sumbernya, baik dalam naskah karangan dan daftar pustaka. Apabila ternyata di dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi, baik Tesis beserta gelar magister saya dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Tesis pada jurnal atau forum ilmiah harus menyertakan tim promotor sebagai *author* dan PPs UNS sebagai institusinya. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta,2016

Mahasiswa,

6000

Ulfa Mahfudli Fadli

S911408006

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas ke-Maha Rahman dan Rahim-Nya, penulis dapat menyelesaikan tesis “**Karakteristik Dye Organik Alam dan Dye Beras Hitam Tersisipi Cu dalam Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)**”. Penyusunan tesis ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Ilmu Fisika, Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta. Dengan segala suka dan dukanya, pada akhirnya tesis ini dapat terselesaikan. Kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan tesis ini penulis ucapkan terima kasih. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd, selaku Direktur Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta, sekaligus sebagai Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan tesis ini.
3. Bapak Dr. Agus Supriyanto, M.Si., selaku pembimbing II yang telah dengan sabar membimbing dan mengajari penulis, serta memberikan semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak / Ibu Dosen Program Studi Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah memberikan banyak Ilmu Fisika.
5. Rekan-rekan sejawat Magister Ilmu Fisika angkatan agustus 2014, terimakasih atas kritik, saran dan dukungan dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Keluargaku, ayah, ibu, serta adik-adikku yang selalu memberikan dukungan dan doa, kalian semua permata dalam hatiku.
7. Bapak / Ibu di Laboratorium Material dan Kimia FMIPA atas segala bantuannya dalam menangani masalah- masalah alat eksperimen dan terimakasih atas saran-sarannya.
8. Kakak tingkat angkatan february 2013, mas iman dan mas dani yang telah berbagi pengalaman dan pengetahuan serta sebagai penyemangat bagi adik tingkatmu ini.
9. Seseorang yang telah membantuku bertahan, untuk sungguh-sungguh mengerjakan tesis ini sampai selesai tepat waktu, memberi semangat, aku sangat berterimakasih.

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan tesis ini.

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Amiin. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan tesis ini, oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dari pembaca untuk kebaikan dimasa mendatang, dan penulis berharap semoga karya kecil ini dapat diambil manfaatnya.

Penelitian ini didanai oleh LPPM, Hibah Pascasarjana UNS dengan Nomor **698/UN27/PN/2015** Tanggal 11 Mei 2015.

Surakarta, 15 Juni 2016

Penulis

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Sesungguhnya sesudah Kesulitan itu ada Kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), Kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”.

(Q.S.Al-Insyirah: 6-7)

“Hidup adalah Suatu perjalanan, jadikan hidup ini selalu menjadi lebih berMakna dalam tiap menitiYa dan jadilah pemenAng dari setiap masalah yaNG kita Hadapi”

“ Walau ilmu masih sedikit, teruslah kau sampaikan. Sesungguhnya buah dari pengalaman itu jauh lebih berharga dari timbunan ilmu yang sekedar menjadi pengetahuan. ”

Karya tulis berupa Tesis ini saya Persembahkan kepada:
Orangtua ku dan Adik-Adik ku serta Orang Terkasih yang telah
memberikan doa, Dukungan baik moril dan materi serta
motivasi, semangat dan nasehat yang tak terbatas.

Ulfa Mahfudli Fadli, S911408006. **Karakteristik Dye Organik Alam dan Dye Beras Hitam Tersisipi Cu dalam Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)**. Tesis. Pembimbing I: Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D. Pembimbing II: Dr. Agus Supriyanto, M.Si. Program Studi Ilmu Fisika, Program Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik optik, fotokonduktivitas, dan arus tegangan (I-V) dye organik alam yang berbahan dasar sawi putih (*Brassica chinensis L.*), jahe merah (*Zingiber officinale var rubrum*), kayu manis (*Cinnamomum zaylanicum*), kunyit (*Curcuma longa L.*), beras hitam (*Oriza sativa L. indica*) dan struktur molekul pada dye *Oriza sativa L. indica* yang tersisipi tembaga (Cu). Sifat optik diuji menggunakan *Spectrophotometer UV Visible Lambda 25*, fotokonduktivitas diuji menggunakan *El-Kahfi 100*, I-V pada DSSC diuji menggunakan *Keithley I-V meter 2602A* dengan intensitas 1000 W/m^2 dan struktur molekul diuji menggunakan *Spectrophotometer FTIR*.

Absorbansi berbagai dye organik alam berada di daerah panjang gelombang ultraviolet (UV) dan cahaya tampak (VIS). Nilai absorbansi tertinggi terjadi pada dye *Cinnamomum zaylanicum* sebesar 253 nm dan 403 nm. Nilai konduktivitas tertinggi terjadi pada dye *Zingiber officinale var rubrum* sebesar $0,292 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$, dan efisiensi tertinggi terjadi pada dye *Oriza sativa L indica* sebesar 0,039%.

Efisiensi DSSC pada dye *Oriza sativa L indica* dapat ditingkatkan dengan penyisipan Cu. Pergeseran struktur molekul terjadi setelah dye *Oriza sativa L indica* tersisipi Cu. Efisiensi tertinggi dye *Oriza sativa L indica* mencapai 0,0496%, setelah penyisipan 4 gram Cu mencapai efisiensi 0,0846%. Penyisipan logam Cu mampu meningkatkan efisiensi sebesar 71%. Efisiensi tertinggi didapatkan ketika dye memakai 4 lapisan tipis TiO_2 .

Kata kunci : **DSSC, Brassica, Zingiber, Cinnamomum, Curcuma, Oriza, Cu.**

Ulfa Mahfudli Fadli, S911408006. **Characteristics of Nature Organic Dye and Black Rice Dye with Cu Insertion in Dye sensitized Solar Cell (DSSC)**. Thesis. Advisor I: Prof. Drs. Cari. M.A., M.Sc., Ph. D. Advisor II: Dr. Agus Supriyanto, M.Sc. Program Study of Physics Science. Post-graduate Program of Sebelas Maret University, Surakarta.

ABSTRACT

The aims of this research are to determine the characteristics of optical, photoconductivity, and the current voltage (I-V) of nature organics dye are based *Brassica chinensis L.*, *Zingiber officinale var rubrum*, *Cinnamomum zaylanicum*, *Curcuma longa L.*, *Oryza sativa L. indica* and molecular structure of the *Oryza sativa L. indica* dye with copper (Cu) insertion. Optical properties were tested using *UV-Vis Spectrophometer Lambda 25*, photoconductivity were tested using *El-Kahfi 100*, I-V of DSSC were tested using *Keithley I-V meter 2602A* with 1000 W/m^2 intensity and the molecular structure were tested using *FTIR Spectrophometer*.

Absorbance various nature organic dye is in the region of ultraviolet (UV) wavelengths and visible light (VIS). The highest absorbance values was occurred in dye *Cinnamomum zaylanicum* at 253 nm and 403 nm. The highest conductivity value was occurred on the dye *Zingiber officinale var rubrum* is $0.292 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ and the highest efficiency was occurred on the *Oryza sativa L. indica* dye is 0.039%.

DSSC efficiency of the *Oryza sativa L. indica* dye can be improved by the Cu insertion. Shifting the molecular structure was occurred after the *Oryza sativa L. indica* dye insertion of Cu. The highest efficiency of *Oryza sativa L. indica* dye was reached 0.0496%, while insertion of 4 grams Cu achieved efficiency 0.0846%. The result showed that the efficiency increase of 71%. The highest efficiency was obtained when the dye has 4 thin layers of TiO_2 .

Keywords : **DSSC, Brassica, Zingiber, Cinnamomum, Curcuma, Oryza, Cu.**

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN PENGUJI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Tinjauan Pustaka	6
1. Pewarna (<i>Dye</i>) Organik Alam	6
2. <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	11
a. Elektroda Kerja (TiO ₂).....	12
b. Logam Campuran <i>Dye</i>	15
c. Elektroda Lawan	17
d. Elektrolit	17
3. Karakteristik Arus-Tegangan (<i>I-V</i>) DSSC.....	19
4. Karakteristik Sifat Optik Material	20
5. Karakterisasi Sifat Kimiawi Material	21

6. Karakteristik Kelistrikan (Konduktivitas)	25
B. Penelitian Yang Relevan	25
C. Kerangka Berfikir.....	26
D. Hipotesis	27

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
B. Tatalaksana Penelitian	28
1. Alat Penelitian	28
2. Bahan Penelitian.....	29
3. Diagram Penelitian	29
4. Metodologi	31
a. Persiapan	31
b. Ekstraksi Pewarna (<i>Dye</i>)	32
c. <i>Sintering</i> dan <i>Annealing</i> Pasta TiO ₂ (Elektroda Kerja)	32
d. Pembuatan Platina (Elektroda Lawan)	33
e. Preparasi Elektrolit	34
f. Pewarnaan TiO ₂	34
g. <i>Asembling</i> Pengujian Sel Surya DSSC.....	34
h. Karakterisasi Optik dan Kelistrikan (Konduktivitas)	35
i. Karakterisasi Sifat Kimia (Struktur Molekul)	36
j. Pengujian Karakteristik I-V DSSC.....	36

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Berbagai Bahan <i>Dye</i> Organik	37
1. Sawi Putih.....	37
2. Jahe Merah, Kayu Manis, Kunyit dan Beras Hitam.....	40
B. Karakterisasi Sifat Optik (Absorbansi) <i>Dye Oriza sativa L. indica</i> yang Tersisipi Logam Tembaga.....	45
C. Karakterisasi Kelistrikan (Konduktivitas) <i>Dye Oriza sativa L. indica</i> yang Tersisipi Logam Tembaga.....	48
D. Karakterisasi Stuktur Molekul <i>Dye Oriza sativa L. indica</i> yang Tersisipi Logam Tembaga.....	49

E. Karakterisasi I-V DSSC <i>Dye Oriza sativa L. indica</i> yang Tersisipi Logam Tembaga	51
1. Efisiensi Berdasarkan Luas Pendeposisian	51
2. Efisiensi Berdasarkan Elektrolit	52
3. Efisiensi Berdasarkan Massa Cu dan Jumlah Lapisan TiO ₂	54

BAB V KESIMPULAN

A. Kesimpulan	57
B. Saran	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Efisiensi dengan Variasi Intensitas pada DSSC Sawi Putih.....	39
Tabel 4.2. Nilai Konduktivitas Gelap dan Terang Berbagai <i>Dye</i> Organik.....	41
Tabel 4.3. Karakteristik I-V Berbagai <i>Dye</i> Organik.....	43
Tabel 4.4. Interpretasi Spektra FTIR	50
Tabel 4.5. Efisiensi Berdasarkan Luas Pendeposisian	51
Tabel 4.6. Efisiensi Berdasarkan Massa Cu dan Jumlah Lapisan TiO ₂	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Beras Hitam (<i>Oriza sativa L. indica</i>) dan Sawi Putih (<i>Brassica chinensis L.</i>).....	6
Gambar 2.2. Kunyit (<i>Curcuma longa L.</i>), Jahe Merah (<i>Zingiber officinale Var. Rubrum</i>) dan Kayu Manis (<i>Cinnamomum zaylanicum</i>)	7
Gambar 2.3. Stuktur Ikatan Molekul Kurkumin (1), 4- demetoksikurkiunin (2), bisdemetoksikurkumin (3) dan dihidrokurkumin (4)	7
Gambar 2.4. Struktur Kimia Dasar Antosianin (a), Struktur Antosianin dalam Asam dan Basa (b), Rangkaian Antosianin dengan TiO ₂ (c).....	8
Gambar 2.5. Spektrum Absorbansi Klorofil.....	10
Gambar 2.6. Struktur Molekuler Klorofil.....	10
Gambar 2.7. Skema Penyerapan dan Proses Emisi Partikel Berenergi.....	11
Gambar 2.8. Struktur <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	12
Gambar 2.9. Perubahan Ukuran Partikel Anatase dan Rutil sebagai Fungsi Temperatur	13
Gambar 2.10. Perpindahan Elektron pada TiO ₂ Akibat Energi Cahaya.....	13
Gambar 2.11. Struktur Sianidin.....	15
Gambar 2.12. Absorpsi Senyawa Sianidin pada Permukaan TiO ₂	16
Gambar 2.13. Kurva (I-V) untuk Menentukan Efisiensi DSSC	19
Gambar 2.14. Skema Penurunan Intensitas Radiasi pada Material	20
Gambar 2.15. Skema Alat Spektroskopi FTIR, dengan Sumber Inframerah (1), Pembagi Berkas (2), Kaca Pemantul (3), Sensor Inframerah (4), Sampel (5), dan Display (6).....	22
Gambar 2.16. Skema Tingkat Energi Molekul Diatomik.....	23
Gambar 3.1. Diagram Proses Pendopongan Logam Tembaga ke dalam <i>Dye Oriza sativa L. indica</i>	30
Gambar 3.2. Diagram Alir Fabrikasi DSSC Menggunakan <i>Dye</i> yang Didoping Logam Cu	31
Gambar 3.3. Area Pendeposisian TiO ₂ di Kaca FTO	33
Gambar 3.4. Hasil Perakitan DSSC untuk Karakterisasi I-V	35
Gambar 3.5. Seperangkat Alat Uji Konduktivitas <i>El-Kahfi</i> / I-V Meter dan Skema Pengujian	35

Gambar 3.6. Skema Pengujian Keithley I-V Meter 2602A dan Proses Karakterisasi Arus Tegangan pada Keadaan Terang.....	36
Gambar 4.1. Kurva Absorbansi Sawi Putih.....	37
Gambar 4.2. Kurva Karakteristik Arus Tegangan Sawi Putih dengan Intensitas 250 W/m ² , 500 W/m ² , dan 750 W/m ²	39
Gambar 4.3. Kurva Absorbansi <i>Dye</i> Jahe Merah, Kayu Manis, Kunyit dan Beras Hitam	41
Gambar 4.4. Kurva Konduktivitas Keadaan Gelap dan Terang pada <i>Dye</i> Jahe Merah, Kayu Manis, Kunyit dan Beras Hitam	42
Gambar 4.5. Kurva I-V Jahe Merah, Kayu Manis, Kunyit dan Beras Hitam.....	44
Gambar 4.6. Kurva Spektrum Absorbansi <i>Dye</i> dan <i>Dye</i> +Cu.....	46
Gambar 4.7. Kurva Spektrum Absorbansi TiO ₂ <i>Dye</i> +Cu dan TiO ₂	47
Gambar 4.8. Kurva Konduktivitas <i>Dye</i> dan <i>Dye</i> +Cu	48
Gambar 4.9. Kurva FTIR <i>Dye</i> Beras Hitam	49
Gambar 4.10. Kurva FTIR <i>Dye</i> Beras Hitam + Logam Cu	50
Gambar 4.11. Kurva Efisiensi Tertinggi pada Luasan 1 cm ²	52
Gambar 4.12. Kurva Elektrolit KI.....	53
Gambar 4.13. Kurva Elektrolit NaI	53
Gambar 4.14. Kurva Karakteristik I-V DSSC <i>Dye</i> dan <i>Dye</i> +Cu 4 gram (0,73 M) pada 4 lapis TiO ₂	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal Penelitian.	62
Lampiran 2. Data Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Sawi Putih 250 W/m ² Keadaan Terang dan Nilai Efisiensi	63
Lampiran 3. Data Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Sawi Putih 500 W/m ² Keadaan Terang dan Nilai Efisiensi	64
Lampiran 4. Data Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Sawi Putih 750 W/m ² Keadaan Terang dan Nilai Efisiensi	65
Lampiran 5. Data dan Perhitungan Konduktivitas Keadaan Terang Dye Jahe Merah	66
Lampiran 6. Data dan Perhitungan Konduktivitas Keadaan Terang Dye Kayu Manis....	67
Lampiran 7. Data dan Perhitungan Konduktivitas Keadaan Terang Dye Kunyit	68
Lampiran 8. Data dan Perhitungan Konduktivitas Keadaan Terang Dye Beras Hitam ...	69
Lampiran 9. Data dan Perhitungan Konduktivitas Keadaan Gelap Dye Jahe Merah.....	70
Lampiran 10. Data dan Perhitungan Konduktivitas Keadaan Gelap Dye Kayu Manis....	71
Lampiran 11. Data dan Perhitungan Konduktivitas Keadaan Gelap Dye Kunyit	72
Lampiran 12. Data dan Perhitungan Konduktivitas Keadaan Gelap Dye Beras Hitam ...	73
Lampiran 13. Data Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Jahe Merah dan Nilai Efisiensi	74
Lampiran 14. Data Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Kayu Manis dan Nilai Efisiensi	75
Lampiran 15. Data Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Kunyit dan Nilai Efisiensi.....	76
Lampiran 16. Data Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Beras Hitam dan Nilai Efisiensi	77
Lampiran 17. Data Konduktivitas dye Beras Hitam sebelum dicampur Cu.....	78
Lampiran 18. Data Konduktivitas dye Beras Hitam setelah dicampur Cu 4 gram.....	79
Lampiran 19. Data Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Beras Hitam dengan 4 lapis TiO ₂	80
Lampiran 20. Data Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Beras Hitam + Logam Cu sebanyak 4 gram dan dengan 4 lapis TiO ₂	81
Lampiran 21. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY 2015	82
Lampiran 22. Prosiding Seminar Nasional Fisika Jember 2015	87
Lampiran 23. Prosiding Seminar Nasional Fisika Surabaya 2015	97