View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Sebelas Maret Institutional Repository

VARIASI KOMPOSISI ZAT PEWARNA TERHADAP KINERJA *DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS* (DSSC)

Disusun oleh:

DINASTI DWI PRATIWI
M0211019

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Januari, 2016

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

Variasi Komposisi Zat Pewarna terhadap Kinerja *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC)

Oleh:

Dinasti Dwi Pratiwi

M0211019

Telah disetujui oleh

Pembimbing I

Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si. Tanggal : 28-12-2015

NIP. 19721013 200003 1 002

Pembimbing II

Dr. Eng. Risa Suryana, S.Si., M.Si. Tanggal : 28/12/2015

NIP. 19710831 200003 1 005

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Variasi Komposisi Zat Pewarna terhadap Kinerja *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC)

Yang ditulis oleh :

Nama : Dinasti Dwi Pratiwi

NIM : M0211019

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 12 Januari 2016

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji

   Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si.

   NIP. 19690826 199903 1 001 .....

2. Sekertaris Penguji

   Drs. Iwan Yahya., M.Si.

   NIP. 19670730 199302 1 001 .....

3. Anggota Penguji 1

   Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si.

   NIP. 19721013 200003 1 002 .....

4. Anggota Penguji 2

   Dr. Eng. Risa Suryana, S.Si., M.Si.

   NIP. 19710831 200003 1 005 .....

Disahkan pada tanggal 22-01-2016

Oleh

Kepala Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sebelas Maret Surakarta

Dr. Fahru Nurosyid., S.Si., M.Si

NIP. 19721013 200003 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual Skripsi saya yang berjudul "VARIASI KOMPOSISI ZAT PEWARNA TERHADAP KINERJA *DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS* (DSSC)" adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini. Isi Skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka Skripsi ini dan segala bentuk bantuan dari semua pihak telah ditulis di bagian ucapan terimakasih. Isi Skripsi ini boleh dirujuk atau difotokopi secara bebas tanpa harus memberitahu penulis.

Surakarta, 4 Januari 2016

Dinasti Dwi Pratiwi

MOTTO

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka dia berada di jalan Allah sampai dia kembali”
(HR. Tirmidzi)

“Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu”
(QS. Al Baqarah : 45)

“Janganlah kamu (merasa) lemah, dan jangan (pula) bersedih hati, sebab kamu paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang beriman”
(QS. Ali ‘Imran : 139)

“Bila kamu tak tahan lelahnya belajar, maka kamu akan menanggung perihnya kebodohan”
(Imam Syafi’i)

“Manfaatkanlah lima (keadaan) sebelum (datangnya) lima (keadaan yang lain) : Hidupmu sebelum matimu, sehatmu sebelum sakitmu, waktu luangmu sebelum waktu sempitmu, masa mudamu sebelum masa tuamu, dan kayamu sebelum miskinmu”
(HR. Al-Hakim dan Al-Baihaqi)

“Accept your past without regret, handle your present with confidence, face your future without fear”
(Amazing Grace)

“Bahwa hidup harus menerima, penerimaan yang indah. Bahwa hidup harus dimengerti, pengertian yang benar. Bahwa hidup harus memahami pemahaman yang tulus”
(Darwis Tere Liye)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Maha Besar Allah atas segala karunia dan rizki yang melimpah, saya persembahkan karya ini kepada:

1. Ibunda tercinta (Murjiyanti), ayahanda tercinta (Sungadi), kakak (Mas Fajar dan Mbak Anis), Om Suripto, Tante Harning, dan keluarga yang senantiasa memberikan support berupa moral dan materi serta do'a yang mengiringi langkah saya dalam meniti kesuksesan.
2. Ibu Dr. Yofentina Iriani, selaku dosen pembimbing akademik yang telah mendidik dan memberi nasihat dengan penuh kesabaran.
3. Bapak Dr. Fahru Nurosyid, selaku dosen pembimbing skripsi pertama yang telah membimbing, mengarahkan, dan mendukung dengan kesabaran dan sepenuh hati.
4. Bapak Dr. Eng. Risa Suryana, selaku dosen pembimbing skripsi kedua yang telah membimbing dengan kesabaran dan kesungguhan.
5. Komunitas *Material Physics Research Group* FMIPA UNS.
6. Rekan-rekan seperjuangan Fisika FMIPA UNS angkatan 2011.
7. Adik-adik Fisika FMIPA UNS angkatan 2012, 2013, 2014, dan 2015.

Variasi Komposisi Zat Pewarna terhadap Kinerja *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC)

DINASTI DWI PRATIWI
Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Variasi komposisi zat pewarna terhadap kinerja *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC) telah dibuat dengan mencampur *dye* alami dan *dye* sintesis. *Dye* alami yang digunakan adalah ekstrak klorofil lumut dan antosianin kol merah, sedangkan *dye* sintesis dari *ruthenium complex* N719. DSSC terdiri dari TiO_2 sebagai elektroda kerja, lapisan karbon sebagai elektroda lawan, klorofil dan antosianin sebagai fotosensitizer, dan elektrolit I/I_3^-, serta disusun struktur *sandwich.* Karakterisasi yang dilakukan meliputi, absorbansi dengan spektrofotometer *UV-Vis*, efisiensi dengan *Keithley I-V* Meter, dan efisiensi kuantum dengan IPCE *Measurement System.* Absorbansi *dye* klorofil lumut pada panjang gelombang 400 nm – 500 nm dan 550 nm – 700 nm, hasil absorbansi campuran *dye* sintesis dan klorofil lumut mampu memperlebar panjang gelombang serapan cahaya menjadi 400 nm – 700 nm. Absorbansi *dye* antosianin kol merah pada panjang gelombang 450 nm – 580 nm, hasil absorbansi campuran *dye* sintesis dan antosianin kol merah mampu meningkatkan puncak absorbansi. Karakteristik *I-V* menunjukkan bahwa efisiensi DSSC meningkat dengan penambahan *dye* sintesis N719 ke dalam *dye* alami. Penambahan pewarna sintesis 20% dalam *dye* klorofil lumut meningkatkan efisiensi sebesar 95%, sedangkan *dye* antosianin kol merah sebesar 47%. Karakteristik IPCE pada DSSC klorofil lumut menunjukkan bahwa serapan panjang gelombang 550 nm - 600 nm memberikan kontribusi tertinggi terbentuknya arus, sedangkan DSSC antosianin kol merah yang memberikan kontribusi tertinggi pada panjang gelombang 400 nm - 450 nm.

Kata kunci : Klorofil, antosianin, efisiensi, IPCE

The Variation Composition of Dye on the *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC) Performance

DINASTI DWI PRATIWI
Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sebelas Maret University

ABSTRACT

The variation composition of dye on the Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) performance has been made with the mixture of natural dye and synthesis of dye. The natural dye used in this experiment was extracted from moss chlorophyll and red cabbage anthocyanin, while synthesis of dye was extracted from ruthenium complex N719. The sandwich structure of DSSC consist of TiO_2 as working electrode, carbon layer as counter electrode, chlorophyll and anthocyanin as photozensitizer, and electrolyte of I^-/I_3^-. The absorbance of dye was characterized using UV-Vis spectrophotometer, the efficiency of DSSC was calculated using *I-V* Meter Keithley, and the quantum efficiency was characterized using IPCE Measurement System. Dye absorption of moss chlorophyll is 400 nm – 500 nm and 550 nm – 700 nm of wavelength range, the mixture of natural dye and synthesis of dye has successfully enlarge the wavelength absorption into 400 nm – 700 nm. The absorption of dye anthocyanin of red cabbage is 450 nm – 580 nm wavelength, the mixture of red cabbage anthocyanin and synthesis of dye successfully increasing of the absorbance peak as well. The *I-V* meter characterization shows that the DSSC efficiency increase as the addition of synthesis of dye N719 into natural dye. The addition of synthesis of dye 20% into chlorophyll dye increase the efficiency about 95%, while anthocyanin dye of red cabbage increase the efficiency about 47%. The IPCE characteristic in the DSSC containing of moss chlorophyll dye show that the wavelength absorption of 550 nm – 600 nm contributed in highest current formation, while the DSSC containing of red cabbage anthocyanin contributed in current formation in the wavelength of 400 nm – 450 nm.

Keywords : Chlorophyll, anthocyanin, efficiency, IPCE

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah SWT karena berkat limpahan rahmat-Nya, penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW, kelurganya, para sahabat, hingga kepada umatnya hingga akhir zaman, aamiin.

Penyusunan skripsi ini diajukan untuk memenuhi gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta. Judul skripsi yang penulis susun adalah "Variasi Komposisi Zat Pewarna terhadap Kinerja *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC)". Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati dan senang hati menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu, ayah, kakak, dan saudara-saudara tercinta yang telah banyak memberikan do'a, semangat, kasih sayang, dan bantuan baik secara moral maupun materi demi lancarnya skripsi ini.
2. Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si. selaku pembimbing I yang selalu mencurahkan perhatian, bimbingan, nasehat, dan waktunya selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Dr. Eng. Risa Suryana, S.Si., M.Si. selaku pembimbing II yang senantiasa membimbing dengan kesabaran hingga penyelesaian skripsi ini.
4. Dr. Yofentina Iriani, S.Si., M.Si. selaku pembimbing akademik yang selalu mendidik dan memberi nasehat dengan penuh kesabaran.
5. Bapak dan Ibu Dosen Fisika FMIPA UNS yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu selama mengikuti perkuliahan sampai akhir penulisan skripsi.
6. Pihak DIKTI yang telah memberikan dana penelitian melalui Program Kreativitas Mahasiswa 2014 bagi penulis.

7. Sahabat-sahabat dan para penasehat terbaik dan tercinta (Ryma, Nana, Lidya, Ari Maya, Endang, Dini, Adi, Ana, Tantri, Ayuk, Inni, Yuyun, Mas Indra, Mas Jundi, Mas Sofyan, Mas Yudha, Mas Miftah) yang selalu memberikan keceriaan, motivasi, dan semangat.
8. Grup DSSC Fisika FMIPA UNS (Leila, Sehati, Lutfi, Fitria, Isnaini, Lindha, Mas Bayu, Mas Fadli, dan Seti) yang selalu bersedia untuk saling bertukar ilmu dalam penyelesaian penelitian ini.
9. Komunitas *Material Physics Research Group* (Dianisa, Chomsatin, Maya, Fildzah, Tina, Dicky, Efendi, Tomo, Patmi, dan Septi) yang selalu memberikan motivasi semangat dan bantuan untuk bertukar ilmu dalam penyelesaian penelitian ini.
10. Teman-teman seperjuangan Fisika FMIPA UNS angkatan 2011.
11. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang lebih baik kepada semuanya. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga karya ini ada manfaatnya, khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca dalam rangka menambah wawasan pengetahuan dan pemikiran kita.

Surakarta, 4 Januari 2016

Dinasti Dwi Pratiwi

PUBLIKASI

No.	Judul	Penulis	Jenis Publikasi
1.	The Effect of Natural (Bryophyta Chlorophyll) and Synthesis Dye Composition of DSSC Efficiency	Dinasti Dwi Pratiwi, Risa Suryana, Agus Supriyanto, dan Fahru Nurosyid	Jurnal Internasional *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* (JOAM)
2.	Pemanfaatan Antosianin dari Ekstrak Kol Merah (*Brassica oleracea var*) sebagai Pewarna *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC)	Dinasti Dwi Pratiwi, Risa Suryana, dan Fahru Nurosyid	*Indonesian Journal of Applied Physics* (IJAP) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSETUJUAN ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
HALAMAN PERNYATAAN iv
HALAMAN MOTTO v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
HALAMAN ABSTRAK vii
HALAMAN ABSTRACT viii
KATA PENGANTAR ix
HALAMAN PUBLIKASI xi
DAFTAR ISI xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR SIMBOL xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Batasan Masalah 3
1.3. Perumusan Masalah 3
1.4. Tujuan Penelitian 4
1.5. Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Energi Surya 5
2.2. Sel Surya 5
2.2.1. Gambaran Umum Sel Surya 5
2.2.2. Kinerja Sel Surya 6
2.3. *Dye-Sensitized Solar Cells* (DSSC) 8
2.3.1. Gambaran Umum DSSC 8
2.3.2. Prinsip Kerja DSSC 9
2.3.3. Material DSSC 10
2.3.3.1. Substrat 10
2.3.3.2. Karakteristik dari TiO_2 10
2.3.3.3. *Dye Sensitizer* 11
2.3.3.4. Klorofil sebagai *Dye* 12
2.3.3.5. Antosianin sebagai *Dye* 14
2.3.3.6. *Dye Ruthenium Complex* 16
2.3.3.7. Elektrolit 17
2.3.3.8. Elektroda Lawan (*Counter Electrode*) 18
2.4. Metode *Spin Coating* 18
2.5. Alat Karakterisasi 19
2.5.1. Spektrofotometer *UV-Vis* 19
2.5.2. *I-V Keithley* 20
2.5.3. Pengukuran Efisiensi Konversi Induksi Foton ke Arus

Listrik (IPCE) 21
BAB III METODE PENELITIAN .....
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian..... 22
3.2. Alat dan Bahan 22
3.2.1. Alat yang Digunakan dalam Penelitian 22
3.2.2. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian..... 22
3.3. Prosedur Penelitian..... 23
3.3.1. Preparasi Substrat 24
3.3.2. Pembuatan Pelapisan TiO_2 26
3.3.2.1. Pembuatan Pasta TiO_2..... 26
3.3.2.2. Deposisi Lapisan TiO_2 26
3.3.3. Ekstraksi *Dye*..... 27
3.3.3.1. Pembuatan Ekstraksi *Dye*..... 29
3.3.3.1.1. Ekstraksi Klorofil Lumut 29
3.3.3.1.2. Ekstraksi Antosianin Kol Merah..... 29
3.3.3.1.3. *Dye Ruthenium Complex* N719..... 30
3.3.3.2. Karakterisasi Absorbansi *Dye*..... 31
3.3.4. Adsorbsi Larutan *Dye* ke Lapisan TiO_2..... 32
3.3.5. Pembuatan Elektrolit 32
3.3.6. Pembuatan Elektroda Lawan..... 32
3.3.7. Pembuatan Struktur *Sandwich* DSSC..... 33
3.3.8. Pengukuran Karakterisasi *I-V* DSSC..... 33
3.3.9. Pengukuran Karakterisasi IPCE DSSC 34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 34
4.1. Karakterisasi Optik (Absorbansi) Variasi Komposisi *Dye* Alami dan *Dye* Sintesis 35
4.1.1. *Dye* Klorofil Lumut 35
4.1.2. *Dye* Antosianin Kol Merah..... 35
4.2. Karakterisasi *I-V* DSSC Variasi Komposisi *Dye* Alami dan *Dye* Sintesis 37
4.2.1. *Dye* Klorofil Lumut 38
4.2.2. *Dye* Antosianin Kol Merah..... 38
4.3. Karakterisasi IPCE DSSC Variasi Komposisi *Dye* Alami dan *Dye* Sintesis 40
4.3.1. *Dye* Klorofil Lumut 43
4.3.2. *Dye* Antosianin Kol Merah..... 43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 44
5.1. Kesimpulan..... 46
5.2. Saran..... 46
DAFTAR PUSTAKA 46
47

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1. Karakteristik *I-V* DSSC dengan Variasi Komposisi *Dye* Klorofil Lumut 39
Tabel 4.2. Karakteristik *I-V* DSSC dengan Variasi Komposisi *Dye* Antosianin Kol Merah 41

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Karakteristik *I-V* dari Sel Surya 6
Gambar 2.2. Struktur DSSC 8
Gambar 2.3. Prinsip Kerja DSSC 10
Gambar 2.4. Struktur Molekuler Klorofil 12
Gambar 2.5. Spektrum Serapan Klorofil 13
Gambar 2.6. Struktur Senyawa Rumus Kimia Antosianin 14
Gambar 2.7. Spektrum Serapan Antosianin 15
Gambar 2.8. Struktur Senyawa *Ruthenium Complex* N719 16
Gambar 2.9. Serapan Cahaya *UV-Vis Ruthenium Complex* N719 17
Gambar 2.10. Skema Kerja Spektrofotometer *UV-Vis* 20
Gambar 3.1. Alur Proses Penelitian 25
Gambar 3.2. Pengadukan Pasta TiO_2 dengan *Magnetic Stirrer* 27
Gambar 3.3. Gambar Area Deposisi Lapisan TiO_2. 27
Gambar 3.4. Alat Deposisi Lapisan TiO_2 Metode *Spin Coating* 28
Gambar 3.5. Proses *Annealing* 28
Gambar 3.6. Lumut yang Dihaluskan dengan Mortar. 29
Gambar 3.7. Ekstraksi Larutan Lumut 29
Gambar 3.8. Proses Kromatografi 30
Gambar 3.9. Hasil Kromatografi dengan Warna Hijau Pekat. 30
Gambar 3.10. (a) Kol Merah yang Dihaluskan dengan Mortar dan (b) Ekstraksi Larutan Kol Merah 31
Gambar 3.11. *Ruthenium Complex* N719 dari Dyesol 31
Gambar 3.12. Gambar Area Elektroda Lawan dengan Katalis Karbon. 33
Gambar 3.13. Struktur *Sandwich* DSSC 33
Gambar 4.1. Spektrum Absorbansi Variasi Komposisi *Dye* Klorofil Lumut dan *Dye* Sintesis *Ruthenium* 35
Gambar 4.2. Spektrum Absorbansi Variasi Komposisi *Dye* Antosianin Kol Merah dan *Dye* Sintesis *Ruthenium* 37
Gambar 4.3. Grafik *I-V* DSSC dengan Variasi Komposisi *Dye* Klorofil Lumut 38
Gambar 4.4. Grafik *I-V* DSSC dengan Variasi Komposisi *Dye* Antosianin Kol Merah 40
Gambar 4.5. Grafik IPCE DSSC dengan Variasi Komposisi *Dye* Klorofil Lumut dan *Dye* Sintesis *Ruthenium* 43
Gambar 4.6. Grafik IPCE DSSC dengan Variasi Komposisi *Dye* Antosianin Kol Merah 44

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
$\boldsymbol{P_{in}}$	Daya masukan	Watt (W)
$\boldsymbol{P_{out}}$	Daya keluaran	Watt (W)
$\boldsymbol{V_{oc}}$	Tegangan *open circuit*	Volt (V)
$\boldsymbol{I_{sc}}$	Arus *short circuit*	Ampere (A)
$\boldsymbol{FF}$	*Fill factor*	-
$\boldsymbol{V_{max}}$	Tegangan maksimum	Volt (V)
$\boldsymbol{I_{max}}$	Arus maksimum	Ampere (A)
$\boldsymbol{\eta}$	Efisiensi	Persen (%)
$\boldsymbol{I}$	Intensitas cahaya	Watt/m^2 (W/m^2)
$\boldsymbol{A}$	Luas	Meter^2 (m^2)
$\boldsymbol{p}$	Panjang	Meter (m)
$\boldsymbol{l}$	Lebar	Meter (m)
$\boldsymbol{J_{sc}}$	Kerapatan arus yang terukur tiap panjang gelombang	Ampere/meter persegi (A/m^2)
I_0	Intensitas foton	Watt/m^2 (W/m^2)
q	Muatan elektron	Coulomb (C)
h	Konstanta Planck	Joule sekon (J.s)
υ	Frekuensi foton	Hertz (Hz)
c	Kecepatan cahaya	Meter/sekon (m/s)
λ	Panjang gelombang cahaya	Meter (m)