

**MODIFIKASI LAPISAN TiO<sub>2</sub> DALAM *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)  
DAN EFEK PEDOT:PSS DALAM SEL SURYA ORGANIK  
BERBASIS MEH-PPV**

**TESIS**

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



**Oleh  
Linda Kusumaning Tyas  
S911502004**

**PASCASARJANA  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2017**

**MODIFIKASI LAPISAN  $TiO_2$  DALAM *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)  
DAN EFEK PEDOT:PSS DALAM SEL SURYA ORGANIK  
BERBASIS MEH-PPV**

**TESIS**

**Oleh**

**Linda Kusumaning Tyas  
S911502004**

Komisi Pembimbing	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing I	Dr. Eng. Risa Suryana, M.Si NIP. 197108312000031005		9/11/2017
Pembimbing II	Dr. Fahru Nurosyid, M.Si NIP. 197210132000031002		21/11/2017

**Telah dinyatakan memenuhi syarat  
pada tanggal 7-12-2017**

Kepala Program Studi S2 Ilmu Fisika  
Pascasarjana UNS



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

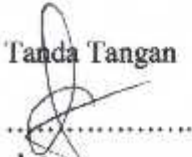
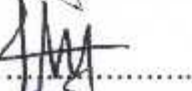
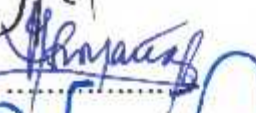

**MODIFIKASI LAPISAN TiO<sub>2</sub> DALAM DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)  
DAN EFEK PEDOT:PSS DALAM SEL SURYA ORGANIK  
BERBASIS MEH-PPV**

**TESIS**

Oleh  
**Linda Kusumaning Tyas**  
S911502004

Telah dipertahankan di depan penguji  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
pada tanggal ...28... Desember..... 2017

**Tim Penguji:**

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D NIP. 196103061985031002		19/01/2018
Sekretaris	Dr. Yofentina Iriani, M.Si NIP. 197112271997022001		12/01/2018
Anggota Penguji	Dr. Eng. Risa Suryana, M.Si NIP. 197108312000031005		8/01/2018
Anggota Penguji	Dr. Fahru Nurosyid, M.Si NIP. 197210132000031002		10/01/2018

Mengetahui :

Direktur  
Pasca Sarjana UNS



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

Kepala Program Studi  
S2 Ilmu Fisika

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

**MODIFIKASI LAPISAN TiO<sub>2</sub> DALAM *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)  
DAN EFEK PEDOT:PSS DALAM SEL SURYA ORGANIK  
BERBASIS MEH-PPV**

Linda Kusumaning Tyas  
Program Studi Ilmu Fisika, Pascasarjana  
Universitas Sebelas Maret, Surakarta

**ABSTRAK**

Penelitian ini terdiri dari dua yaitu modifikasi lapisan TiO<sub>2</sub> dalam DSSC dan variasi lapisan MEH-PPV dengan atau tanpa PEDOT:PSS dalam sel surya organik. Modifikasi lapisan TiO<sub>2</sub> dalam bentuk nanofiber dibuat dengan metode *electrospinning*. Larutan TiO<sub>2</sub> disintesis dari campuran bahan TTIP, PVP, acetic acid dan etanol. Tegangan *electrospinning* adalah 15 kV. Jarak ujung jarum ke kolektor adalah 15 cm. Variasi waktu pelapisan adalah 10, 15, dan 20 menit. TiO<sub>2</sub> nanofiber dilapisi di atas FTO. Struktur DSSC terdiri dari FTO, TiO<sub>2</sub> nanofiber, lumut *dye*, elektrolit I/I<sup>3+</sup>, dan lapisan karbon sebagai katalis. Dari penampang lintang SEM diperoleh ketebalan TiO<sub>2</sub> nanofiber yang meningkat terhadap waktu pelapisan yaitu 34  $\mu\text{m}$  (10 menit), 64  $\mu\text{m}$  (15 menit) dan 77  $\mu\text{m}$  (20 menit). Berdasarkan perhitungan terhadap hasil kurva *I-V* maka efisiensi DSSC maksimum pada waktu pelapisan 15 menit. Hal ini karena waktu pelapisan 15 menit memiliki ketebalan yang optimum sehingga waktu tinggal foton menjadi lebih lama dan elektron dapat berdifusi mencapai elektroda.

Pada sel surya organik seluruh pendeposisian menggunakan metode *spin coating*. Serbuk MEH-PPV seberat 0,05 gram dicampur dengan *chlorobenzene* sebanyak 1 ml. Deposisi lapisan MEH-PPV dengan atau tanpa PEDOT:PSS divariasikan jumlah lapisan yaitu 1, 2, 3, dan 4 lapis. Struktur sel surya organik dengan PEDOT:PSS terdiri dari FTO, TiO<sub>2</sub> nanopartikel, PEDOT:PSS, MEH-PPV, dan aluminium sebagai elektroda metal. Dari penampang lintang SEM diperoleh ketebalan MEH-PPV yang meningkat terhadap waktu pelapisan yaitu 0,85  $\mu\text{m}$  (1 lapis), 1,14  $\mu\text{m}$  (2 lapis), 2,26  $\mu\text{m}$  (3 lapis), dan 5,44  $\mu\text{m}$  (4 lapis). Berdasarkan perhitungan terhadap hasil kurva *I-V* maka efisiensi sel surya organik maksimum pada jumlah lapisan 4 lapis dengan PEDOT:PSS. Hal ini karena penambahan lapisan PEDOT:PSS akan membantu terkumpulnya *hole* dan membantu dalam transport elektron karena berkurangnya *defect* pada lapisan.

Kata kunci: *Dye Sensitized Solar Cell*, Sel Surya Organik, Modifikasi TiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> nanofiber, PEDOT:PSS, MEH-PPV

**TiO<sub>2</sub> LAYER MODIFICATION IN DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) AND  
PEDOT:PSS EFFECT IN ORGANIC SOLAR CELL  
BASED MEH-PPV**

Linda Kusumaning Tyas  
Department of Physics  
Sebelas Maret University, Surakarta

***ABSTRACT***

This research consists of two part i.e. modifications of the TiO<sub>2</sub> layer in DSSC and variation of MEH-PPV layers with or without PEDOT:PSS in organic solar cells. The modification of TiO<sub>2</sub> layers in the form of nanofiber was made by electrospinning method. The TiO<sub>2</sub> solution was synthesized from a mixture of TTIP, PVP, acetic acid, and ethanol. The electrospinning voltage was 15 kV. The distance of the tip of the needle to the collector was 15 cm. Variation of deposition time was 10, 15, and 20 minutes. TiO<sub>2</sub> nanofiber was coated into the FTO surface. The DSSC structure consisted of FTO, TiO<sub>2</sub> nanofiber, Bryophyta dye, electrolyte I<sup>-</sup>/ I<sup>3-</sup>, and the carbon layer as a catalyst. From the cross-section of SEM was obtained that thickness of TiO<sub>2</sub> nanofiber increased as deposition time of 34 μm, 64 μm and 77 μm for 10 min, 15 min, and 20 min. Based on the calculation of the I-V curves, DSSC efficiency was highest at deposition time is 15 minutes. It is considered that the deposition time at 15 min is an optimum thickness so that the photons can stay longer and electrons can diffuse to reach the electrodes.

In the organic solar cells, all deposition was performed using the spin coating method. 0.05 gr MEH-PPV powder was mixed with 1 ml of chlorobenzene. Then it was deposited on the patterned FTO surface with or without PEDOT:PSS layer. PEDOT:PSS layer was varied at 1, 2, 3, and 4 layers. The structure of organic solar cells with PEDOT:PSS layer consisted of FTO, TiO<sub>2</sub> nanoparticles, PEDOT: PSS, MEH-PPV, and aluminum as metal contact. From the cross-section of SEM, the thickness of MEH-PPV increased as coating amount of 0.85 μm (1 layer), 1.14 μm (2 layers), 2.26 μm (3 layers), and 5.44 μm (4 layers ). Based on the calculation of the I-V curves, the organic solar cells efficiency was highest at 4 layers with PEDOT:PSS layer. It considered that the addition of PEDOT:PSS layer will help the collecting hole and assist in the transport of electrons due to reduced defect in the layer.

**Key Words:** Dye Sensitized Solar Cell, Organic Solar Cells, TiO<sub>2</sub> modification, TiO<sub>2</sub> nanofiber, PEDOT:PSS, MEH-PPV

## PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul: **MODIFIKASI LAPISAN TiO<sub>2</sub> DALAM DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) DAN EFEK PEDOT:PSS DALAM SEL SURYA ORGANIK BERBASIS MEH-PPV** adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang telah 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,

2017



Linda Kusumaning Tyas  
S911502004

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur hanya bagi Allah SWT, atas berkat nikmat, rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**Modifikasi Larutan TiO<sub>2</sub> Dalam Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dan Efek PEDOT:PSS Dalam Sel Surya Organik Berbasis MEH-PPV**”. Dalam penyusunan tesis ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Magister pada Program Studi Ilmu Fisika Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Terima kasih banyak Penulis haturkan dalam kesempatan ini karena tanpa bantuan dari berbagai pihak, tesis ini tidak dapat terwujud. Diantaranya:

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 Kepala Program Studi S2 Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak Dr. Eng. Risa Suryana, M.Si selaku pembimbing I yang telah dengan sabar membimbing dan mengajari penulis, serta memberikan semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak Dr. Fahru Nurosyid, M.Si selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan banyak bimbingan dan arahan serta motivasi kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan tesis ini.
5. Bapak/Ibu Dosen Program Studi S2 Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah memberikan pendidikan dan pengajaran dalam Ilmu Fisika.
6. Kedua orang tua (Bapak-Ibuk) yang selalu memberikan dukungan baik doa, motivasi, finansial, tenaga, nasehat dan kasih sayangnya, mbak Nita serta keluarga semua yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis.
7. Rekan-rekan sejawat Magister Ilmu Fisika angkatan Maret 2015 mbak Yuliana, Dewa, mas Edy, Novita (patner penelitian, temen seperjuangan). Terimakasih atas kenangan terindahnya selama kebersamaan kita, senang bisa mengenal kalian. Spesial untuk Adfal Afdala, terimakasih untuk semangat, dukungan, bantuan dan kesabarannya selama ini, semoga langkah dan rencana kita ke depan senantiasa diberi kelancaran. Aamiin.

8. Teman-teman Laboratorium Fisika Material Universitas sebelas Maret, teman-teman tim riset R.Suryana dan sahabat-sahabat semuanya, terimakasih atas saran dan kritik serta dukungan dari kalian semua.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam tesis ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, hal ini dikarenakan kemampuan penulis yang sangat terbatas. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai acuan tahapan penulisan selanjutnya. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Surakarta, Desember 2017

Penulis



## HALAMAN PERSEMBAHAN dan MOTTO

Karya tulis berupa Tesis ini saya Persembahkan kepada:

Orangtua saya, Bapak (Tri Priyanto) –Ibu (Sri Hardina) yang selalu memberikan dukungan baik doa, motivasi, materiil, tenaga, nasehat dan kasih sayangnya yang tak terbatas. Terimakasih Pak, Bu.

Bapak/ibu Dosen S2 Ilmu Fisika UNS, Bapak Pembimbing I dan II, teman-teman dari Ilmu fisika angkatan maret 2015 dan group riset lab material FMIPA, saudara, teman, sahabat dan *beloved* Adfal Afdala, S.Pd, M.Si di UIN STS Jambi.

”Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap. (Q.S. Al Insyirah, 6-8)”

Learn from yesterday, live for today, hope for tommorow. (Albert Einstein). Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah. (Thomas Alva Edison).

Tak seorangpun yang dapat memprediksi apa yang akan terjadi nanti, bisa jadi saat ini kita menangis sedih, satu menit kemudian kita tertawa bahagia. Jangan terlalu larut akan suatu hal dan selalu mensyukuri apa telah didapat. (Penulis).

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PENGESAHAN PEMBIMBING TESIS .....	ii
PENGESAHAN PENGUJI TESIS.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Tinjauan Pustaka .....	5
1. Sel Surya .....	5
2. <i>Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)</i> .....	5
a. Elektroda Kerja .....	7
b. Zat Pewarna ( <i>dye</i> ) Organik Alam .....	7
c. Elektrolit .....	8
d. Elektroda Lawan .....	8
e. Metode <i>Electrospinning</i> .....	9
3. Sel Surya Organik (SSO) .....	10
a. Semikonduktor Organik .....	14
b. Prinsip Sel Surya Organik .....	15
c. Karakterisasi Sel Surya .....	18
c.1. <i>Scanning Electron Mricoscopy</i> .....	18

c.2. Spektrometer UV-Vis .....	19
c.3. <i>I-V Keithley</i> .....	20
B. Penelitian yang Relevan .....	21
C. Kerangka Berfikir .....	23
1. <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC) .....	23
2. Sel Surya Organik (SSO) .....	24
D. Hipotesis .....	25

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Tempat Penelitian .....	26
B. Waktu Penelitian .....	26
C. Tatalaksana Penelitian .....	26
1. Alat dan Bahan Penelitian .....	26
2. Metode Penelitian .....	28
3. Prosedur Penelitian .....	29
a. Persiapan .....	29
a.1. Pembuatan pasta TiO <sub>2</sub> nanopartikel .....	30
a.2. Deposisi TiO <sub>2</sub> nanopartikel .....	30
b. Prosedur Penelitian DSSC .....	30
b.1. Pembuatan larutan TiO <sub>2</sub> nanofiber.....	30
b.2. Ekstraksi lumut <i>dye</i> klorofil.....	31
b.3. Deposisi larutan TiO <sub>2</sub> nanofiber menggunakan elektrospining .....	32
b.4. Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	33
b.5. Pembuatan elektroda kerja .....	34
b.5.1. Persiapan substrat FTO .....	34
b.5.2. Pelapisan TiO <sub>2</sub> nanopartikel di atas TiO <sub>2</sub> nanofiber .....	34
b.5.3. Pelapisan TiO <sub>2</sub> nanofiber di atas TiO <sub>2</sub> nanopartikel.....	35
b.5.4. Perendaman lapisan TiO <sub>2</sub> dengan <i>dye</i> klorofil .....	35
b.6. Pembuatan larutan elektrolit .....	36
b.7. Pembuatan elektroda lawan .....	36
b.8. Fabrikasi DSSC .....	37
b.9. Karakterisasi sifat optik (spektrum absorbansi) .....	37
b.10. Karakterisasi SEM lapisan TiO <sub>2</sub> nanofiber .....	38

b.11. Karakterisasi <i>I-V</i> pada DSSC .....	39
c. Prosedur Penelitian SSO .....	39
c.1. Pembuatan larutan MEH-PPV .....	39
c.2. Persiapan PEDOT:PSS .....	39
c.3. Deposisi larutan MEH-PPV .....	39
c.4. Karakterisasi SEM .....	40
c.5. Pembuatan elektroda kerja .....	40
c.5.1. Persiapan substrat FTO .....	40
c.5.2. Pelapisan TiO <sub>2</sub> / MEH-PPV .....	41
c.5.3. Pelapisan TiO <sub>2</sub> / PEDOT:PSS / MEH-PPV .....	42
c.6. Deposisi elektroda aluminium .....	43
c.7. Fabrikasi SSO .....	44

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC) .....	46
1. Karakterisasi SEM TiO <sub>2</sub> nanofiber .....	46
2. Karakterisasi <i>dye</i> lumut .....	49
3. Karakterisasi sifat optik DSSC .....	51
4. Karakterisasi sifat listrik DSSC .....	53
B. Sel Surya Organik (SSO) .....	58
1. Karakterisasi sifat optik lapisan MEH-PPV .....	58
2. Karakterisasi SEM ketebalan MEH_PPV .....	59
3. Karakterisasi sifat optik tanpa PEDOT:PSS .....	60
4. Karakterisasi sifat optik dengan PEDOT:PSS .....	62
5. Karakterisasi sifat listrik <i>I-V</i> meter .....	63
6. Karakterisasi sifat listrik tanpa PEDOT:PSS .....	66
7. Karakterisasi sifat listrik dengan PEDOT:PSS .....	68

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	73
B. Saran .....	73

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	74
-----------------------------	----

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian .....	26
Tabel 4.1. Hasil efisiensi TiO <sub>2</sub> nanofiber di atas nanopartikel .....	54
Tabel 4.2. Hasil efisiensi TiO <sub>2</sub> nanopartikel di atas nanofiber .....	56
Tabel 4.3. Hasil pengukuran ketebalan lapisan MEH-PPV .....	60
Tabel 4.4. Hasil perhitungan efisiensi tanpa PEDOT:PSS .....	67
Tabel 4.5. Hasil perhitungan efisiensi dengan PEDOT:PSS .....	69
Tabel 4.6. Hambatan terukur pada elektroda di atas bahan organik.....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Umum DSSC.....	6
Gambar 2.2. Skema pembuatan fiber dengan alat <i>electrospinning</i> .....	9
Gambar 2.3. Struktur kimia MEH-PPV .....	11
Gambar 2.4. Struktur Kimia a.PEDOT, b. PSS.....	13
Gambar 2.5. Bagan klasifikasi bahan organik berdasarkan pembuatan dan sifat mekaniknya.....	15
Gambar 2.6. Empat tahapan proses pembangkit <i>photocurrent</i> dalam sel surya organik.....	17
Gambar 2.7. Skema kerja spektrofotometer <i>UV-Vis</i> .....	21
Gambar 2.8. Karakteristik kurva I-V pada sel surya .....	22
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian DSSC.....	28
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian SSO.....	39
Gambar 3.3. Deposisi larutan TiO <sub>2</sub> nanofiber: a. Larutan TiO <sub>2</sub> dalam <i>syringe</i> , b. Alat <i>electrospinning</i> . .....	33
Gambar 3.4. Sel aktif FTO (1x2) cm .....	34
Gambar 3.5. Fabrikasi DSSC: a. Skema fabrikasi sel surya berbasis DSSC b. Skema penempatan <i>spacer</i> pada DSSC.....	37
Gambar 3.6. Hasil fabrikasi DSSC siap karakterisasi <i>I-V</i> .....	37
Gambar 3.7. Skema pengukuran I-V DSSC pada kondisi terang Menggunakan Keithley 2602A.....	38
Gambar 3.8. Persiapan substrat FTO: a. Skema area konduktif kaca FTO, b. Area konduktif FTO yang ditutup kertas, c. Area FTO yang ditutup selotip .....	41
Gambar 3.9. Skema struktur SSO FTO/TiO <sub>2</sub> /MEH-PPV/Al .....	42
Gambar 3.10. Skema struktur SSO FTO/TiO <sub>2</sub> /PEDOT:PSS/MEH-PPV/Al.....	43
Gambar 4.1. Hasil foto SEM TiO <sub>2</sub> nanofiber.....	47
Gambar 4.2. Hasil foto SEM ketebalan lapisan TiO <sub>2</sub> nanofiber dengan variasi waktu: a. 10 menit, b. 15 menit, c. 20 menit.....	48
Gambar 4.3. Absorbansi dye lumut.....	50
Gambar 4.4. Absorbansi dari modifikasi TiO <sub>2</sub> : a. TiO <sub>2</sub> nanofiber di atas nanopartikel, b. TiO <sub>2</sub> nanopartikel di atas TiO <sub>2</sub> nanofiber.....	52

Gambar 4.5 Grafik arus-tegangan DSSC Nanofiber di atas nanopartikel.....	53
Gambar 4.6 Grafik arus-tegangan DSSC Nanopartikel di atas nanofiber.....	55
Gambar 4.7 Morfologi lapisan nanofiber TiO <sub>2</sub> menggunakan CCD kamera AFM dengan variasi waktu pelapisan:	
a. 10 menit, b. 15 menit, c. 20 menit.....	57
Gambar 4.8 Grafik absorbansi polimer MEH-PPV.....	58
Gambar 4.9 Hasil foto SEM lapisan MEH-PPV:	
a. 1 lapis, b. 2 lapis, c. 3 lapis, d. 4 lapis.....	59
Gambar 4.10 Grafik absorbansi FTO/TiO <sub>2</sub> /MEH-PPV (tanpa PEDOT:PSS) .....	61
Gambar 4.11 Grafik absorbansi FTO/TiO <sub>2</sub> /PEDOT:PSS/MEH-PPV (dengan PEDOT:PSS) .....	63
Gambar 4.12 Sampel siap uji <i>I-V</i> meter .....	64
Gambar 4.13 Grafik karakterisasi <i>I-V</i> dari beberapa variasi struktur PEDOT:PSS dengan 1 lapis MEH-PPV .....	65
Gambar 4.15 Hasil pengukuran karakterisasi <i>I-V</i> tanpa PEDOT:PSS .....	66
Gambar 4.16 Hasil pengukuran karakterisasi <i>I-V</i> dengan PEDOT:PSS .....	68