

**STUDI PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PREKURSOR  
DAN TEMPERATUR SINTERING TERHADAP TRANSMITANSI  
DAN HAMBATAN LISTRIK KACA KONDUKTIF SEBAGAI  
KOMPONEN SEL SURYA TERSENSITISASI PEWARNA**



Oleh :

AHMAD ARIF SANTOSO

NIM. I0408023

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2013**

*commit to user*



**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN PREKURSOR  
DAN TEMPERATUR SINTERING TERHADAP TRANSMITANSI  
DAN HAMBATAN LISTRIK KACA KONDUKTIF SEBAGAI  
KOMPONEN SEL SURYA TERSENSITISASI PEWARNA**



Disusun oleh

**AHMAD ARIF SANTOSO**  
NIM. 10408023

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Zainal Arifin, S.T., M.T.  
NIP. 197303082000031001

Dr. techn. Suyitno, S.T., M.T.  
NIP. 197409022001121002

Telah dipertahankan di hadapan Tim Dosen Penguji pada hari Kamis tanggal 27 September 2013

1. Purwadi Joko Widodo, S.T., M.Kom.  
NIP. 197301261997021001

.....

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Koordinator Tugas Akhir

Didik Djoko Susilo, S.T., M.T.  
NIP. 197203131997021001

Wahyu Purwo Raharjo, S.T., M.T.  
NIP. 197202292000121001

## MOTTO

“Dan aku tidak menciptakan jin dan manusia kecuali hanya untuk beribadah kepada-Ku.”

(Q.S Adz Dzaariyaat: 56)

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan”

(Q.S Ar Rahman)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S Al-Insyirah: 6)

“Kegagalan adalah cara Tuhan mengajarkanmu tentang pantang menyerah, kesabaran, kerja keras dan percaya diri”

(Anonim)

“If you can't explain it simply, you don't understand it well enough”

(Albert Einstein)

“ALL IZ WELL”

(3 idiots)

## PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati seraya mengucapkan syukur kehadiran Illahi, kupersembahkan tulisan ini kepada:

1. Allah SWT, pemilik segala keagungan, kemuliaan, kekuatan dan keperkasaan. Segala yang kualami adalah kehendak-Mu, semua yang kuhadapi adalah kemauan-Mu, segala puji hanya bagi-Mu, ya Allah, pengatur alam semesta, tempat bergantung segala sesuatu, tempatku memohon pertolongan.
2. Junjungan Nabi besar Muhammad SAW, Manusia terbaik di muka bumi, uswatunhasanah, penyempurna akhlak, shollowat serta salam semoga selalu tercurah padanya, keluarga, sahabat dan pengikutnya yang istiqomah sampai akhir zaman.
3. Kasih sayang dan cinta yang tak pernah putus dari Bapak, Ibu, Kakak serta keluarga tercinta. Kasih sayang kalian tak akan pernah kulupakan sepanjang hidupku.
4. Pak Zainal Arifin dan Pak Suyitno yang tak pernah lelah untuk membimbing tugas akhir saya.

Seluruh dosen, karyawan, dan mahasiswa Teknik Mesin UNS

**Studi Pengaruh Konsentrasi Larutan Prekursor dan Temperatur Sintering pada  
Transmitansi dan Hambatan Listrik Kaca Terhadap Konduktif sebagai  
Komponen Sel Surya Tersensitisasi Pewarna**

**Ahmad Arif Santoso**

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Surakarta, Indonesia

E-mail: [ahmadarifsantoso@yahoo.com](mailto:ahmadarifsantoso@yahoo.com)

**Abstrak**

*Fluorine doped tin oxide* (FTO) menjadi salah satu komponen penting dalam *dye sensitized solar cell* (DSSC). Hambatan listrik yang rendah dan transmitansi cahaya yang tinggi adalah syarat utama FTO. Pembuatan FTO menggunakan metode deposisi *spray pyrolysis* menggunakan *ultrasonic nebulizer*. Konsentrasi larutan  $\text{SnCl}_2$  dan temperatur sintering kaca divariasikan pada konsentrasi 0,3 sampai 0,9 M dan dari temperatur 400 sampai 500 °C. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan FTO dengan hambatan listrik rendah dan transmitansi cahaya yang tinggi yang dapat digunakan sebagai elektroda sel surya tersensitisasi pewarna, mengetahui karakteristik FTO yang mempunyai hambatan listrik rendah dan transmitansi yang tinggi, dan untuk menghasilkan dan mengetahui performa dari *prototype* dari DSSC. Ukuran substrat kaca yang digunakan adalah 10 cm x 10 cm. Morfologi fisik, kekristalan dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope* dan *X-Ray Diffraction*. Transmitansi cahaya dan hambatan listrik diukur dengan *UV-Vis spectrophotometer*, dan *4-point probe*. Dari hasil uji SEM diketahui bahwa FTO mempunyai ketebalan 858 nm dan ukuran butir 358 nm. Hasil dari penelitian ini diperoleh FTO yang paling optimal pada variasi konsentrasi 0,7 M dengan temperatur sintering 400 °C dengan nilai rata-rata hambatan listrik 14,76  $\Omega$  dan nilai transmitansi FTO 81,41%. Hambatan listrik di bawah 30  $\Omega$  terjadi 97% dari luasan kaca. Karakteristik FTO yang dihasilkan memenuhi persyaratan sebagai bahan kaca konduktif transparan sel surya jenis DSSC. Aplikasi FTO pada DSSC menghasilkan efisiensi sebesar 0,786%.

Kata kunci: *Fluorine doped tin oxide*, hambatan listrik, transmitansi cahaya, DSSC, efisiensi.

**Study of Effect of Precursor Concentration and Sintering Temperature on The Transmittance and The Electrical Resistance of Conductive Glass as a Component Dye Sensitized Solar cells**

**Ahmad Arif Santoso**

Departement of Mechanical Engineering  
Engineering Faculty of Sebelas Maret University  
Surakarta, Indonesia  
E-mail: [ahmadarifsantoso@yahoo.com](mailto:ahmadarifsantoso@yahoo.com)

**Abstract**

The Fluorine Doped Tin Oxide (FTO) is an important component in Dye-sensitized solar Cells (DSSCs). The low electrical resistance and high transmittance are the main requirements of FTO. The manufacturing of FTO used a method of spray pyrolysis by using an ultrasonic nebulizer. The concentration of  $\text{SnCl}_2$  solution and the sintering temperature of glass were varied at ranging from 0,3 to 0,9 M and from 400 to 500 °C, respectively. The purposes of this research are to produce FTO with the low electrical resistance and high transmittance for the electrode of Dye-sensitized solar cells, to know the characteristic of FTO having the low electrical resistance and high transmittance, to produce and to know the performance of the prototype of DSSC. The size of glass substrate is 10 cm x 10 cm. The physical morphology and the cristallinity were characterized by Scanning Electron Microscope and X-Ray Difrraction. The light transmittance and the electrical resistance were measured by UV-Vis spectrophotometer and 4-point probe. The test results of SEM show that the FTO has a thickness of 858 nm and a grain size of 358 nm. The optimum properties of FTO are achieved at the precursor concentration of 0.7 M and the sintering temperature of 400 °C. The optimum value of electrical resistance is 14.76  $\Omega$  and the optimum value of transmittance is 81.41%. The electrical resistance less than 30  $\Omega$  occurs in 97 % of the glass area. The resulted characteristics of FTO qualify the requirement for the material of Transparent Conductive Oxide of DSSCs. The DSSC manufactured by the FTO with optimum properties has efficiency 0.786%.

Keyword: Fluorine doped tin oxide, electrical resistance, light transmittance, DSSC, efficiency.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Skripsi “Studi Pengaruh Konsentrasi Larutan Prekursor dan Temperatur Sintering terhadap Transmittansi dan Hambatan Listrik Kaca Konduktif sebagai Komponen Sel Surya Tersinisitasi Pewarna” ini dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam Penyelesaian Skripsi ini tidaklah mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini, terutama kepada :

1. Bapak Didik Djoko Susilo, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin UNS Surakarta
2. Bapak Zainal Arifin, S.T., M.T., selaku Pembimbing I atas bimbingannya hingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
3. Bapak Dr. techn. Suyitno, S.T., M.T., selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan yang berharga bagi penulis.
4. Bapak Purwadi Joko Widodo, S.T., M.Kom. dan Bapak Ir. Agustinus Sujono, M.T., selaku dosen penguji tugas akhir saya yang telah memberi saran yang membangun.
5. Bapak Dr. Triyono, S.T., M.T., Bapak Ir. Wijang Wisnu Raharjo M.T., Bapak Teguh Triyono S.T., dan Bapak Eko Surojo S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademis yang telah menggantikan sebagai orang tua penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Sebelas Maret.
6. Bapak Wahyu Purwo Raharjo, ST., M.T., selaku koordinator Tugas Akhir



7. Seluruh Dosen serta Staf di Jurusan Teknik Mesin UNS, yang telah turut mendidik dan membantu penulis hingga menyelesaikan studi S1.
8. Bapak, Ibu, Mas, dan seluruh keluarga yang telah memberikan do'a restu, dan dukungan material maupun spiritual selama penyelesaian Tugas Akhir.
9. Teman-teman Skripsi DSSC, Dian, Pak Trisma, dan Pak Omid yang telah menemani penulis mengerjakan TA.
10. Bapak Dr. Eng. Agus Purwanto S.T., M.T., yang telah banyak mengajari dan memberikan pengetahuan tentang membuat FTO dan DSSC.
11. Teman-teman Lab Dasar Teknik Kimia, Mbak Trias, Mas Putra, Mbak Febri, Mbak Deni, Mbak Karim, Ditia, Arni, Sukma, Tyas, Devi, Eva, Nia, dan Fitri yang telah memberikan bantuan.
12. Teman-teman "COSINUS" teknik mesin angkatan 2008 beserta kakak dan adik angkatan di teknik mesin UNS.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam melaksanakan dan menyusun laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak untuk memperbaiki dan menyempurnakan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua dan bagi penulis pada khususnya.

Surakarta, September 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
SURAT PENUGASAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO .....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
Abstrak .....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. DSSC ( <i>Dye Sensitized Solar cell</i> ).....	8
2.2.2. TCO ( <i>Transparent Conductive Oxide</i> ).....	9
2.2.3. Metode <i>Spray Pyrolysis</i> .....	10
2.2.4. Komponen DSSC.....	12
2.2.5. Performansi Sel Surya.....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>

3.1. Tempat Penelitian .....	16
3.2. Pembuatan FTO .....	16
3.2.1. Prosedur Pembuatan FTO .....	17
3.2.2. Pengukuran Hambatan listrik FTO dengan metode 4 <i>point-probe</i> .....	17
3.3. Pembuatan Counter electrode .....	18
3.4. Pembuatan Lapisan Tipis Semikonduktor TiO <sub>2</sub> .....	18
3.5. Perendaman Semikonduktor pada Dye.....	19
3.6. Pembuatan Elektrolit.....	19
3.7. Perakitan DSSC .....	19
3.8. Pengujian DSSC .....	20
3.9. Diagram Alir Penelitian.....	21
<b>BAB IV ANALISIS DATA.....</b>	<b>22</b>
4.1. Parameter Spray Pyrolysis .....	22
4.1.1. Analisis Kerataan Hambatan.....	22
4.1.2. Analisis Transmittansi FTO .....	30
4.2. Analisis Parameter Optimum untuk Sintesis FTO.....	32
4.3. Analisis Sel Surya dari Beberapa FTO .....	33
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>37</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Rata-rata ukuran butir dan ketebalan FTO untuk berbagai konsentrasi pada temperatur sintering 400 °C.....	25
Tabel 4.2. Kekrisitalan dan diameter kristal FTO untuk berbagai konsentrasi pada temperatur sintering 400 °C.....	26
Tabel 4.3. Ukuran butir dan ketebalan FTO untuk berbagai temperatur sintering pada konsentrasi prekursor 0,7 M. ....	28
Tabel 4.4. kekrisitalan dan diameter kristal FTO untuk berbagai temperatur sintering pada konsentrasi prekursor 0,7 M. ....	29
Tabel 4.5. Kinerja sel surya.....	34
Tabel 4.6 Hambatan komponen dari sel surya.....	36
Tabel L.1. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,3 M 400 °C	42
Tabel L.2 Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,5 M 400 °C.	42
Tabel L.3. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,7 M 400 °C.....	42
Tabel L.4. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,9 M 400 °C	43
Tabel L.5. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,3 M 450 °C	43
Tabel L.6. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,5 M 450 °C	43
Tabel L.7. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,7 M 450 °C	43
Tabel L.8. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,9 M 450 °C	44
Tabel L.9. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,3 M 500 °C	44
Tabel L.10. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,5 M 500 °C.....	45
Tabel L.11. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,7 M 500 °C.....	45
Tabel L.12. Data persebaran Hambatan pada FTO variasi konsentrasi 0,9 M 500 °C.....	45
Tabel L.13. Data Arus dan Tegangan DSSC FTO 287,40 Ω 90,63% .....	51
Tabel L.14. Data Arus dan Tegangan DSSC FTO 14,76 Ω 81,41% .....	52
Tabel L.15. Data Arus dan Tegangan DSSC FTO 27,45 Ω 72,38% .....	53

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Perbandingan nilai transmitansi FTO dengan variasi temperatur proses 220 °C, 320 °C, 440 °C dan FTO komersial (Russo, B. and Cao, G.Z., 2008) .....	5
Gambar 2.2 Morfologi permukaan FTO dengan variasi temperatur proses (a.) 220 °C (b.) 320 °C, dan (c.) 440 °C (Russo, B. and Cao, G.Z., 2008) .....	6
Gambar 2.3 Skematik metode FASD (Purwanto, A., <i>et al.</i> , 2012) .....	7
Gambar 2.4. Prinsip kerja DSSC (Halme, J., 2002) .....	9
Gambar 2.5. Skema metode <i>spray pyrolysis</i> (Perednis, D. and Gauckler, L.J., 2005) .....	11
Gambar 2.6. Skema Pembentukan partikel (Choa, K. and Changa, 2009) .....	11
Gambar 2.7. Skema DSSC (Hasin, P., 2009) .....	12
Gambar 2.8. Struktur <i>dye ruthenium complex</i> (Halme, J., 2002) .....	13
Gambar 2.9. Kurva I-V pada sel surya (Usman, I., 2001) .....	15
Gambar 3.1. Skema pengukuran metode 4 point-probe .....	17
Gambar 3.2. Skema pengukuran hambatan pada FTO. ....	18
Gambar 3.3. Skema FTO yang dilapisi TiO <sub>2</sub> . ....	18
Gambar 3.4. Skema kaca FTO yang telah direndam dye .....	19
Gambar 3.5. Skema pengukuran tegangan dan arus pada sel surya menurut E 948-95 (ASTM). ....	20
Gambar 3.6. Diagram alir penelitian .....	21
Gambar 4.1. Kerataan hambatan listrik FTO pada berbagai debit prekursor dimana temperatur sintering adalah 500 °C .....	22
Gambar 4.2. Kerataan hambatan listrik FTO pada berbagai debit prekursor dimana temperatur sintering adalah 450 °C .....	23
Gambar 4.3. Kerataan hambatan listrik FTO pada berbagai debit prekursor dimana temperatur sintering adalah 400 °C .....	24

Gambar 4.4. Foto SEM penampang butir (kiri) dan ketebalan lapisan FTO (kanan): (a) 0,3 M 400 °C; (b) 0,7 M 400 °C; (c) 0,9 M 400 °C.....	27
Gambar 4.5. Nilai rata-rata hambatan listrik FTO pada berbagai debit prekursor dimana temperatur sintering adalah 400 °C, 450 °C, dan 500 °C. ....	27
Gambar 4.6. Foto SEM penampang butir (kiri) dan ketebalan lapisan FTO (kanan): (a) 0,7 M 400 °C; (b) 0,7 M 450 °C; (c) 0,7 M 500 °C.....	30
Gambar 4.7. Grafik nilai transmitansi rata-rata FTO dengan berbagai debit prekursor pada temperatur sintering 400 °C, 450 °C, dan 500 °C.....	31
Gambar 4. 8 Grafik hubungan konsentrasi larutan dengan transmitansi dan hambatan FTO pada berbagai debit prekursor.....	32
Gambar 4. 9. Kurva I-V dari sel surya.....	33
Gambar 4. 10. Kurva dark current pada DSSC.....	35
Gambar L.1. Hasil uji UV- Vis FTO 0,3 M 400 °C.....	46
Gambar L.2. Hasil uji UV- Vis FTO 0,5 M 400 °C.....	46
Gambar L.3. Hasil uji UV- Vis FTO 0,7 M 400 °C.....	46
Gambar L.4. Hasil uji UV- Vis FTO 0,7 M 400 °C.....	46
Gambar L.5. Hasil uji UV- Vis FTO 0,3 M 450 °C.....	47
Gambar L.6. Hasil uji UV- Vis FTO 0,5 M 450 °C.....	47
Gambar L.7. Hasil uji UV- Vis FTO 0,7 M 450 °C.....	47
Gambar L.8. Hasil uji UV- Vis FTO 0,7 M 450 °C.....	47
Gambar L.9. Hasil uji UV- Vis FTO 0,3 M 500 °C.....	48
Gambar L.10. Hasil uji UV- Vis FTO 0,5 M 500 °C.....	48
Gambar L.11. Hasil uji UV- Vis FTO 0,7 M 500 °C.....	48
Gambar L.12. Hasil uji UV- Vis FTO 0,9 M 500 °C.....	48
Gambar L.13. Hasil uji XRD FTO 0,3 M 400 °C.....	49
Gambar L.14. Hasil uji XRD FTO 0,7 M 400 °C.....	49
Gambar L.15. Hasil uji XRD FTO 0,9 M 400 °C.....	50
Gambar L.16. Hasil uji XRD FTO 0,7 M 450 °C.....	50
Gambar L.17. Hasil uji XRD FTO 0,7 M 500 °C.....	51