

**PENGARUH TEMPERATUR DAN RASIO MASSA *DOPING* DALAM  
PEMBUATAN *THIN FILM FLUORINE DOPED TIN OXIDE (FTO)***

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**IMAM MAWARDI MAKSUM  
NIM. 145060200111004**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH TEMPERATUR DAN RASIO MASSA *DOPING* DALAM**  
**PEMBUATAN *THIN FILM FLUORINE DOPED TIN OXIDE* (FTO)**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**IMAM MAWARDI MAKSUM**  
**NIM. 145060200111004**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal

**DOSEN PEMBIMBING I**

**Dr. Eng. Denny Wihyanuriyawan, ST., MT.**  
**NIP 19750113 200012 1 001**

**DOSEN PEMBIMBING II**

**Redi Bintarto, ST., M.Eng. Pract**  
**NIP 20160781 1024 1 001**

**Mengetahui,**  
**KETUA PROGRAM STUDI S1**



**Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.**  
**NIP 19740930 200012 1 001**

**JUDUL SKRIPSI:**

**PENGARUH TEMPERATUR DAN RASIO MASSA *DOPING* DALAM PEMBUATAN  
*THIN FILM FLUORINE DOPED TIN OXIDE (FTO)***

Nama Mahasiswa : Imam Mawardi Maksum

NIM : 145060200111004

Program Studi : Teknik Mesin

Minat : Teknik Konversi Energi

**KOMISI PEMBIMBING**

Pembimbing I : Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT.

Pembimbing II : Redi Bintarto, ST., M.Eng. Pract

**TIM DOSEN PENGUJI**

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng.

Dosen Penguji 3 : Haslinda Kusumaningsih, ST., M.Eng.

Tanggal Ujian : 9 Juli 2018

SK Penguji : 1388/UN10.F07/SK/2018

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi ini dibatalkan, serta di proses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 20 Juli 2018

Mahasiswa,



Imam Mawardi Maksum  
NIM. 145060200111004



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM SARJANA**



## SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 125/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

**IMAM MAWARDI MAKSUM**

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH TEMPERATUR DAN RASIO MASSA DOPING DALAM PEMBUATAN THIN  
FILM FLUORINE DOPED TIN OXIDE (FTO)**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **18 JUL 2018**

Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D**  
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

**Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.**  
NIP. 19740930 200012 1 001

Skripsi Ini Saya Persembahkan Untuk  
Ibu dan Bapak yang Selalu Mendukung  
dan Mendoakan Demi Tercapainya Gelar Sarjana

## RINGKASAN

**Imam Mawardi Maksam**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juni 2018, Pengaruh Temperatur dan Rasio Massa *Doping* dalam Pembuatan *Thin Film Fluorine Doped Tin Oxide* (FTO), Dosen Pembimbing : Denny Widhiyanuriyawan dan Redi Bintarto.

Salah satu komponen terpenting yang berpengaruh pada kinerja sel surya jenis DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) adalah kaca konduktif transparan. Kaca konduktif transparan berfungsi sebagai substrat yaitu tempat melekatnya komponen-komponen DSSC yang lain, bertugas untuk meneruskan cahaya langsung dari sinar matahari, dan menyalurkan elektron melalui lapisan konduktif yang terdapat pada kaca tersebut. Material yang biasa digunakan sebagai kaca konduktif transparan adalah *indium tin oxide* (ITO), namun ITO memiliki harga yang mahal karena *indium* ketersediaannya di alam terbatas, sehingga saat ini banyak dilakukan penelitian penggunaan material lain pengganti ITO, dan salah satunya adalah *fluorine doped tin oxide* (FTO). FTO pada umumnya lebih resistan secara kimiawi, murah dan ketersediaan bahan baku yang lebih mudah diperoleh. Syarat utama kaca konduktif transparan untuk bisa dipakai menjadi elektroda pada DSSC adalah harus memiliki nilai transmitansi yang tinggi dan nilai resistansi yang rendah. Dalam pembuatan lapisan konduktif FTO dipilih *tin oxide* ( $SnO_2$ ) sebagai elemen konduktif utama (unsur induk), hal ini karena *tin oxide* merupakan bahan semikonduktor yang memiliki sifat transmitansi yang baik, waktu pemakaian yang lama, dan relatif stabil. Namun, kaca konduktif dari  $SnO_2$  memiliki konduktivitas rendah sehingga perlu adanya *doping*. *Doping* kali ini menggunakan *florida* dikarenakan *florida* memiliki tahanan listrik yang rendah, sehingga dapat menaikkan konduktivitas FTO. Parameter lain yang dapat mempengaruhi karakteristik FTO adalah temperatur pendeposisian yang berperan dalam menentukan banyak sedikitnya lapisan konduktif yang terbentuk pada permukaan kaca. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pembuatan FTO dengan variasi temperatur dan rasio massa ( $NH_4F:SnCl_2 \cdot 2H_2O$ ).

Variasi dilakukan pada temperatur tetap 400 °C dengan rasio massa 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan variasi pada rasio massa tetap 4% dengan temperatur 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C. FTO dibuat dengan metode *spray pyrolysis deposition* dengan menggunakan alat *Nebulizer* OMRON NE-C28, dipilih metode tersebut karena instalasinya yang sederhana dan dapat membuat lapisan yang merata. Hasil terbaik didapat pada variasi temperatur 400°C rasio massa 8% dengan nilai resistansi sebesar 9,186 Ω dan nilai transmitansi tertinggi 90,047%, dan dapat diketahui pengaruh temperatur yaitu menurunkan nilai transmitansi dan nilai resistansi sampai batas tertentu, setelah temperatur dinaikkan melewati batas maka kedua nilai tersebut akan naik kembali, dan rasio massa juga mempunyai pengaruh yang sama yaitu menurunkan nilai transmitansi dan nilai resistansi sampai batas tertentu, setelah rasio massa dinaikkan melewati batas maka kedua nilai tersebut akan naik kembali.

Kata kunci : DSSC, FTO, Temperatur, Rasio massa, Transmitansi, Resistansi

## SUMMARY

**Imam Mawardi Maksum**, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, June 2018, Temperature and Ratio of Mass Doping on Fabrication of Fluorine Doped Tin Oxide (FTO), Academic Supervisor : Denny Widhiyanuriawan and Redi Bintarto.

*One of the most important components affecting solar cell type DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) is transparent conductive glass. Transparent conductive glass serves as a substrate where other DSSC components are attached, tasked with continuing direct light from sunlight, and channeling electrons through the conductive layers present on the glass. The material commonly used as transparent conductive glass is indium tin oxide (ITO), but ITO has a high price because indium availability in nature is limited, so now much research is done using other substitute materials of ITO, and one of them is fluorine doped tin oxide FTO). FTO is generally more chemically resistant, cheaper and more readily available raw materials. The main condition of transparent conductive glass to be used as an electrode in DSSC is that it must have high transmittance value and low resistance value. In making FTO conductive coatings selected tin oxide ( $\text{SnO}_2$ ) as the main conductive element (main element), this is because tin oxide is a semiconductor material that has good transmittance properties, long usage time, and is relatively stable. However, the conductive glass of having a low conductivity so that the need for doping. Doping this time using fluoride because fluoride has a low electrical resistance, so it can raise the conductivity of FTO. Another parameter that may affect FTO characteristics is the deposition temperature that plays a role in determining the many least conductive layers formed on the glass surface. Therefore, in this research, the making of FTO with variation of temperature and mass ratio ( $\text{NH}_4\text{F}:\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )*

*Variations were performed at a fixed temperature of 400 with a mass ratio of 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, and variations in a fixed 4% mass ratio with temperatures of 300, 350, 400, 450, 500°C. The FTO was made by the spray pyrolysis deposition method using the OMRON NE-C28 Nebulizer tool, selected by the method because of its simple installation and can make the layers evenly distributed. The best result is obtained at the temperature variation of 400 ratio of mass 8% with the resistance value equal to 9,186  $\Omega$  and the highest transmittance value 90,047%, and can know the effect of temperature that is decreasing the value of transmittance and resistance value to some extent, after the temperature is increased over the limit, and the mass ratio also has the same effect of decreasing the value of transmittance and the value of resistance to some extent, after the mass ratio is increased over the limit, the two values will rise again.*

*Keyword: DSSC, FTO, Temperature, Mass Ratio, Transmittance, Resistance*





## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Pengaruh Temperatur dan Rasio Massa *Doping* dalam pembuatan *Thin Film Fluorine Doped Tin Oxide (FTO)* ” ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyelesaian skripsi ini telah dibantu oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini :

1. Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D., selaku Sekertaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT., selaku Ketua Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT., selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Konversi Energi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
5. Dr.Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT, selaku dosen pembimbing I skripsi yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi selama penyusunan proses skripsi.
6. Redi Bintarto, ST., M.Eng.Pract., selaku dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, koreksi dan motivasi selama penyusunan laporan skripsi.
7. Dr. Zainal Arifin, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing selama pengambilan data di Universitas Negeri Sebelas Maret yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan nasihat.
8. Dr. Eng. Moch. Agus Chiron, ST., MT., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi dan bimbingan terkait akademik selama kuliah di Teknik Mesin.
9. Terimakasih kepada kedua orang tua saya Muntoha dan Karsining, dan kakak saya Muh. Ridwan yang selalu memotovasi, memberikan kasih sayang, doa, nasehat, dan dukungan moral maupun materil yang diberikan selama ini.
10. Seluruh Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang sangat mendukung selama penyusunan skripsi ini.

11. Seluruh Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi.
12. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Tenaga Surya dan Energi Alternatif Pram, Janitra, Husni, Fakhri, Arif, Fahrijal dan Tari yang sudah membantu dalam pengambilan data skripsi.
13. Teman-teman mesin angkatan 2014 yang selalu memberikan semangat, motivasi, serta seluruh dukungan yang diberikan.
14. Saudara Farhan, Dwiki, Imam dan Falih selaku teman seperjuangan dalam menyelesaikan skripsi yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan permasalahan.
15. Teman-teman Apatte 62 Brawijaya yang telah membantu memberi masukan, informasi dan alat-alat yang diperlukan dalam pengujian data
16. Teman-teman *Mechanical Research Club* yang selalu mendukung dan memberi semangat dalam mengerjakan skripsi
17. Kepada Maftukah Zain Syahroh dan teman-teman dekat yang tidak bisa saya sebutkan yang selalu memotivasi dan menemani selama penyusunan skripsi.
18. Seluruh pihak terkait yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis menerima segala kritik yang bersifat membangun di kemudian hari. Akhirnya penulis berharap semoga penulisan skripsi bermanfaat bagi semua pihak.

Malang,08 Juni 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>Transparent Conductive Oxide</i> (TCO) .....	5
2.1.1 Konduktifitas TCO .....	5
2.1.2 Persyaratan TCO yang baik.....	6
2.2 <i>Flourine Doped Tin Oxide</i> (FTO) .....	7
2.2.1 Konduktifitas FTO.....	8
2.2.2 Ketidaktersempurnaan (cacat) pada lapisan tipis $SnO_2$ .....	10
2.3 Metode <i>Spray Pyrolysis Deposition</i> .....	10
2.3.1 Keuntungan metode <i>Spray Pyrolysis</i> .....	12
2.4 <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC) .....	13
2.4.1 Komponen DSSC .....	14
2.5 Karakteristik Material.....	16
2.6 Hipotesa.....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
3.3 Variabel Penelitian .....	19
3.4 Alat dan Bahan Penelitian .....	20
3.4.1 Alat Penelitian .....	20

3.4.2 Bahan Penelitian.....	24
3.5 Instalasi Penelitian.....	27
3.6 Pembuatan FTO .....	27
3.7 Prosedur Pembuatan FTO .....	28
3.8 Pengujian FTO .....	28
3.8.1 Pengujian UV-Vis <i>Spectrophotometer</i> .....	28
3.8.2 Pengukuran <i>Resistance</i> .....	30
3.8.3 Pengujian <i>Scanning Electron Microscopy</i> .....	32
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Pengujian FTO Rasio Massa 4% pada Berbagai Temperatur.....	35
4.1.1 Analisis Transmittansi .....	35
4.1.2 Analisis Resistansi .....	36
4.2 Hasil Pengujian FTO Temperatur 400°C dengan Variasi Rasio Massa .....	38
4.2.1 Analisis Transmittansi .....	38
4.2.2 Analisis Resistansi .....	39
4.3 Analisis SEM ( <i>Scanning Electrone Microscopy</i> ).....	40
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	(a) Semikonduktor donor atom asing golongan VA (arsenik).....	9
	(b) Tingkat energi atom donor .....	9
Gambar 2.2	(a) Semikonduktor donor atom asing golongan III A (boron).....	10
	(b) Tingkat energi atom aseptor .....	10
Gambar 2.3	(a) Kekosongan dan cacat intersiti .....	10
	(b) Cacat substitusi ( <i>substitusi defect</i> ) .....	10
Gambar 2.4	Skema metode <i>spray pyrolysis</i> .....	11
Gambar 2.5	Skema Pembentukan Partikel .....	12
Gambar 2.6	Prinsip kerja DSSC .....	14
Gambar 2.7	Skema DSSC.....	14
Gambar 2.8	Struktur <i>dye ruthenium comlex</i> .....	15
Gambar 2.9	Spektrum konduktivitas listrik dan resistivitas .....	16
Gambar 2.10	Diagram pita energi padatan Na .....	16
Gambar 2.11	Diagram pita energi material isolator .....	17
Gambar 2.12	Diagram pita energi semikonduktor .....	18
Gambar 3.1	<i>Nebulizer OMRON NE-C28</i> .....	20
Gambar 3.2	<i>Magnetic stirrer</i> .....	21
Gambar 3.3	Timbangan digital .....	22
Gambar 3.4	<i>Digital Ultrasonic Cleaner</i> .....	22
Gambar 3.5	Kompor listrik.....	23
Gambar 3.6	<i>Temperature Controller</i> .....	23
Gambar 3.7	Kaca sebelum pelapisan.....	24
Gambar 3.8	Tin (II) Chloride.....	25
Gambar 3.9	Amonium Flouride ( $NH_4F$ ) .....	26
Gambar 3.10	Etanol 96% .....	26
Gambar 3.11	Instalansi alat penelitian.....	27
Gambar 3.12	Proses penyerapan cahaya saat uji UV-Vis.....	29
Gambar 3.13	Probe 4 titik di kedalaman bahan.....	30
Gambar 3.14	Probe 4 titik di permukaan bahan .....	31
Gambar 3.15	Skema kerja SEM .....	32
Gambar 3.16	Penghamburan elektron dan sinar-X .....	32

Gambar 3.17	Diagram alir penelitian .....	33
Gambar 4.1	Hubungan panjang gelombang terhadap nilai transmitansi FTO rasio massa 4% pada berbagai temperatur .....	35
Gambar 4.2	Hubungan temperatur terhadap nilai resistansi FTO pada rasio massa 4% .....	36
Gambar 4.3	Hubungan panjang gelombang terhadap nilai transmitansi FTO pada temperatur 400 °C dengan berbagai rasio massa .....	38
Gambar 4.4	Hubungan rasio massa terhadap nilai resistansi FTO pada temperatur 400 °C.....	39
Gambar 4.5	(a) Variasi rasio massa 4% temperatur 300°C perbesaran 2500x .....	41
	(b) Variasi rasio massa 4% temperatur 500°C perbesaran 2500x .....	41
	(c) Variasi rasio massa 4% temperatur 400°C perbesaran 10000x ....	41



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Nilai Transmittansi Temperatur 400 °C pada Berbagai Rasio Massa
Lampiran 2.	Nilai Transmittansi Rasio Massa 4% pada Berbagai Temperatur
Lampiran 3.	Nilai Resistansi pada Semua Variasi
Lampiran 4.	Contoh Perhitungan Nilai Resistansi