



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERFORMA SEL SURYA TERSENSITASI ZAT PEWARNA  
(DSSC) BERBASIS ZnO DENGAN VARIASI TINGKAT  
PENGISIAN DAN BESAR KRISTALIT TiO<sub>2</sub>**

**SKRIPSI**

**WULANDARI HANDINI**

**04 05 04 0716**

**FAKULTAS TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

**DESEMBER 2008**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERFORMA SEL SURYA TERSENSITASI ZAT PEWARNA  
(DSSC) BERBASIS ZnO DENGAN VARIASI TINGKAT  
PENGISIAN DAN BESAR KRISTALIT TiO<sub>2</sub>**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**WULANDARI HANDINI**

**04 05 04 0716**

**FAKULTAS TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

**DESEMBER 2008**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Wulandari Handini**

**NPM : 04 05 04 0716**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 24 Desember 2008**

## HALAMAN PENGESAHAN

**Skripsi ini diajukan oleh :**  
**Nama :** Wulandari Handini  
**NPM :** 04 05 04 0716  
**Program Studi :** Teknik Metalurgi dan Material  
**Judul Skripsi :** Performa Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna dengan Variabel Tingkat Pengisian dan Besar Kristalit TiO<sub>2</sub>

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang telah diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

**Pembimbing :** Dr. Ir. Akhmad Herman Y. M.Phil.Eng ( )  
**Penguji :** Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia M.Phil.Eng ( )  
**Penguji :** Dr. Badrul Munir ST.,MSc.Eng ( )

**Ditetapkan di :** Depok  
**Tanggal :** 24 Desember 2008

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah.SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Akhmad Herman Yuwono M.Phil.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua dan keluarga saya yang senantiasa mendo'akan saya, memberikan perhatian, dan bantuan baik material maupun moral;
- (3) Saudara Arif Rahman, selaku teman kerja pada penelitian skripsi ini yang telah banyak membantu saya dalam melaksanakan penelitian;
- (4) Saudara Alfa Meilano yang senantiasa memberikan saya semangat dan dukungan moral selama saya melakukan penelitian hingga penulisan skripsi; dan
- (5) Sahabat serta seluruh pihak yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah.SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 20 Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wulandari Handini  
NPM : 0405040716  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Departemen : Metalurgi dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya saya yang berjudul:

Performa Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna (DSSC) Berbasis ZnO dengan  
Variasi Tingkat Pengisian dan Besar Kristalit TiO<sub>2</sub>

beserta seluruh perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 24 Desember 2008

Yang menyatakan

( Wulandari Handini )

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR ISTILAH.....	xiv
DAFTAR RUMUS.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Peneitian.....	3
1.3 Perumusan Masalah.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
<b>DASAR TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Photovoltaic</i> .....	6
2.1.1 Efek <i>Photovoltaic</i> .....	6
2.1.2 Sel <i>Photovoltaic</i> .....	6
2.2 Sel Surya ( <i>Solar Cell</i> ).....	7
2.2.1 Mekanisme Konversi Energi.....	7
2.2.2 Struktur Umum Sel Surya.....	10
2.2.3 Klasifikasi Sel Surya.....	12
2.2.4 Efisiensi Sel Surya.....	14
2.3 <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> .....	15
2.3.1 Prinsip dan Cara Kerja.....	15
2.3.2 Struktur DSSC.....	17
2.4 Material DSSC.....	18
2.4.1 Substrat DSSC.....	18

2.4.2 Layer Oksida Nanopori DSSC .....	19
2.4.3 Zat Pewarna ( <i>dyes</i> ).....	24
2.4.4 Elektrolit.....	25
2.4.5 Katalis Counter Elektroda .....	26
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2 Alat dan Bahan.....	28
3.3 Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1 Preparasi Sampel.....	29
3.3.2 Pembuatan Elektroda Semikonduktor.....	33
3.3.3 Deposisi <i>Counter</i> Elektroda .....	37
3.3.4 Perakitan DSSC.....	38
3.3.5 Pengujian Voltase DSSC.....	40
3.3.6 Pengujian XRD .....	41
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
4.1 Hasil XRD .....	43
4.1.1 Hasil Pengukuran Besar Kristalit ZnO.....	45
4.1.2 Hasil Pengukuran Besar Kristalit TiO <sub>2</sub> Merck.....	47
4.1.3 Hasil Pengukuran Besar Kristalit TiO <sub>2</sub> Degussa P25.....	49
4.2 Pengamatan Visual.....	51
4.2.1 Pencampuran Pasta <i>Layer</i> Oksida .....	51
4.2.2 Pendeposisian <i>Layer</i> Oksida .....	53
4.2.3 Proses Sintering <i>Layer</i> Oksida.....	55
4.2.4 Proses Sensitasi Zat Pewarna.....	56
4.3 Hasil Pengujian Voltase .....	59
4.3.1 Variabel Tingkat Pengisian TiO <sub>2</sub> Merck.....	59
4.3.2 Variabel Tingkat Pengisian TiO <sub>2</sub> Degussa P25.....	61
4.4 Analisis Perbandingan Besar Kristalit dan Tingkat Pengisian Terhadap Nilai Voltase DSSC.....	63
<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENSI .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 1.1</b> Potensi tenaga surya dibandingkan tenaga Alternatif lain	2
<b>Gambar 2.1</b> Skema sederhana sistem sel PV	7
<b>Gambar 2.2</b> Mekanisme terbentuknya elektron bebas pada material semikonduktor	8
<b>Gambar 2.3</b> Struktur material semikonduktor	9
<b>Gambar 2.4</b> Perbedaan <i>band gap</i> mempengaruhi besarnya energi yang diserap oleh sel surya	10
<b>Gambar 2.5</b> Ilustrasi struktur sel surya	11
<b>Gambar 2.6</b> Susunan lapisan <i>solar cell</i> secara umum	11
<b>Gambar 2.7</b> Skema klasifikasi sel surya	12
<b>Gambar 2.8</b> Kurva arus-tegangan pada sel surya	14
<b>Gambar 2.9</b> Ilustrasi struktur molekular TiO <sub>2</sub> nanopartikel pada DSSC	15
<b>Gambar 2.10</b> Skema mekanisme transfer elektron pada DSSC	16
<b>Gambar 2.11</b> Struktur DSSC	17
<b>Gambar 2.12</b> Susunan <i>sandwich</i> layer dari DSSC	18
<b>Gambar 2.13</b> Struktur kristal dari TiO <sub>2</sub> <i>anatase</i>	19
<b>Gambar 2.14</b> Perbandingan pita energi berbagai fasa TiO <sub>2</sub>	20
<b>Gambar 2.15</b> Spektrum cahaya matahari	21
<b>Gambar 2.16</b> Struktur kristal ZnO	22
<b>Gambar 2.17</b> Perbandingan pita energi dari berbagai semikonduktor	23
<b>Gambar 2.18</b> Struktur formula <i>ruthenium dye</i>	24
<b>Gambar 2.19</b> Struktur kimia <i>antocyanin dye</i>	25
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian	27
<b>Gambar 3.2</b> Prosedur pembuatan TCO	30
<b>Gambar 3.3</b> Proses pelumpangan ZnO	32
<b>Gambar 3.4</b> Larutan elektrolit	32
<b>Gambar 3.5</b> Zat pewarna ( <i>dye</i> ) organik kulit bawang	33

<b>Gambar 3.6</b>	Tahapan proses deposisi layer oksida	34
<b>Gambar 3.7</b>	Ilustrasi ukuran <i>scotch tape</i>	34
<b>Gambar 3.8</b>	TCO yang telah ditutup <i>scotch tape</i>	34
<b>Gambar 3.9</b>	Deposisi layer oksida pada TCO	35
<b>Gambar 3.10</b>	Proses <i>sintering</i> dalam oven <i>Naberthem</i>	36
<b>Gambar 3.11</b>	Proses penyerapan zat pewarna (sensitasi)	36
<b>Gambar 3.12</b>	Layer oksida sebelum dan sesudah disensitasi	37
<b>Gambar 3.13</b>	Proses deposisi karbon dengan pembakaran lilin	38
<b>Gambar 3.14</b>	<i>Counter</i> elektroda	38
<b>Gambar 3.15</b>	Ilustrasi <i>sandwich</i> layer DSSC dengan TiO <sub>2</sub> nanopartikel dan <i>ruthenium dye</i> ( <i>Grätzel cell</i> )	39
<b>Gambar 3.16</b>	Penyusunan <i>sandwich</i> layer DSSC	39
<b>Gambar 3.17</b>	Penetesan larutan elektrolit	40
<b>Gambar 3.18</b>	Pengujian voltase tegangan DSSC	41
<b>Gambar 3.19</b>	Mesin Phillips <i>X-ray diffractometer</i>	41
<b>Gambar 3.20</b>	Ilustrasi grafik hasil uji TiO <sub>2</sub>	42
<b>Gambar 4.1</b>	Hasil XRD ZnO	45
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik interpolasi ZnO	46
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil XRD TiO <sub>2</sub> <i>Merck</i>	47
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik interpolasi TiO <sub>2</sub> <i>Merck</i>	48
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil XRD TiO <sub>2</sub> <i>Degussa P25</i> ( <i>Degussa P25</i> )	49
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik interpolasi TiO <sub>2</sub> <i>Degussa P25</i>	50
<b>Gambar 4.7</b>	Dari kiri ke kanan menunjukkan bubuk ZnO, TiO <sub>2</sub> <i>Merck</i> , dan TiO <sub>2</sub> <i>Degussa P25</i>	51
<b>Gambar 4.8</b>	Larutan TiO <sub>2</sub> <i>Merck</i> dengan pelarut etanol yang diaduk di atas <i>stirrer plate</i>	52
<b>Gambar 4.9</b>	Perbandingan pasta ZnO sebelum ditambah larutan TiO <sub>2</sub> (kiri) dan sesudah ditambah larutan TiO <sub>2</sub> (kanan)	52
<b>Gambar 4.10</b>	Dari kiri ke kanan: ZnO, ZnO + 1 ml TiO <sub>2</sub> , ZnO + 3 ml TiO <sub>2</sub> , dan ZnO + 5 ml TiO <sub>2</sub>	53

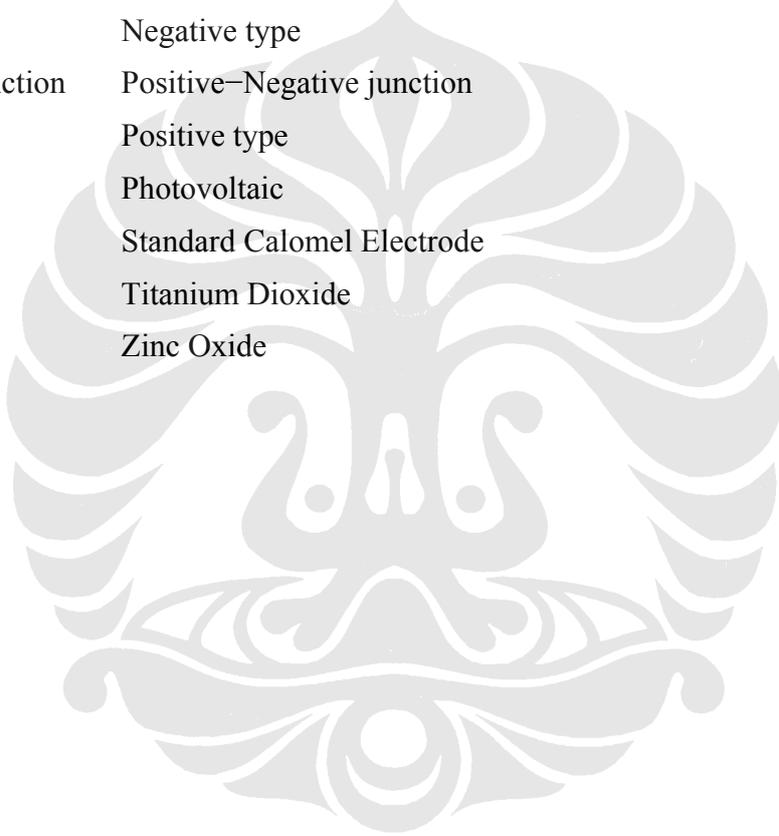
<b>Gambar 4.11</b>	<i>Layer</i> TiO <sub>2</sub> Merck tidak memperlihatkan perubahan warna selama proses sinter. Bagian atas menggunakan metode deposisi manual, sedangkan bagian bawah dengan <i>spin coating</i>	56
<b>Gambar 4.12</b>	<i>Layer</i> oksida setelah disensitasi pada <i>dye</i> kulit bawang	57
<b>Gambar 4.13</b>	Dari kiri ke kanan menunjukkan hasil sensitasi ZnO murni, ZnO + 3 ml TiO <sub>2</sub> Merck, dan ZnO + 5 ml TiO <sub>2</sub> Merck	58
<b>Gambar 4.14</b>	<i>Layer</i> oksida TiO <sub>2</sub> Merck dengan pelarut etanol, menunjukkan kondisi <i>layer</i> yang stabil akan tetapi tidak mampu menyerap zat pewarna	58
<b>Gambar 4.15</b>	Grafik hasil uji voltase dengan variabel pengisian TiO <sub>2</sub> Merck	60
<b>Gambar 4.16</b>	Grafik voltase dengan variabel pengisian TiO <sub>2</sub> Degussa P25	62
<b>Gambar 4.17</b>	Grafik perbandingan nilai rata-rata voltase TiO <sub>2</sub> Merck dan TiO <sub>2</sub> Degussa P25	63

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Efisiensi DSSC TiO <sub>2</sub> DSSC TiO <sub>2</sub> dengan berbagai Macam <i>dye</i>	21
<b>Tabel 2.2</b> Hasil penelitian skala lab terhadap efisiensi DSSC menggunakan layer oksida selain TiO <sub>2</sub>	22
<b>Tabel 2.3</b> Perbandingan <i>band gap</i> berbagai semikonduktor	23
<b>Tabel 3.1</b> Komposisi variabel TiO <sub>2</sub> dalam ZnO	31
<b>Tabel 4.1</b> Hasil pengolahan data pelebaran difraksi instrumen	44
<b>Tabel 4.2</b> Hasil pengolahan data pelebaran ZnO	46
<b>Tabel 4.3</b> Tabel data pelebaran TiO <sub>2</sub> <i>Merck</i>	48
<b>Tabel 4.4</b> Tabel data pelebaran TiO <sub>2</sub> <i>Degussa P25</i>	50
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan daya lekat <i>layer</i> oksida pada permukaan TCO pada tiap komposisi yang berbeda	54
<b>Tabel 4.6</b> Hasil voltase dengan variabel pengisian TiO <sub>2</sub> <i>Merck</i>	59
<b>Tabel 4.7</b> Hasil data DSSC TiO <sub>2</sub> <i>Merck</i> murni	61
<b>Tabel 4.8</b> Hasil voltase dengan variabel pengisian TiO <sub>2</sub> <i>Degussa P25</i>	61
<b>Tabel 4.9</b> Perbandingan nilai voltase terhadap besar kristalit	63

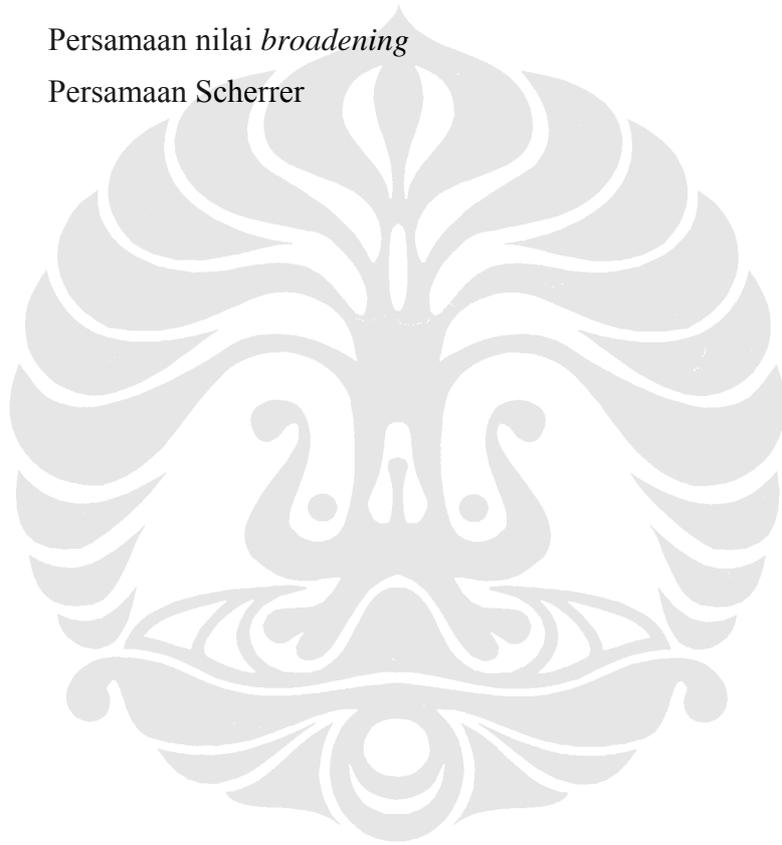
## DAFTAR SINGKATAN

DSSC	Dye Sensitized Solar Cell
ECB	Energy Conduction Band
EG	Energy Gap
EVB	Energy Valence Band
NHE	Normal Hydrogen Electrode
N-type	Negative type
P-N junction	Positive-Negative junction
P-type	Positive type
PV	Photovoltaic
SCE	Standard Calomel Electrode
TiO <sub>2</sub>	Titanium Dioxide
ZnO	Zinc Oxide



## DAFTAR RUMUS

		Halaman
(2.1)	Rumus efisiensi sel surya	14
(2.2)	Rumus <i>fill factor</i>	14
(2.3)	Reaksi eksitasi $S^*$	16
(2.4)	Reaksi reduksi $S^+$	16
(4.1)	Persamaan nilai <i>broadening</i>	43
(4.2)	Persamaan Scherrer	44



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil XRD ZnO Merck	71
Lampiran 2 Hasil XRD TiO <sub>2</sub> Merck	74
Lampiran 3 Hasil XRD TiO <sub>2</sub> Merck <i>Anneal</i>	77

