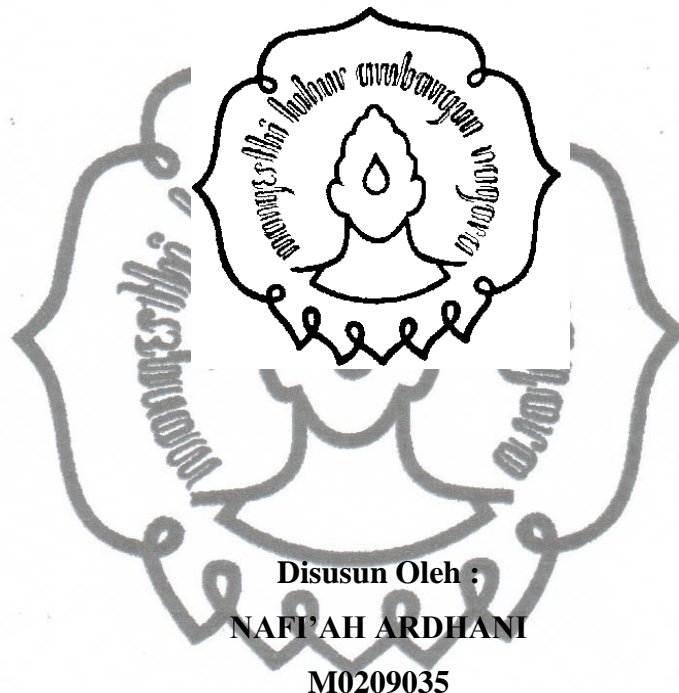


**SINTESIS NANOPARTIKEL *TITANIUM DIOXIDE* (TiO_2)
DAN APLIKASINYA PADA SEL SURYA
STRUKTUR *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**



SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Juli, 2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**SINTESIS NANOPARTIKEL *TITANIUM DIOXIDE* (TiO_2)
DAN APLIKASINYA PADA SEL SURYA
STRUKTUR *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

Yang ditulis oleh :

Nama : Nafi'ah Ardhani

NIM : M0209035

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji pada

Hari : Selasa

Tanggal : 23 Juli 2013

Anggota tim penguji :

1. Nama : Drs. Suharyana, M.Sc.

NIP : 19611217 198903 1 003

2. Nama : Khairuddin, S.Si., M.Phil., Ph.D.

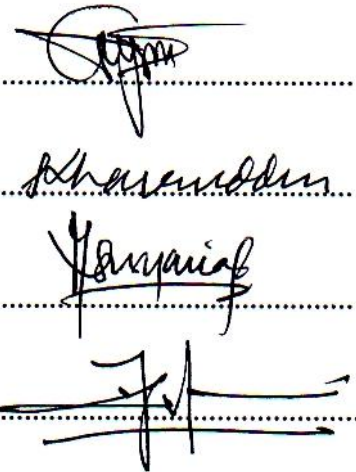
NIP : 19701018 199702 1 001

3. Nama : Dr. Eng. Risa Suryana, S.Si., M.Si.

NIP : 19710831 200003 1 005

4. Nama : Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si.

NIP : 19690826 199903 1 001



.....
.....
.....
.....

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

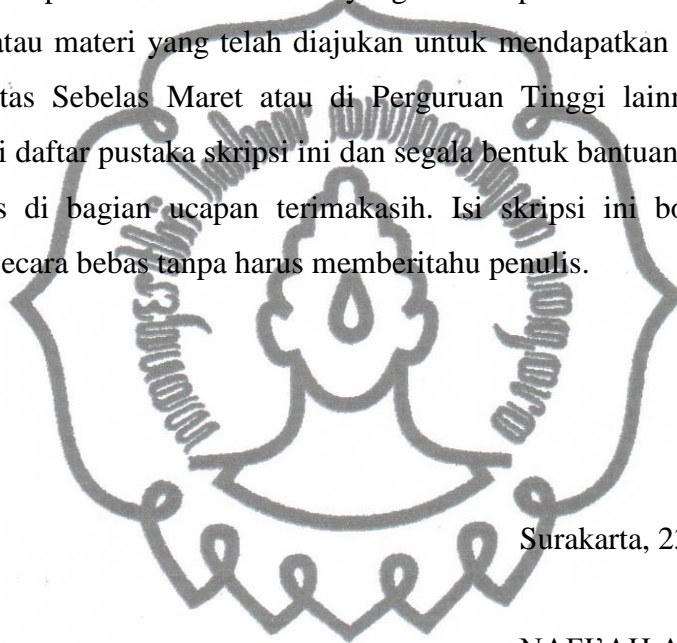
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D.
NIP. 19680508 199702 1 001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi saya yang berjudul “**SINTESIS NANOPARTIKEL *TITANIUM DIOXIDE* (TiO_2) DAN APLIKASINYA PADA SEL SURYA STRUKTUR *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (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, 23 Juli 2013

NAFI'AH ARDHANI

**SINTESIS NANOPARTIKEL *TITANIUM DIOXIDE* (TiO₂)
DAN APLIKASINYA PADA SEL SURYA
STRUKTUR *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

NAFI'AH ARDHANI

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret

ABSTRAK

Nanopartikel TiO₂ telah berhasil disintesis melalui metode *sol gel* dengan bahan utama TTIP dan HClO₄. Etanol dan akuades digunakan sebagai pelarut dalam reaksi hidrolisis. Rasio massa (Rw) antara akuades dan TTIP divariasikan menjadi 0,85; 2,00; dan 3,50. *Pre-heating* dilakukan pada 60°C selama satu hari sebelum di-*annealing* pada 150°C selama 3 jam. Spektrum XRD menunjukkan bahwa puncak TiO₂ fasa *anatase* dominan pada orientasi kristal (101), (004), dan (200) pada masing-masing sudut 25,3°, 37,8°, dan 48,1°, sedangkan fase *rutile* dominan pada orientasi (211) pada sudut 54,3°. Intensitas paling tinggi didominasi oleh fasa *anatase* (101). Metode Scherrer memperkirakan bahwa ukuran kristal (101) pada Rw 0,85; 2,00; dan 3,50 masing-masing adalah 3,48 nm, 4,36 nm, dan 4,47 nm. Hal ini didukung oleh data XRD yang mendemonstrasikan kenaikan puncak (101) terhadap kenaikan Rw. Metode Tauc memperkirakan bahwa energi celah pita TiO₂ terbesar (3,14 eV) pada Rw 2,00 lebih besar daripada Rw 0,85 dan 3,50 (3,02 eV dan 3,04 eV). Besarnya energi celah pita berkaitan dengan ketebalan lapisan TiO₂. TiO₂ hasil sintesis diaplikasikan pada DSSC dengan *dye* berupa *β-carotene* dari wortel. Efisiensi untuk masing-masing sampel adalah sampel 1 $(2,36 \pm 0,18) \times 10^{-3} \%$, sampel 2 $(1,01 \pm 0,07) \times 10^{-2} \%$ dan sampel 3 $(1,65 \pm 0,12) \times 10^{-3} \%$. Efisiensi tertinggi bernilai 10 kali lipat jika dibandingkan dengan menggunakan TiO₂ *pure rutile*.

Kata kunci: Nanopartikel TiO₂, metode *sol gel*, TTIP, metode Scherrer, metode Tauc, efisiensi

**SYNTHESES OF *TITANIUM DIOXIDE* (TiO₂) NANOPARTICLES
AND ITS APPLICATION TO SOLAR CELL
WITH *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) STRUCTURES**

NAFI'AH ARDHANI

Physics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sebelas Maret University

ABSTRACT

TiO₂ nanoparticles have been synthesized via sol gel method with the main material was TTIP and HClO₄. Ethanol and aquadest was used as solvent in hydrolysis reaction. The mass ratio (Rw) between aquadest and TTIP have been variated to 0.85; 2.00; and 3.50. Pre-heating has been done at 60°C for one day before annealed at 150°C for 3 hours. XRD spectra showed that anatase TiO₂ peaks were dominant on crystal orientation (101); (004); and (200) at 25.3°; 37.8°; and 48.1°; respectively, while the dominant orientation of the rutile phase appeared on (211) orientation at 54.3°. The highest intensity was dominated by the anatase phase (101). Scherrer's method estimated that the crystallite size (101) at Rw 0.85; 2.00; and 3.50 were 3.48 nm; 4.36 nm; and 4.47 nm, respectively. These results were supported by the XRD data demonstrating a (101) peak increasing to the Rw increasing. Tauc's method estimated that the highest band gap energy of TiO₂ at Rw 2.00 was 3.14 eV. This value was higher than Rw 0.85 and 3.50 (3.02 eV and 3.04 eV). The value of band gap energy related with the thickness of TiO₂ layer. Synthesized TiO₂ was applied in the DSSC with β-carotene from carrot as dye. The efficiency for each sample was sample 1 $(2.36 \pm 0.18) \times 10^{-3} \%$, sample 2 $(1.01 \pm 0.07) \times 10^{-2} \%$ and sample 3 $(1.65 \pm 0.12) \times 10^{-3} \%$. The highest efficiency was 10 times when the TiO₂ pure rutile was applied in the DSSC.

Keywords: TiO₂ nanoparticles, sol gel method, TTIP, Scherrer's method, Tauc's method, efficiency

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

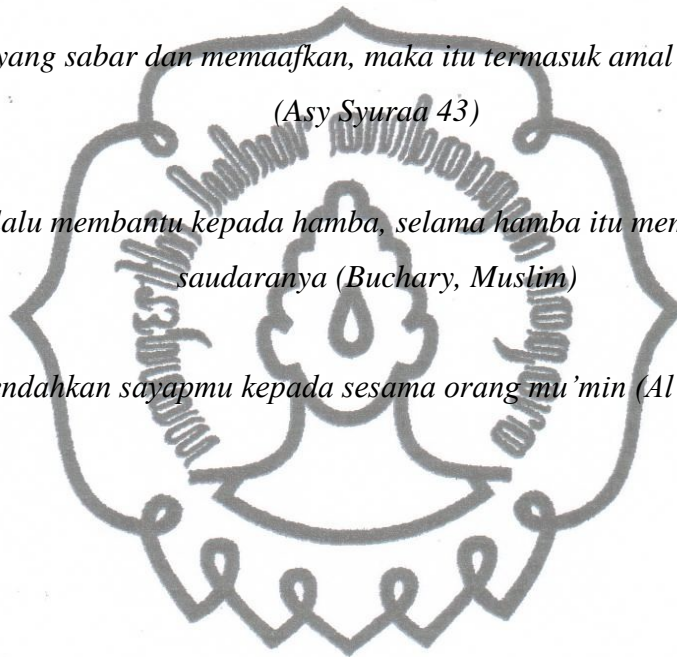
Aisyah R.A berkata : Rasulullah S.A.W bersabda : Sesungguhnya Allah lunak dan tenang, suka pada ketenangan dalam semua urusan (Buchary, Muslim)

Dan siapa yang sabar dan memaafkan, maka itu termasuk amal yang sangat baik

(Asy Syuraa 43)

Allah selalu membantu kepada hamba, selama hamba itu membantu kepada saudaranya (Buchary, Muslim)

Rendahkan sayapmu kepada sesama orang mu'min (Al Hizr 88)



Karya kecil dan tak bernilai ini saya persembahkan untuk :

My Dearest Mother

My Loving Father

commit to user

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta inayahNya sehingga laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Sholawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada Rosulullah SAW. Skripsi yang berjudul **”SINTESIS NANOPARTIKEL *TITANIUM DIOXIDE* (TiO_2) DAN APLIKASINYA PADA SEL SURYA STRUKTUR *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)“** ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains. Penyusunan laporan skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Ayah dan ibu tercinta yang tiada henti selalu mendo'akan dan mendukung
2. Ibu Suparmi, selaku pembimbing akademik yang telah mendidik dengan penuh kesabaran dan kasih sayang
3. Bapak Risa Suryana, selaku pembimbing pertama yang telah membimbing dengan sepenuh hati
4. Bapak Agus Supriyanto, selaku pembimbing kedua yang telah membimbing dengan kesungguhan
5. Fatimah Nur Hidayah dan Tira Ikhwani, yang selalu memberikan nuansa keceriaan di dalam indahny persaudaraan
6. Yoga, Meisya, Elsa, Mba Dewi, Mas Fredi, Mba Nia, Mas Boy, Mba Nita, Mba Eka yang telah membantu dalam penelitian
7. Wachid, Yudha, Kak Elyas, Nana, Bang A'in, Egyn, Didi, Veetha, Evi, R.R., Kak Nanik, Ajeng, Eki, Kak Dwi, Silvi, Rizki, Comptoners yang telah memberikan spektrum warna berbeda di kehidupan
8. Galaksi 2008, Inersia 2010, Fisika 2011, Fisika 2012 yang selalu memberikan kenangan tersendiri di memori hati

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Dengan segala kekurangan yang ada di skripsi ini, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

commit to user

HALAMAN PUBLIKASI

Sebagian dari isi skripsi saya ini telah diterima oleh tim redaksi FOTON, Jurnal Fisika dan Pembelajarannya. Dan telah dipublikasikan pada jurnal **FOTON: Fisika dan Pembelajarannya** dengan ISSN 1410-3273 **Volume 17 Nomor 1 Bulan Pebruari 2013.**



commit to user

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN ABSTRAK.....	iv
HALAMAN ABSTRACT.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
HALAMAN PUBLIKASI.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	3
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)</i>	5
2.2. Material DSSC.....	6
2.2.1. Substrat.....	6
2.2.2. <i>Titanium Dioxide (TiO₂)</i>	6
2.2.3. <i>Dye Sensitizer</i>	7
2.2.4. <i>β-carotene</i> Sebagai <i>Dye</i>	8
2.2.5. Elektrolit.....	9
2.2.6. Elektroda Lawan.....	10
2.3. Sintesis TiO ₂ dengan Metode <i>Sol Gel</i>	11
2.4. <i>Spectrophotometer UV-Vis</i>	12
2.5. <i>X-ray Diffraction</i>	13
2.6. <i>Atomic Force Microscopy (AFM)</i>	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	16
3.2.1. Alat Penelitian.....	16
3.2.2. Bahan Penelitian.....	17
3.3. Prosedur Penelitian.....	18
3.3.1. Sintesis TiO ₂	19
3.3.2. Karakterisasi Struktur dan Ukuran TiO ₂	22
3.3.3. Pembuatan Elektrolit.....	22
3.3.4. Ekstraksi <i>β-carotene</i> Wortel.....	22
3.3.5. Karakterisasi <i>Dye β-carotene</i>	22

	3.3.5.1. Karakterisasi Absorbansi <i>Dye</i> <i>β-carotene</i>	22
	3.3.5.2. Karakterisasi Arus dan Tegangan <i>Dye β-carotene</i>	23
	3.3.6. Pembuatan Lapisan TiO ₂	23
	3.3.6.1. Pembuatan Pasta TiO ₂	23
	3.3.6.2. Deposisi Lapisan TiO ₂	23
	3.3.7. Karakterisasi Lapisan TiO ₂	24
	3.3.7.1. Pengukuran Ketebalan Lapisan TiO ₂	24
	3.3.7.2. Karakterisasi Absorbansi Lapisan TiO ₂	24
	3.3.8. Pembuatan Elektroda Lawan.....	24
	3.3.9. Fabrikasi DSSC.....	24
	3.3.10. Karakterisasi Arus dan Tegangan DSSC.....	25
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
	4.1. Karakterisasi XRD Serbuk TiO ₂	26
	4.2. Karakterisasi Lapisan TiO ₂	29
	4.3. Karakterisasi <i>Dye</i>	34
	4.4. Karakterisasi Elektrolit.....	36
	4.5. Karakterisasi DSSC.....	37
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
	5.1. Kesimpulan.....	41
	5.2. Saran.....	41
	DAFTAR PUSTAKA.....	43
	LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1.	Susunan DSSC.....	5
Gambar 2.2.	Prinsip Kerja DSSC.....	6
Gambar 2.3.	Struktur Kristal TiO ₂ Fase (A) <i>Anatase</i> , (B) <i>Rutile</i> , (C) <i>Brookite</i>	6
Gambar 2.4.	Struktur Molekul <i>β-carotene</i>	8
Gambar 2.5.	Spektrum Serapan <i>β-carotene</i>	9
Gambar 2.6.	Peran Elektrolit dalam DSSC.....	10
Gambar 2.7.	Prinsip Kerja <i>Spectrophotometer UV-Vis</i>	12
Gambar 2.8.	Skema Difraksi Sinar-X.....	13
Gambar 2.9.	Skema Diagram <i>X-ray Diffractometer</i>	14
Gambar 2.10.	(a) Pembelokan pada <i>Cantilever</i> (b) Ujung <i>Tip</i>	15
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar 3.2.	Diagram Alir Sintesis TiO ₂	21
Gambar 4.1.	Serbuk TiO ₂ dengan <i>Rw</i> 2,00.....	26
Gambar 4.2.	Pola Difraksi Hasil Karakterisasi XRD Serbuk TiO ₂ <i>Rw</i> 2,00 dengan Sumber Sinar-X adalah Cu, λ Cu Bernilai 0,15406 nm.....	27
Gambar 4.3.	Kurva FWHM pada Sampel 1 Orientasi (101).....	28
Gambar 4.4.	Ketebalan Lapisan TiO ₂ Diukur dengan Menggunakan AFM pada (a) Sampel 1, (b) Sampel 2, dan (c) Sampel 3.....	30-32
Gambar 4.5.	Spektrum Absorbansi Lapisan TiO ₂	33
Gambar 4.6.	Kurva $h\nu$ terhadap $(\alpha h\nu)^{1/2}$ untuk Sampel 2 dengan E_g Diperkirakan dari Perpotongan Garis Singgung dengan Sumbu-x.....	33
Gambar 4.7.	<i>β-carotene</i> Hasil Ekstraksi.....	34
Gambar 4.8.	Spektrum Absorbansi <i>β-carotene</i> Hasil Ekstraksi.....	35
Gambar 4.9.	Spektrum I-V pada <i>β-carotene</i>	35
Gambar 4.10.	Spektrum I-V pada Elektrolit.....	36
Gambar 4.11.	Grafik Karakterisasi DSSC pada (a) Sampel 1 dengan <i>Rw</i> 0,85 (b) Sampel 2 dengan <i>Rw</i> 2,00 dan (c) Sampel 3 dengan <i>Rw</i> 3,50.....	37-38
Gambar 4.12.	Skema Penentuan I_m , V_m , I_{sc} , dan V_{oc} dari Kurva I-V.....	39

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
n	Orde pemantulan	-
d	Jarak antar atom	nanometer (nm)
λ	Panjang gelombang	nanometer (nm)
D	Ukuran kristal	nanometer (nm)
k	Konstanta Scherrer	-
β	<i>Full Width at Half Maximum (FWHM)</i>	radian (rad)
E_g	Energi celah pita	elektron volt (eV)
I_m	Arus maksimum	Ampere (A)
V_m	Tegangan maksimum	Volt (V)
I_{sc}	Arus <i>short circuit</i>	Ampere (A)
V_{oc}	Tegangan <i>open circuit</i>	Volt (V)
FF	<i>Fill Factor</i>	-
P_{out}	Daya masukan	Watt (W)
P_{in}	Daya keluaran	Watt (W)
I	Intensitas cahaya	Watt/m ² (W/m ²)
η	Efisiensi	persen (%)
σ	Konduktivitas	(Ωm) ⁻¹
A	Luas	meter (m)
l	Lebar	meter (m)
p	Panjang	meter (m)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Grafik XRD Ketiga Sampel dengan Sumber Sinar-X adalah Cu, λ Cu bernilai 0,15406 nm.....	49
Lampiran 2 Database JCPDS Kristal TiO ₂	51
Lampiran 3 Data Sudut 2 θ dan Fase Kristal yang Terbentuk pada Sampel.....	52
Lampiran 4 Data Perhitungan Ukuran Kristal dengan Metode Scherrer.....	53
Lampiran 5 Perhitungan Ukuran Kristal.....	54
Lampiran 6 Grafik Energi Celah Pita TiO ₂	56
Lampiran 7 Perhitungan Konduktivitas Dye dan Elektrolit.....	58
Lampiran 8 Perhitungan Efisiensi DSSC.....	63

