



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Lapis Tipis Metilamoniumtimbal(II) Iodida pada TiO₂ dan Aplikasinya sebagai Sel Surya
NABILA THURSINA SARI, Dr. Indriana Kartini, M.Si;Dr. Sutarno, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

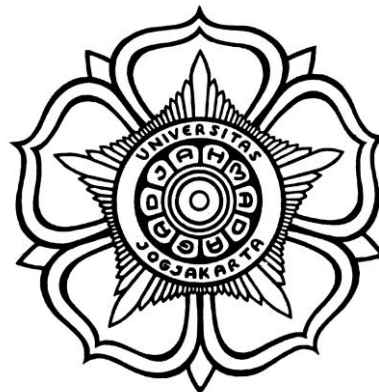
SKRIPSI

**LAPIS TIPIS METILAMONIUMTIMBAL(II) IODIDA PADA TiO₂ DAN
APLIKASINYA SEBAGAI SEL SURYA**

***THIN FILM METHYLAMMONIUMLEAD(II) IODIDE ON TiO₂ AND ITS
APPLICATION AS SOLAR CELL***

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Sarjana Sains

Ilmu Kimia



NABILA THURSINA SARI

13/347164/PA/15169

PROGRAM STUDI S1 KIMIA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS GADJAH MADA

YOGYAKARTA

2018



HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

LAPIS TIPIS METILAMONIUMTIMBAL(II) IODIDA PADA TiO₂ DAN APLIKASINYA SEBAGAI SEL SURYA

Telah dipersiapkan dan disusun oleh

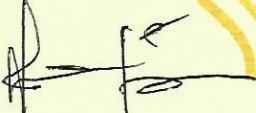
NABILA THURSINA SARI

13/347164/PA/15169

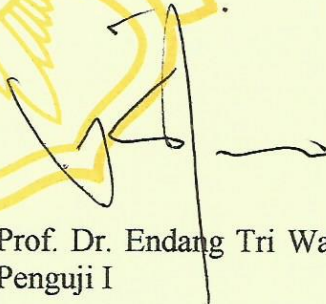
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal 24 Mei 2018


Susunan Tim Penguji



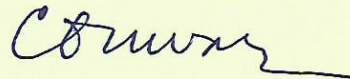
Dr. Indriana Kartini, M.Si
Pembimbing I



Prof. Dr. Endang Tri Wahyuni, MS
Penguji I



Dr. Sutarno, M.Si
Pembimbing II



Dr. Chairil Anwar
Penguji II



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak dapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 24 Mei 2018

Nabila Thursina Sari



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Lapis Tipis Metilamoniumtimbal(II) Iodida pada TiO₂ dan Aplikasinya sebagai Sel Surya
NABILA THURSINA SARI, Dr. Indriana Kartini, M.Si;Dr. Sutarno, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Untuk Adam, Mama, Papa dan keluarga besar di Padang
yang selalu kurindu
Izul yang senantiasa menemani
serta dukungan dari teman-teman terdekat selama ini*



PRAKATA

Segala puji ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Lapis Tipis Metilamoniumtimbal(II) Iodida pada TiO₂ dan Aplikasinya sebagai Sel Surya”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Sarjana Sains Ilmu Kimia.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Indriana Kartini, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan, motivasi, sekaligus sumber inspirasi selama pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Dr. Sutarno, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan berbagai masukan, arahan, dan bimbingan kepada penulis.
3. Dr. Chotimah, M.Si., selaku dosen staff Departemen Fisika FMIPA UGM yang telah banyak memberi bantuan baik berupa alat, bahan, masukan maupun motivasi selama penelitian.
4. Prof. Dr. Endang Tri Wahyuni, MS, selaku dosen penguji I yang telah memberikan masukan dan saran demi menyempurnakan skripsi ini.
5. Dr. Chairil Anwar, selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan saran demi perbaikan penulisan skripsi ini.
6. Kepala Laboratorium Kimia Anorganik beserta seluruh stafnya yang telah memberikan fasilitas dan bantuan selama proses penelitian.
7. Dosen-dosen Departemen Kimia FMIPA UGM yang telah membekali penulis dengan ilmu selama menempuh pendidikan di Universitas Gadjah Mada.
8. Rekan-rekan penelitian Mulya Supianto, Firmansyah, Fathah Dian Sari, Alfi Fatihah, Andik Setyawan, Kukuh Iskandar, Ira Nur Arba'atul Jannah, Ferry Rachmadani Saputra, Nina Yunita, dan Dani Bilkis Saida Aminah atas kerja sama, diskusi yang bermanfaat dan bantuan selama ini.



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Lapis Tipis Metilamoniuntimbal(II) Iodida pada TiO₂ dan Aplikasinya sebagai Sel Surya
NABILA THURSINA SARI, Dr. Indriana Kartini, M.Si; Dr. Sutarno, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan dalam pengerjaan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di kemudian hari. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam perkembangan ilmu pengetahuan terutama untuk bidang kimia.

Yogyakarta, 24 Mei 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian	3
I.3 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN HIPOTESIS	5
II.1 Tinjauan Pustaka	5
II.1.1 Perovskit metilamoniumtimbal(II) iodida	5
II.1.2 Konstruksi dan prinsip kerja sel surya CH ₃ NH ₃ PbI ₃	10
II.1.3 Lapisan interfasa CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /TiO ₂	16
II.1.4 Karakterisasi I-V sel surya	21
II.2 Perumusan Hipotesis dan Rancangan Penelitian	22
II.2.1 Perumusan hipotesis 1	22
II.2.2 Perumusan hipotesis 2 dan 3	24
II.2.3 Rancangan penelitian	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
III.1 Bahan Penelitian	26
III.2 Alat Penelitian	26
III.3 Prosedur Penelitian	27
III.3.1 Preparasi lapis tipis TiO ₂	27
III.3.2 Preparasi CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /TiO ₂	28
III.3.3 Fabrikasi sel surya untuk uji I-V	29
III.4 Metode Karakterisasi	30
III.4.1 Metode difraksi sinar-X	30
III.4.2 Analisis adsorpsi-desorpsi gas N ₂	31
III.4.3 Karakterisasi menggunakan SEM	31
III.4.4 Analisis spektra absorpsi UV-Vis	32
III.4.5 Pengukuran I-V sel surya	32
BAB IV PEMBAHASAN	33
IV.1 Hasil XRD lapis tipis TiO ₂	33
IV.2 Analisis adsorpsi-desorpsi gas N ₂ lapis tipis TiO ₂	36
IV.3 Hasil XRD lapis tipis CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /TiO ₂	38



IV.4 Hasil SEM lapis tipis CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /TiO ₂	43
IV.5 Analisis spektra absorpsi UV-Vis lapis tipis CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /TiO ₂	47
IV.6 Uji kinerja sel surya berbasis CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /TiO ₂	48
BAB V KESIMPULAN	57
V.1 Kesimpulan	57
V.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	64



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur perovskit ABX ₃	5
Gambar II.2	Struktur perovskit CH ₃ NH ₃ PbI ₃ sistem kubus (a) dan tetragonal	6
Gambar II.3	Pola difraktogram lapis tipis CH ₃ NH ₃ PbI ₃	7
Gambar II.4	Bidang kisi (bidang berwarna abu-abu) CH ₃ NH ₃ PbI ₃ struktur tetragonal	8
Gambar II.5	Fotoeksitasi pada perovskit CH ₃ NH ₃ PbI ₃	9
Gambar II.6	<i>Cross-section</i> konstruksi <i>solid-state sensitized solar cell</i>	11
Gambar II.7	Pemisahan muatan pada sel surya CH ₃ NH ₃ PbI ₃ (a), dan diagram tingkat energi TiO ₂ , CH ₃ NH ₃ PbI ₃ , dan pasangan redoks I ₃ ⁻ /I ⁻ (b)	12
Gambar II.8	Skema mekanisme proses transfer elektron pada sel HTM/perovskit/TiO ₂	15
Gambar II.9	Difraktogram sinar-X dan hasil isoterm BET serta distribusi ukuran pori TiO ₂ mesopori	18
Gambar II.10	Skema rekombinasi pada <i>pore-filling</i> perovskit rendah (a) dan tinggi (b)	19
Gambar III.1	Skema isolasi kaca ITO dan kaca preparat	28
Gambar III.2	Skema konstruksi <i>solid-state sensitized solar cell</i>	30
Gambar IV.1	XRD serbuk m-TiO ₂ (a), m-TiO ₂ /gs (b), m-TiO ₂ /ITO (c)	34
Gambar IV.2	XRD k-TiO ₂ /gs (a), k-TiO ₂ /ITO (b)	35
Gambar IV.3	Kurva isoterm adsorpsi-desorpsi N ₂ TiO ₂ (a) dan distribusi pori TiO ₂ (b)	37
Gambar IV.4	XRD m-TiO ₂ /gs (a) dan P/m-TiO ₂ /gs (b)	38
Gambar IV.5	XRD m-TiO ₂ /ITO (a) dan P/m-TiO ₂ /ITO (b)	39
Gambar IV.6	XRDk-TiO ₂ /gs (a) dan P/k-TiO ₂ /gs (b)	40
Gambar IV.7	XRD k-TiO ₂ /ITO (a) dan P/k-TiO ₂ /ITO (b)	41
Gambar IV.8	Hasil SEM m-TiO ₂ /ITO (a) dan (b), P/m-TiO ₂ /ITO (c), (d), dan (e)	44
Gambar IV.9	Hasil SEM k-TiO ₂ /ITO (a) dan (b), P/k-TiO ₂ /ITO (c), (d), dan (e)	46
Gambar IV.10	Spektra absorpsi UV-Vis lapisan CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /TiO ₂	48
Gambar IV.11	Kurva I-V sampel P/m-TiO ₂	50
Gambar IV.12	Kurva I-V sampel P/k-TiO ₂	51



DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Data struktur CH ₃ NH ₃ PbI ₃ terhadap suhu	7
Tabel II.2	Karakteristik beberapa produk TiO ₂ komersial	17
Tabel III.1	Variasi komponen penyusun konstruksi sel surya	29
Tabel IV.1	Ukuran kristal (D_{hkl}) dan nilai parameter kisi TiO ₂	36
Tabel IV.2	Karakteristik struktur TiO ₂	38
Tabel IV.3	Nilai parameter kisi perovskit CH ₃ NH ₃ PbI ₃	42
Tabel IV.4	Hasil uji I-V sel surya berbasis CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /TiO ₂	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Isoterm adsorpsi-desorpsi N ₂ TiO ₂ mesopori	64
Lampiran 2	Isoterm adsorpsi-desorpsi N ₂ TiO ₂ Merck	66
Lampiran 3	XRD serbuk TiO ₂ mesopori (a), m-TiO ₂ /gs (b), m-TiO ₂ /ITO (c), P/m-TiO ₂ /gs (d) dan P/m-TiO ₂ /ITO (e)	68
Lampiran 4	XRD k-TiO ₂ /gs (a), k-TiO ₂ /ITO (b), P/k-TiO ₂ /gs (c) dan P/k-TiO ₂ /ITO	71
Lampiran 5	JCPDS TiO ₂ <i>anatase</i> nomor 00-021-1272	73
Lampiran 6	JCPDS TiO ₂ <i>brookite</i> nomor 00-029-1360	74
Lampiran 7	JCPDS PbI ₂ nomor 00-007-0235	75
Lampiran 8	Gambar konstruksi <i>sensitized liquid junction solar cell</i> (a) dan <i>solid-state sensitized solar cell</i> katoda FTO/Pt (b)	76
Lampiran 9	Gambar konstruksi <i>solid-state sensitized solar cell</i> katoda C dengan perlakuan <i>etching</i> pada ITO (a) dan kondisi pengujian kinerja sel surya dengan <i>I-V Keithley Solar Simulator</i> dan penerangan lampu Xenon (b)	77
Lampiran 10	Perhitungan efisiensi sel surya perovskit CH ₃ NH ₃ PbI ₃ /TiO ₂	78



LAPIS TIPIS METILAMONIUMTIMBAL(II) IODIDA PADA TiO₂ DAN APLIKASINYA SEBAGAI SEL SURYA

Nabila Thursina Sari
13/347164/PA/15169

INTISARI

Telah dilakukan preparasi lapis tipis metilamoniumtimbal(II) iodida pada TiO₂ (CH₃NH₃PbI₃/TiO₂) menggunakan TiO₂ komersial (k-TiO₂) dan TiO₂ mesopori (m-TiO₂) pada kaca konduktif ITO dan non-konduktif (kaca preparat) serta uji aplikasinya sebagai sel surya. TiO₂ mesopori disintesis dari prekursor titanium(IV) tetraisopropoksida (TTIP) dan surfaktan *Pluronic* P123 sebagai cetakan dengan metode hidrotermal pada suhu 100 °C selama 20 jam. Preparasi lapis tipis CH₃NH₃PbI₃/TiO₂ dari prekursor CH₃NH₃I dan PbI₂ dilakukan dengan rasio mol 1:1 dalam pelarut DMSO melalui metode deposisi bertahap, dilanjutkan dengan pemanasan. Konstruksi sel surya dilakukan menggunakan model konstruksi *sensitized liquid junction solar cell* menggunakan elektrolit TBAP-CH₃NH₃I dan *solid-state sensitized solar cell* menggunakan CuI sebagai *hole transport material* (HTM). Karakterisasi material dilakukan menggunakan XRD, SEM, adsorpsi-desorpsi gas N₂ dan spektrofotometer UV-Vis. Kinerja sel surya dianalisis menggunakan *I-V Keithley Solar Simulator*.

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa penggunaan m-TiO₂ yang memiliki porositas tinggi ($S_{BET} = 131,08 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$; $V_p = 0,46 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$) dibandingkan k-TiO₂ ($S_{BET} = 33,44 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$; $V_p = 0,04 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$) dapat meningkatkan kristalinitas dan jumlah perovskit CH₃NH₃PbI₃ yang terdispersi. Dispersi fasa CH₃NH₃PbI₃ ditemukan lebih merata dengan ukuran butiran lebih kecil dan seragam pada permukaan m-TiO₂ dibandingkan pada k-TiO₂. Ukuran butiran perovskit rata-rata untuk m-TiO₂ dan k-TiO₂ yaitu 4,14 nm dan 8,69 nm. Hasil uji I-V menunjukkan konstruksi model *solid-state sensitized solar cell* cocok digunakan untuk pengujian kinerja elektroda CH₃NH₃PbI₃/TiO₂. Konstruksi Pt/CuI/P/m-TiO₂ menghasilkan efisiensi tertinggi ($6,80 \times 10^{-4}\%$) dibandingkan Pt/CuI/P/k-TiO₂ ($1,78 \times 10^{-7}\%$), C/CuI/P/k-TiO₂ ($3,00 \times 10^{-7}\%$), dan C/P/k-TiO₂ ($2,40 \times 10^{-6}\%$). Peningkatan efisiensi dari $3,00 \times 10^{-7}\%$ menjadi $2,40 \times 10^{-6}\%$ terjadi dengan menghilangkan HTM CuI pada konstruksi sel surya P/k-TiO₂.

Kata kunci: porositas TiO₂, CH₃NH₃PbI₃, konstruksi sel surya, efisiensi



THIN FILM METHYLAMMONIUMLEAD(II) IODIDE ON TiO₂ AND ITS APPLICATION AS SOLAR CELL

Nabila Thursina Sari
13/347164/PA/15169

ABSTRACT

Preparation of thin film methylammoniumlead(II) iodide on TiO₂ (CH₃NH₃PbI₃/TiO₂) using commercial (k-TiO₂) and mesoporous TiO₂ (m-TiO₂) on a conductive ITO glass and non-conductive glass (preparation glass) as well as its application as solar cell has been studied. Mesoporous TiO₂ was synthesized from titanium(IV) tetraisopropoxide (TTIP) and surfactant Pluronic P123 as a template by using hydrothermal method at 100 °C for 20 h. Thin film CH₃NH₃PbI₃/TiO₂ was prepared from CH₃NH₃I and PbI₂ with a mole ratio of 1:1 in DMSO solvent through sequential deposition method continued by heating. Two construction models of sensitized liquid junction solar cell using TBAP-CH₃NH₃I electrolyte and solid-state sensitized solar cell using CuI as the hole transport material (HTM) were applied and tested. The samples were characterized using XRD, SEM, N₂ gas adsorption-desorption analyzer and UV-Vis spectrophotometer. The performance of solar cells was analyzed using I-V Keithley Solar Simulator.

The result showed that higher amount of CH₃NH₃PbI₃ dispersion and perovskite crystallinity was shown by m-TiO₂ with higher porosity ($S_{\text{BET}} = 131.08 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$; $V_p = 0.46 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$) compared to k-TiO₂ ($S_{\text{BET}} = 33.44 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$; $V_p = 0.04 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$). The dispersion and coverage of CH₃NH₃PbI₃ were found better with smaller and uniform grain size on the surface of m-TiO₂ compared to k-TiO₂. The average perovskite grain size of m-TiO₂ and k-TiO₂ are 4.14 nm and 8.69 nm, respectively. The I-V test showed that construction of solid-state sensitized solar cell was suitable for testing performance of CH₃NH₃PbI₃/TiO₂ electrode. Construction of Pt/CuI/P/m-TiO₂ resulted in higher efficiency ($6.80 \times 10^{-4}\%$) compared to Pt/CuI/P/k-TiO₂ ($1.78 \times 10^{-7}\%$), C/CuI/P/k-TiO₂ ($3.00 \times 10^{-7}\%$) and C/P/k-TiO₂ ($2.40 \times 10^{-6}\%$). Increased efficiency from $3.00 \times 10^{-7}\%$ to $2.40 \times 10^{-6}\%$ was observed by removing CuI as HTM on the solar cell construction of P/k-TiO₂.

Keywords: TiO₂ porosity, CH₃NH₃PbI₃, solar cell construction, efficiency