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 TiO_2 DAN APLIKASINYA SEBAGAI SEL SURYA

THIN FILM METHYLAMMONIUMLEAD(II) IODIDE ON TiO_2 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

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 PENGESAHAN

SKRIPSI

LAPIS TIPIS METILAMONIUMTIMBAL(II) IODIDA PADA TiO_2 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

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/

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

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/

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 TiO_2 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 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/

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

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/

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 $CH_3NH_3PbI_3$ 10
II.1.3 Lapisan interfasa $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$ 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 $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$ 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 $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$ 38

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/

IV.4 Hasil SEM lapis tipis $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$ 43
IV.5 Analisis spektra absorpsi UV-Vis lapis tipis $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$ 47
IV.6 Uji kinerja sel surya berbasis $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$ 48
BAB V KESIMPULAN 57
V.1 Kesimpulan 57
V.2 Saran 58
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN 64

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/

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur perovskit ABX_3	5
Gambar II.2	Struktur perovskit $CH_3NH_3PbI_3$ sistem kubus (a) dan tetragonal	6
Gambar II.3	Pola difraktogram lapis tipis $CH_3NH_3PbI_3$	7
Gambar II.4	Bidang kisi (bidang berwarna abu-abu) $CH_3NH_3PbI_3$ struktur tetragonal	8
Gambar II.5	Fotoeksitasi pada perovskit $CH_3NH_3PbI_3$	9
Gambar II.6	*Cross-section* konstruksi *solid-state sensitized solar cell*	11
Gambar II.7	Pemisahan muatan pada sel surya $CH_3NH_3PbI_3$ (a), dan diagram tingkat energi TiO_2, $CH_3NH_3PbI_3$, 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 *pore-filling* perovskit rendah (a) dan tinggi (b)	19
Gambar III.1	Skema isolasi kaca ITO dan kaca preparat	28
Gambar III.2	Skema konstruksi *solid-state sensitized solar cell*	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 $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$	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

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/

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Data struktur $CH_3NH_3PbI_3$ 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 $CH_3NH_3PbI_3$	42
Tabel IV.4	Hasil uji I-V sel surya berbasis $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$	51

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/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Isoterm adsorpsi-dessorpsi 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*anatase* nomor 00-021-1272	73
Lampiran 6	JCPDS TiO_2*brookite* nomor 00-029-1360	74
Lampiran 7	JCPDS PbI_2 nomor 00-007-0235	75
Lampiran 8	Gambar konstruksi *sensitized liquid junction solar cell* (a) dan *solid-state sensitized solar cell* katoda FTO/Pt (b)	76
Lampiran 9	Gambar konstruksi *solid-state sensitized solar cell* katoda C dengan perlakuan *etching* pada ITO (a) dan kondisi pengujian kinerja sel surya dengan *I-V Keithley Solar Simulator* dan penerangan lampu Xenon (b)	77
Lampiran 10	Perhitungan efisiensi sel surya perovskit $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$	78

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/

LAPIS TIPIS METILAMONIUMTIMBAL(II) IODIDA PADA TiO_2 DAN APLIKASINYA SEBAGAI SEL SURYA

Nabila Thursina Sari
13/347164/PA/15169

INTISARI

Telah dilakukan preparasi lapis tipis metilamoniumtimbal(II) iodida pada TiO_2 ($CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$) menggunakan TiO_2 komersial (k-TiO_2) dan TiO_2 mesopori (m-TiO_2) pada kaca konduktif ITO dan non-konduktif (kaca preparat) serta uji aplikasinya sebagai sel surya. TiO_2 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 $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$ dari prekursor CH_3NH_3I dan PbI_2 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-CH_3NH_3I dan *solid-state sensitized solar cell* menggunakan CuI sebagai *hole transport material* (HTM). Karakterisasi material dilakukan menggunakan XRD, SEM, adsorpsi-desorpsi gas N_2 dan spektrofotometer UV-Vis. Kinerja sel surya dianalisis menggunakan *I-V Keithley Solar Simulator*.

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa penggunaan m-TiO_2 yang memiliki porositas tinggi (S_{BET}= 131,08 $m^2\ g^{-1}$; V_p= 0,46 $cm^3\ g^{-1}$) dibandingkan k-TiO_2 (S_{BET}= 33,44 $m^2\ g^{-1}$; V_p= 0,04 $cm^3 g^{-1}$) dapat meningkatkan kristalinitas dan jumlah perovskit $CH_3NH_3PbI_3$ yang terdispersi. Dispersi fasa $CH_3NH_3PbI_3$ ditemukan lebih merata dengan ukuran butiran lebih kecil dan seragam pada permukaan m-TiO_2 dibandingkan pada k-TiO_2. Ukuran butiran perovskit rata-rata untuk m-TiO_2 dan k-TiO_2 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 $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$. Konstruksi Pt/CuI/P/m-TiO_2 menghasilkan efisiensi tertinggi (6,80 × 10^{-4}%) dibandingkan Pt/CuI/P/k-TiO_2 (1,78 × 10^{-7}%), C/CuI/P/k-TiO_2 (3,00 × 10^{-7}%), dan C/P/k-TiO_2 (2,40 × 10^{-6}%). Peningkatan efisiensi dari 3,00 × 10^{-7}% menjadi 2,40 × 10^{-6}% terjadi dengan menghilangkan HTM CuI pada konstruksi sel surya P/k-TiO_2.

Kata kunci: porositas TiO_2, $CH_3NH_3PbI_3$, konstruksi sel surya, efisiensi

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/

THIN FILM METHYLAMMONIUMLEAD(II) IODIDE ON TiO_2 AND ITS APPLICATION AS SOLAR CELL

Nabila Thursina Sari
13/347164/PA/15169

ABSTRACT

Preparation of thin film methylammoniumlead(II) iodide on TiO_2 ($CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$) using commercial (k-TiO_2) and mesoporous TiO_2 (m-TiO_2) on a conductive ITO glass and non-conductive glass (preparation glass) as well as its application as solar cell has been studied. Mesoporous TiO_2 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 $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$ was prepared from CH_3NH_3Iand PbI_2 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-CH_3NH_3I 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, N_2 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 $CH_3NH_3PbI_3$ dispersion and perovskite crystallinity was shown by m-TiO_2 with higher porosity (S_{BET}= 131.08 m^2g^{-1}; V_p= 0.46 cm^3g^{-1}) compared to k-TiO_2 (S_{BET}= 33.44 m^2g^{-1}; V_p= 0.04 cm^3g^{-1}). The dispersion and coverage of $CH_3NH_3PbI_3$were found better with smaller and uniform grain size on the surface of m-TiO_2 compared to k-TiO_2. The average perovskite grain size of m-TiO_2 and k-TiO_2 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 $CH_3NH_3PbI_3/TiO_2$ electrode. Construction of Pt/CuI/P/m-TiO_2 resulted in higher efficiency (6.80×10^{-4}%) compared to Pt/CuI/P/k-TiO_2 (1.78×10^{-7}%), C/CuI/P/k-TiO_2 (3.00×10^{-7}%) and C/P/k-TiO_2 (2.40×10^{-6}%). Increased efficiency from 3.00×10^{-7}% to 2.40×10^{-6}% was observed by removing CuI as HTM on the solar cell construction of P/k-TiO_2.

Keywords: TiO_2 porosity, $CH_3NH_3PbI_3$, solar cell construction, efficiency