

PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR  
SEMIKONDUKTOR  $\text{TiO}_2$  TERHADAP KINERJA *DYE-SENSITIZED*  
*SOLAR CELLS*

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat dalam memperoleh gelar  
Sarjana Sains Departemen Pendidikan Fisika Program Studi Fisika  
Konsentrasi Fisika Material



Disusun Oleh :

Fauzan Muhammad Rabbani

1306865

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPARTEMEN PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

***PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR  $\text{TiO}_2$   
TERHADAP KINERJA *DYE-SENSITIZED* SOLAR CELLS***

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](http://repository.upi.edu) | [perpustakaan.upi.edu](http://perpustakaan.upi.edu)

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2019

PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR  
SEMIKONDUKTOR  $\text{TiO}_2$  TERHADAP KINERJA *DYE-SENSITIZED*  
*SOLAR CELLS*

(Skripsi ini merupakan bagian dari payung penelitian Dr. Andhy  
Setiawan, M.Si)

oleh

Fauzan Muhammad Rabbani

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Departemen Pendidikan Fisika Program Studi Fisika  
Konsentrasi Fisika Material  
FPMIPA UPI

© Fauzan Muhammad Rabbani  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Januari 2019

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019  
***PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR  $\text{TiO}_2$   
TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS***  
Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](http://repository.upi.edu) | [perpustakaan.upi.edu](http://perpustakaan.upi.edu)

Hak cipta dilindungi undang-undang.  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
Dengan dicetak ulang, difotocopy, atau cara lainnya tanpa ijin dari  
penulis.

FAUZAN MUHAMMAD RABBANI

PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR  
SEMIKONDUKTOR  $\text{TiO}_2$  TERHADAP KINERJA *DYE-SENSITIZED*  
*SOLAR CELLS*

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I

Dr. Andhy Setiawan, M.Si

NIP.197310131998021001

Pembimbing II

Drs. Yuyu Rachmat Tayubi, M.Si

NIP. 195806081987031003

Mengetahui,  
Ketua Departemen Pendidikan Fisika

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

***PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR  $\text{TiO}_2$   
TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS***

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si  
NIP. 19590401198601100

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019  
***PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO<sub>2</sub>  
TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS***  
Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu) | [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul **PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS** beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Januari 2019  
Yang membuat pernyataan,

**Fauzan Muhammad Rabbani**  
**NIM. 1306865**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas ridho dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**. Shalawat serta salam penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Fisika, Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna mengingat terbatasnya pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan informasi dan meningkatkan ilmu pengetahuan bagi para pembacanya

Bandung, Januari 2019  
Penulis

**Fauzan Muhammad Rabbani**  
**NIM. 1306865**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga proses penulisan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar dan tersusun dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si., selaku Ketua Departemen Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia,
2. Dr. Winny Liliawati, M.Si., selaku Sekretaris Departemen Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia,
3. Dr. Andhy Setiawan, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika dan dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan, kritik, saran, petunjuk, serta nasihat kepada penulis,
4. Drs. Yuyu Rachmat Tayubi, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan, kritik, saran, petunjuk, serta nasihat kepada penulis,
5. Dedi Sasmita, M.Si., selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan dan masukan selama perkuliahan kepada penulis,
6. Seluruh dosen dan staff Departemen Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia, yang telah memberikan bantuan dan masukan kepada penulis,
7. Orang Tua dan keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan doa serta dukungan moral maupun materil,
8. Teman-teman di Program Studi S1 Fisika Universitas Pendidikan Indonesia, yang selalu memberikan motivasi, diskusi, dan saran-saran selama penelitian dan penulisan skripsi ini,
9. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian dan penulisan skripsi

**Fauzan Muhammad Rabbani, 2019**

***PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS***

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

*PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO<sub>2</sub>  
TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS*

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu) | [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

## PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS

---

FAUZAN MUHAMMAD RABBANI

Pembimbing I : Dr. Andhy Setiawan, M.Si

Pembimbing II : Drs. Yuyu Rachmat Tayubi, M.Si

### ABSTRAK

*Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC)* merupakan sel surya yang memiliki beberapa keunggulan, selain biaya produksinya yang relatif murah bahan-bahannya pun mudah diperoleh dan terjangkau. *Dye-Sensitized Solar Cells* terdiri dari beberapa komponen diantaranya : *dye* sebagai *photo-sensitizer*, lapisan nanokristal TiO<sub>2</sub> berpori sebagai fotoanoda, elektrolit redoks dan elektroda *counter* (katoda) yang diberi lapisan katalis biasanya berupa karbon. Jenis semikonduktor yang digunakan pada penelitian ini adalah Semikonduktor Titanium Oksida (TiO<sub>2</sub>) dengan kemurnian masing-masing 99% (sampel 1), 95% (sampel 2), dan 95% hasil milling (sampel 3). Didapatkan hasil efisiensi masing-masing *DSSC* dengan TiO<sub>2</sub> kemurnian 99%, 95% dan 95% hasil milling sebesar 0,0115%; 0,0076%; dan 0,0134%. Nilai kandungan titanium dan oksigen dalam Semikonduktor TiO<sub>2</sub> dengan kemurnian 99% adalah sebesar 99,21% sedangkan pada Semikonduktor TiO<sub>2</sub> dengan kemurnian 95% adalah sebesar 96,49%. Ukuran butir pada 3 jenis semikonduktor TiO<sub>2</sub> menunjukkan semikonduktor TiO<sub>2</sub> kemurnian 95% hasil milling memiliki nilai ukuran butir terkecil sebesar 141,02 nanometer (nm). Semikonduktor TiO<sub>2</sub> kemurnian 99% memiliki ukuran butir sebesar 175 nm, dan semikonduktor TiO<sub>2</sub> kemurnian 95% memiliki ukuran butir terbesar yaitu sebesar 197,17 nm. Efisiensi *DSSC* Semikonduktor TiO<sub>2</sub> 99% lebih baik dibandingkan *DSSC* Semikonduktor TiO<sub>2</sub> 95% disebabkan karena kandungan titanium dan oksigen dalam Semikonduktor TiO<sub>2</sub> 99% lebih baik daripada semikonduktor TiO<sub>2</sub> 95%. Kemurnian TiO<sub>2</sub> berpengaruh terhadap efisiensi *DSSC*. Efisiensi terbesar didapatkan *DSSC* semikonduktor TiO<sub>2</sub> dengan kemurnian 95% hasil milling dibandingkan dengan *DSSC* semikonduktor TiO<sub>2</sub> dengan kemurnian 95%, hal tersebut

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO<sub>2</sub>  
TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

menunjukkan bahwa nilai ukuran butir pada semikonduktor  $\text{TiO}_2$  berpengaruh pada performa *Dye-Sensitized Solar Cells*.

Kata Kunci :  $\text{TiO}_2$ , Kemurnian, Ukuran Butir, Efisiensi

## **THE EFFECT OF THE PURITY AND GRAIN SIZE OF $\text{TiO}_2$ SEMICONDUCTORS ON THE PERFORMANCE OF DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

---

FAUZAN MUHAMMAD RABBANI

Pembimbing I : Dr. Andhy Setiawan, M.Si

Pembimbing II : Dr. Yuyu Rachmat Tayubi, M.Si

### **ABSTRACT**

Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC) is a solar cell that has several advantages, in addition to its relatively low production costs the ingredients are easily obtained and affordable. Dye-Sensitized Solar Cells consists of several components including: dye as photo-sensitizer, layers of  $\text{TiO}_2$  nanocrystal porous as photoanodes, redox electrolytes and counter electrodes (cathodes) which are given a catalyst layer usually in the form of carbon. The type of semiconductor used in this study is Titanium Oxide Semiconductor ( $\text{TiO}_2$ ) with a purity of 99%(sample 1), 95% (sample 2) and  $\text{TiO}_2$  with 95% purity 24-hour grinding results or milling results (sample 3). The results of Dye-Sensitized Solar Cells efficiency with 99%  $\text{TiO}_2$  purity is 0,0115%; 95%  $\text{TiO}_2$  purity is 0,0076%; and 95% Milling  $\text{TiO}_2$  purity is 0,0134%. The content of titanium and oxygen in the 99%  $\text{TiO}_2$  semiconductor was 99,21% compared to the content of titanium and oxygen in the 95%  $\text{TiO}_2$  semiconductor of 96,49%. The grain size in 3 types of  $\text{TiO}_2$  semiconductors shows that  $\text{TiO}_2$  semiconductor with 95% purity from milling results has the smallest grain size value of 141,02 nanometer (nm). 99% purity  $\text{TiO}_2$  semiconductors have a grain size of 175 nm, and 95% purity  $\text{TiO}_2$  semiconductors have the largest grain size of 197,17 nm. The efficiency of 99%  $\text{TiO}_2$  is better than 95%  $\text{TiO}_2$  because the purity of 99%  $\text{TiO}_2$  is

**Fauzan Muhammad Rabbani, 2019**

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR  $\text{TiO}_2$   
TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

better than 95% TiO<sub>2</sub>. The purity of TiO<sub>2</sub> has an effect on the efficiency of Dye-Sensitized Solar Cells. The biggest Dye-Sensitized Solar Cells efficiency obtained by 95% milling TiO<sub>2</sub> semiconductor compared with 95% purity TiO<sub>2</sub> semiconductor showed that the grain size value in TiO<sub>2</sub> semiconductors had an effect on Dye-Sensitized Solar Cells performance.

Keyword : TiO<sub>2</sub>, Purity, Grain Size, Efficiency

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

***PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO2 TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS***

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu) | [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PENDAHULUAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Latar Belakang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Rumusan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Tujuan Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Batasan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Manfaat Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6 Sistematika Penulisan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB II.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KAJIAN PUSTAKA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.1 <i>Transparent Conducting Oxide</i> ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.2 Elektrolit Cair Redoks .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.3 Elektroda Kerja.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.4 Elektroda <i>Counter</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR  $TiO_2$  TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

2.1.5	<i>Dye</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.6	Proses Kerja <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.7	Perkembangan <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2	Performa <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3	<i>Natural Dye Sensitizer</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3.1	Curcuma Longa.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4	Semikonduktor TiO <sub>2</sub> Sebagai Elektroda Kerja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB III .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
METODOLOGI PENELITIAN.....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1	Metode Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3	Alat dan Bahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4	Prosedur Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.1	Preparasi Sampel Untuk Elektroda Kerja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.2	Pengujian Morfologi Sampel TiO <sub>2</sub> ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.3	Pembuatan <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.4	Pengujian Efisiensi <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5	Analisis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5.1	Analisis Pengaruh Kemurnian TiO <sub>2</sub> Terhadap Kinerja <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.5.2	Analisis Ukuran Butir TiO <sub>2</sub> Terhadap Kinerja <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB IV .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DATA DAN PEMBAHASAN .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1	Pengaruh Kemurnian Semikonduktor TiO <sub>2</sub> Terhadap Kinerja <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Pengaruh Ukuran Butir Semikonduktor TiO <sub>2</sub> Terhadap Kinerja <i>Dye-Sensitized Solar Cells</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB V .....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
SIMPULAN DAN REKOMENDASI....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA .....		xvi
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....		<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perkembangan Penelitian Dye-Sensitized Solar Cells ... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.1 Alat-Alat Pada Proses Pembuatan Dye .**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.2 Bahan-Bahan Pada Proses Pembuatan Dye. **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.3 Alat-Alat Pada Proses Pembuatan Pasta TiO<sub>2</sub>..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.4 Bahan-Bahan Pada Proses Pembuatan Pasta TiO<sub>2</sub> ..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.5 Alat-Alat Pada Proses Pelapisan Pasta TiO<sub>2</sub>**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 3.6 Bahan-Bahan Pada Proses Pelapisan Pasta TiO<sub>2</sub> ..... **Error! Bookmark not defined.**

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 4.1 Hasil perhitungan kelistrikan DSSC pada sampel 1, 2,dan 3...  
.....**Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Dye-Sensitized Solar Cells..**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.2 Grafik J-V..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.3 Struktur Kimia Curcumin I, II dan III ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.4 Pengikatan Curcumin Pada Permukaan TiO<sub>2</sub>..... **Error! Bookmark not defined.**

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

*PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 2.5 Grafik Karakteristik Serapan Dye Curcuma Longa.... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.1 Diagram Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.2 Alat Milling ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.3 Alat Scanning Electron Microscopy (SEM) Hitachi SU3500  
- EDAX Octane Pro ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.4 Proses Penyaringan Dye..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.5 Screen Printing ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.6 Hasil Perendaman Dye Kunyit Pada  $TiO_2$ ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.7 Dye-Sensitized Solar Cells Menggunakan Dye Kunyit (a)  
..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.8 Skema Pengujian Dye-Sensitized Solar Cells ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.1 Hasil Pengujian SEM-EDS untuk kandungan  
semikonduktor  $TiO_2$  (a) Sampel 1 ,(b) Sampel 2, dan (c)  
Sampel 3..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2 Grafik Arus-Tegangan Dye-Sensitized Solar Cells dengan 3  
Jenis Semikonduktor ..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.3 Morfologi Semikonduktor  $TiO_2$  (a) Sampel 2, (b) Sampel 3,  
(c) Sampel 1. .... **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data SEM TiO <sub>2</sub> .....	45
Lampiran 2 Data SEM EDS TiO <sub>2</sub> .....	50
Lampiran 3 Data Arus dan Tegangan.....	52
Lampiran 4 Alat Dan Bahan Penelitian.....	53

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

*PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO<sub>2</sub>  
TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, S., Wahyuono, R. A., Sawitri, D., & Risanti, D. D. (2013, September). Effects of nano anatase-rutile TiO<sub>2</sub> volume fraction with natural dye containing anthocyanin on the dye sensitized solar cell performance. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1554, No. 1, pp. 66-69). AIP.
- Alhamed, M., Issa, A. S., & Doubal, A. W. (2012). Studying of natural dyes properties as photo-sensitizer for dye sensitized solar cells (DSSC). *Journal of Electron Devices*, Vol. 16, pp. 1370-1383.
- Araujo, C. A. C., & Leon, L. L. (2001). Biological activities of *Curcuma longa* L. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 96(5), 723-728.
- Arifin, Z., Soeparman, S., Widhiyanuriyawan, D., & Suyitno, S. (2017). Performance Enhancement of Dye-Sensitized Solar Cells Using a Natural Sensitizer. *International Journal of Photoenergy*, 2017.
- Baxter, J. B., & Aydil, E. S. (2006). Dye-sensitized solar cells based on semiconductor morphologies with ZnO nanowires. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 90(5), 607-622.
- Chattopadhyay, I., Biswas, K., Bandyopadhyay, U., & Banerjee, R. K. (2004). Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. *CURRENT SCIENCE-BANGALORE*, 87, 44-53.
- Chiba, Y., Islam, A., Watanabe, Y., Komiya, R., Koide, N., & Han, L. (2006). Dye-sensitized solar cells with conversion efficiency of 11.1%. *Japanese Journal of Applied Physics*, 45(7L), L638.

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Fattori, A. (2010). Electrochemical and spectroelectrochemical studies of dyes used in dye-sensitized solar cells. *Department of Chemistry, University of Bath*
- Ganesh, T., Kim, J. H., Yoon, S. J., Kil, B. H., Maldar, N. N., Han, J. W., & Han, S. H. (2010). Photoactive curcumin-derived dyes with surface anchoring moieties used in ZnO nanoparticle-based dye-sensitized solar cells. *Materials Chemistry and Physics*, 123(1), 62-66.
- Gong, J., Sumathy, K., Qiao, Q., & Zhou, Z. (2017). Review on dye-sensitized solar cells (DSSCs): Advanced Techniques and research trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 234-246.
- Grätzel, M. (2003). Dye-sensitized solar cells. *Journal of photochemistry and photobiology C: Photochemistry Reviews*, 4(2), 145-153.
- Habibi, M., Zabihi, F., Ahmadian-Yazdi, M. R., & Eslamian, M. (2016). Progress in emerging solution-processed thin film solar cells—Part II: Perovskite Solar Cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1012-1031.
- Hamadianian, M., Safaei-Ghomi, J., Hosseinpour, M., Masoomi, R., & Jabbari, V. (2014). Uses of new natural dye photosensitizers in fabrication of high potential dye-sensitized solar cells (DSSCs). *Materials Science in Semiconductor Processing*, 27, 733-739
- Han, L., Koide, N., Chiba, Y., Islam, A., & Mitate, T. (2004) : Modeling of an Equivalent Circuit for Dye-Sensitized Solar Cells. *Journal Applied Physics Letters*, 84, 2433–2435.
- Hao, S., Wu, J., Huang, Y., & Lin, J. (2006). Natural dyes as photosensitizers for dye-sensitized solar cell. *Solar energy*, 80(2), 209-214.
- Hossain, M. K., Pervez, M. F., Mia, M. N. H., Mortuza, A. A., Rahaman, M. S., Karim, M. R., ... & Khan, M. A. (2017). Effect of dye extracting solvents and sensitization time on photovoltaic

**Fauzan Muhammad Rabbani, 2019**

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- performance of natural dye sensitized solar cells. *Results in physics*, 7, 1516-1523.
- Huo, J., Wu, J., Zheng, M., Tu, Y., & Lan, Z. (2016). Flower-like nickel cobalt sulfide microspheres modified with nickel sulfide as Pt-free counter electrode for dye-sensitized solar cells. *Journal of Power Sources*, 304, 266-272.
- Jasim, K. E. (2011). Dye Sensitized Solar Cells - Working Principles, Challenges and Opportunities Prof. Leonid A. Kosyachenko (Ed.). ISBN: 978-953-307-735-2.
- Jiao, Y., Zhang, F., & Meng, S. (2011). Dye sensitized solar cells Principles and new design. In *Solar Cells-Dye-Sensitized Devices*. InTech.
- Kay, A., & Grätzel, M. (1996). Low cost photovoltaic modules based on dye sensitized nanocrystalline titanium dioxide and carbon powder”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 44, 99-117.
- Kawashima, T., Ezure, T., Okada, K., Matsui, H., Goto, K., & Tanabe, N. (2004). FTO/ITO double-layered transparent conductive oxide for dye-sensitized solar cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 164(1), 199-202.
- Kojima, A., Teshima, K., Shirai, Y., & Miyasaka, T. (2009). Organometal halide perovskites as visible-light sensitizers for photovoltaic cells. *Journal of the American Chemical Society*, 131(17), 6050-6051.
- Kumara, M. S. W., & Prajitno, G. (2012). Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus Hybridus L.*) Sebagai Dye Sensitizer Dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC. Surabaya : Digilib ITS.
- Li B, Wang L., Kang B., Wang P. & Qiu Y. (2006). Review of Recent Progress in Solid-State Dye-Sensitized Solar Cells. *Sol. Energy Mater, Sol. Cells*, 90:549-573.

**Fauzan Muhammad Rabbani, 2019**

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Ludin, N. A., Mahmoud, A. A. A., Mohamad, A. B., Kadhum, A. A. H., Sopian, K., & Karim, N. S. A. (2014). Review on the development of natural dye photosensitizer for dye-sensitized solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *31*, 386-396
- Maiaugree, W., Lowpa, S., Towannang, M., Rutphonsan, P., Tangtrakarn, A., Pimanpang, S., ... & Amornkitbamrung, V. (2015). A dye sensitized solar cell using natural counter electrode and natural dye derived from mangosteen peel waste. *Scientific reports*, *5*.
- Mathew, S., Yella, A., Gao, P., Humphry-Baker, R., Curchod, B. F. E., Ashari-Astani, N., Tavernelli, I., Rothlisberger, U., Nazeeruddin, M. K., & Gratzel, M. (2014). Dye-sensitized solar cells with 13% efficiency achieved through the molecular engineering of porphyrin sensitizers. *Nature Chemistry*, *Vol 6*, 242-247.
- Min, J., Won, J., Kang, Y. S., & Nagase, S. (2011). Benzimidazole derivatives in the electrolyte of new-generation organic dye-sensitized solar cells with an iodine-free redox mediator. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, *219*(1), 148-153.
- Mor, G. K., Varghese, O. K., Paulose, M., Shankar, K., & Grimes, C. A. (2006). A review on highly ordered, vertically oriented TiO<sub>2</sub> nanotube arrays: Fabrication, material properties, and solar energy applications. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, *90*(14), 2011-2075.
- Motoda, S. I., Uematsu, S., & Shinohara, T. (2012). Influence of impurities in TiO<sub>2</sub> coatings on electrode potential of photocatalytic anode assembling to marine microbial fuel cell. *ECS Transactions*, *41*(31), 129-136.
- Narayan, M. R. (2012). Dye sensitized solar cells based on natural photosensitizers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(1), 208-215.

**Fauzan Muhammad Rabbani, 2019**

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Narayan, M., & Raturi, A. (2011). Investigation of some common Fijian flower dyes as photosensitizers for dye sensitized solar cells abstract. *Applied Solar Energy*, 47(2), 112-117.
- Nazeeruddin, M. K., Baranoff, E., & Grätzel, M. (2011). Dye-sensitized solar cells: a brief overview. *Solar energy*, 85(6), 1172-1178.
- Nugraha, R. (2015). *Karakteristik Fotofisika-Kimia Fotosensitizer Hanjuang (Cordyline Fruticosa) Pada Dye Sensitized Solar Cells*. (Skripsi). Program Studi S1 Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- O'Regan, B., & Gratzel, M. (1991). A low-cost, high-efficiency solar-cell based on dye-sensitized colloidal TiO<sub>2</sub> films. *nature*, 353(6346), 737-740.
- Ooyama, Y., & Harima, Y. (2012). Photophysical and Electrochemical Properties, and Molecular Structures of Organic Dyes for Dye-Sensitized Solar Cells. *ChemPhysChem*, 13(18), 4032-4080.
- Oskam, G., Bergeron, B. V., Meyer, G. J., & Searson, P. C. (2001). Pseudohalogens for dye-sensitized TiO<sub>2</sub> photoelectrochemical cells. *The Journal of Physical Chemistry B*, 105(29), 6867-6873.
- Park, K. H., Kim, T. Y., Park, J. Y., Jin, E. M., Yim, S. H., Choi, D. Y., & Lee, J. W. (2013). Adsorption characteristics of gardenia yellow as natural photosensitizer for dye-sensitized solar cells. *Dyes and Pigments*, 96(2), 595-601.
- Pattarith, K. (2015). Dye-Sensitized Solar Cells Using Carissa carandas Linn. Fruits Extract as Dye Sensitizer. *Asian Journal of Chemistry*, 27(11), 4190.
- QYResearch (2017). *Knowing About Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC)*. [Online]. Diases dari <http://www.qyresearchgroups.com/blog-detail>.

**Fauzan Muhammad Rabbani, 2019**

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Ratnasari, S., Suhendar, D., & Amalia, V. (2016). Studi Potensi Ekstrak Daun Adam Hawa (*Rhoeo discolor*) Sebagai Indikator Titrasi Asam-Basa. *Chemica et Natura Acta, Vol.4*, No.1, 39-46.
- Ruby, A. J., Kuttan, G., Babu, K. D., Rajasekharan, K. N., & Kuttan, R. (1995). Anti-tumour and antioxidant activity of natural curcuminoids. *Cancer letters, 94*(1), 79-83.
- Ruhane, T. A., Islam, M. T., Rahaman, M. S., Bhuiyan, M. M. H., Islam, J. M., Newaz, M. K., ... & Khan, M. A. (2017). Photo current enhancement of natural dye sensitized solar cell by optimizing dye extraction and its loading period. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 149*, 174-183.
- Saad, S. K. M., Umar, A. A., Nafisah, S., Salleh, M. M., & Majlis, B. Y. (2013, September). Effect of TiO<sub>2</sub> nanostructure's shape on the DSSCs performance. In *Micro and Nanoelectronics (RSM), 2013 IEEE Regional Symposium on* (pp. 402-405). IEEE.
- Saito, M., & Fujihara, S. (2008). Large photocurrent generation in dye-sensitized ZnO solar cells. *Energy & Environmental Science, 1*(2), 280-283.
- Sakthivel, T., Kumar, K. A., Ramanathan, R., Senthilselvan, J., & Jagannathan, K. (2017). Silver doped TiO<sub>2</sub> nano crystallites for dye-sensitized solar cell (DSSC) applications. *Materials Research Express, 4*(12), 126310
- Serpone, N., Lawless, D., & Khairutdinov, R. (1995). Size effects on the photophysical properties of colloidal anatase TiO<sub>2</sub> particles: size quantization versus direct transitions in this indirect semiconductor?. *The journal of Physical Chemistry, 99*(45), 16646-16654.
- Shalini, S., Prasanna, S., Mallick, T. K., & Senthilarasu, S. (2015). Review on natural dye sensitized solar cells: operation, materials and methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 51*, 1306-1325.

**Fauzan Muhammad Rabbani, 2019**

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TIO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



- Smestad, G.P., & Gratzel, M., (1998), Demonstrating electron Transfer and Nanotechnology : A Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline energy Converter, *J.Chem. Educ.*, 75, 752-756.
- Subramanian, V. (2007). Nanostructured Semiconductor Composites for Solar Cells. *Interface-Electrochemical Society*, 16 (2), 32-36.
- Suzuki, K., Yamaguchi, M., Kumagai, M., & Yanagida, S. (2002). Application of carbon nanotubes to counter electrodes of dye-sensitized solar cells. *Chemistry Letters*, 32(1), 28-29.
- Syafinar, R., Gomesh, N., Irwanto, M., Fareq, M., & Irwan, Y. M. (2015). Chlorophyll pigments as nature based dye for dye-sensitized solar cell (DSSC). *Energy Procedia*, 79, 896-902.
- Tricoli, A., Nasiri, N., Chen, H., Wallerand, A. S., & Righettoni, M. (2016). Ultra-rapid synthesis of highly porous and robust hierarchical ZnO films for dye sensitized solar cells. *Solar Energy*, 136, 553-559.
- Vankar, P. S., & Shukla, D. (2011). Natural Dyeing with Anthocyanins from Hibiscus rosa-sinensis Flowers. *Journal of Applied Polymer Science*.
- Wang, Y. (2009). Recent research progress on polymer electrolytes for dye-sensitized solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 93(8), 1167-1175.
- Wongcharee, K., Meeyoo, V., & Chavadej, S. (2007). Dye-sensitized solar cell using natural dyes extracted from rosella and blue pea flowers. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91(7), 566-571.
- Wroblowa, H. S., & Saunders, A. (1973). Flow-through electrodes: II. The I<sup>3</sup>/-I<sup>-</sup> redox couple. *Journal of Electroanalytical chemistry and interfacial electrochemistry*, 42(3), 329-346.
- Zebib, B., Mouloungui, Z., & Noirot, V. (2010). Stabilization of curcumin by complexation with divalent cations in glycerol/water system. *Bioinorganic chemistry and applications*, 2010.

**Fauzan Muhammad Rabbani, 2019**

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR TiO<sub>2</sub> TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Zhang, W., Wu, Y., Bahng, H. W., Cao, Y., Yi, C., Saygili, Y., ... & Hagfeldt, A. (2018). Comprehensive control of voltage loss enables 11.7% efficient solid-state dye-sensitized solar cells. *Energy & Environmental Science*.

Fauzan Muhammad Rabbani, 2019

**PENGARUH KEMURNIAN DAN UKURAN BUTIR SEMIKONDUKTOR  $TiO_2$   
TERHADAP KINERJA DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu