

**KAJIAN IKATAN KIMIA *DYE* ALAMI PADA *TITANIUM DIOXIDE*  
( $\text{TiO}_2$ ) TERHADAP KINERJA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

**TESIS**

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Magister  
Program Studi Ilmu Fisika**



**Oleh**

**Aziza Hfii Ahliha**

**S911602001**

**PASCASARJANA  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2018**



**KAJIAN IKATAN KIMIA *DYE* ALAMI PADA *TITANIUM DIOXIDE*  
(TiO<sub>2</sub>) TERHADAP KINERJA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

**TESIS**

Oleh


**Aziza Hfii Ahliha**

**S911602001**

Komisi Pembimbing	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing I	Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si NIP. 197210132000031002		.....
Pembimbing II	Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si NIP. 196908261999031001		.....

Telah dinyatakan memenuhi syarat  
Pada tanggal - - 2018

Mengetahui  
Kepala Program Studi S2 Ilmu Fisika  
Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta

  
Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D  
NIP. 196103061985031002

**KAJIAN IKATAN KIMIA DYE ALAMI PADA TITANIUM DIOXIDE (TiO<sub>2</sub>)  
TERHADAP KINERJA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)**

**TESIS**

Oleh

Aziza Hfii Ahliha

S911602001

Telah dipertahankan di depan penguji  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
pada tanggal 13 - Februari ..... - 2018

Tim Penguji :

Jabatan	Nama
Ketua	Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D NIP. 196103061985031002
Sekretaris	Dr. Fuad Anwar, S.Si., M.Si NIP. 197006102000031001
Anggota Penguji	Dr. Fahru Nurosyid, S.Si., M.Si NIP. 1972101332000031002
Anggota Penguji	Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M. Si NIP. 196908261999031001

Tanda Tangan

.....


.....

.....

.....

Mengetahui:

Direktur  
Pascasarjana UNS



Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M. Pd  
NIP. 196007271987021001

Kepala Program Studi  
S2 Ilmu Fisika

.....

Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D  
NIP. 196103061985031002

**PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul: “**KAJIAN IKATAN KIMIA DYE ALAMI PADA TITANIUM DIOXIDE (TiO<sub>2</sub>) TERHADAP KINERJA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)**” ini adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dengan acuan yang disebutkan sumbernya, baik dalam naskah karangan dan daftar pustaka. Apabila ternyata di dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan sanksi, baik Tesis beserta gelar Magister saya dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Tesis pada jurnal atau forum ilmiah harus menyertakan tim promotor sebagai *author* dan PPs UNS sebagai institusinya. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, ..... - ..... - 2018

Mahasiswa,

**Aziza Hfii Ahliha**  
**S911602001**

## KATA PENGANTAR

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul **“Kajian Ikatan Kimia Dye Alami pada Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) Terhadap Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)”** ini berjalan dengan lancar baik. Sholawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat, dan segenap orang yang mengikuti jejaknya.

Penyusunan tesis ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Magister pada Program Studi Ilmu Fisika Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Pada kesempatan ini, penulis tidak lupa menyampaikan terima kasih dan harapan *jazakumullah al-khair* kepada semua pihak yang telah membantu, memberi pengarahan, bimbingan supaya tesisnya dapat terselesaikan dengan baik, khususnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd, selaku Direktur Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Hibah penelitian yang telah mendanai penelitian penulis melalui MRG Grant Program dengan Nomor kontrak: 623/UN.27.21/PP/2017, Penelitian Unggulan UNS (Skim Penelitian) dengan Nomor kontrak: 623/UN.27.21/PP/2017 dan Penelitian Unggulan UNS dengan Nomor kontrak: 1075/UN.27.21/PP/2017.
3. Bapak Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D, selaku Kepala Program Studi S2 Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Bapak Dr. Fahru Nurosyid, S. Si., M. Si, selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan banyak bimbingan dan arahan serta motivasi kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan tesis ini.
5. Bapak Dr. Agus Supriyanto, S.Si, M.Si, selaku pembimbing II yang telah dengan sabar membimbing dan mengajari penulis, serta memberikan semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tesis ini.

6. Ibu Dr. Triana Kusumaningsih, M.Si, selaku Kepala Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta yang bersedia membantu dan memberikan motivasi penulis dalam proses penulisan.
  7. Bapak/Ibu Dosen Program Studi S2 Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah memberikan pendidikan dan pengajaran dalam Ilmu Fisika.
  8. Orang tua tercinta, segenap keluarga, dan seseorang yang tiada henti-hentinya mendo'akan, memberikan kepercayaan dan memberikan motivasi kepada penulis dalam menuntut ilmu.
  9. Segenap Civitas Akademika Jurusan Ilmu Fisika khususnya Angkatan 2015/2016 Pascasarjana UNS dan staf karyawan FMIPA UNS yang bersedia membantu, menyediakan waktu bagi penulis untuk berbagi ilmu, serta memberi kritik dan saran kepada penulis.
  10. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah ikut memberikan bantuan dalam pelaksanaan Tesis ini.
- Semoga Allah membalas kebaikan mereka semua dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia dan di akhirat. Amin.

Penulis menyadari dalam penulisan Tesis ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat diharapkan demi kemajuan bersama. Penulis berharap semoga Tesis ini dapat memberi manfaat dan menambah khazanah ilmu pengetahuan. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

والسَّلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Surakarta,

Penulis



## PERSEMBAHAN

الحمد لله رب العلمين

*Allah SWT* semesta alam, Sang pemilik kehidupan. Syukurku persembahkan atas seluruh Limpahan Rahmat dan karunia-Mu. Rabb yang Maha pengasih Semoga Rahmat dan KaruniaMu senantiasa tercurah pada tiap langkah hamba-Mu

*Almamatrku Prodi S2 Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta sebagai tempatku menimba ilmu*

*Persembahan teruntuk orang-orang tercinta:*

*Orang tuaku Abi, Umi, Bapak, dan Ibu tersayang, terima kasih atas curahan kasih sayang yang tak pernah berhenti serta mendoakan dan memberikan dukungan yang tak ternilai oleh apapun. Ridho orang tua yang penulis harapkan di setiap langkah yang dijalani*

*Kakak-kakakku dan ketiga ponakanku (Syifa, Rasya dan Dzahrina), terima kasih telah memberikan nasehat dan semangat kepada penulis*

*Special for my future husband yang selalu menemani dan memberikan semangat di saat terpuruk dan bangkit kembali*

*Teman-teman Prodi Ilmu Fisika Pascasarjana Angkatan 2014-2016, terima kasih atas kebersamaan dan kekompakannya menimba ilmu di Jurusan Fisika PPs UNS yang penuh dengan kasih sayang dan cinta, semoga persaudaraan dan kekeluargaan yang tercipta takkan pernah sirna*

**Adik-Adik Group Riset DSSC, Sahabat-Sabahatku Rumah Jeyuks, Group Material-DSSC, Group Material, dan Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan nasihat kepada penulis.**

## MOTTO

*"Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat" (Q.S Al-Mujadalah: 11)*

*A person who never make a mistake never tried anything new (Albert Einstein)*

**Education is not learning of facts, but the training of the mind to think (Albert Einstein)**

*Do not put off doing a job because nobody knows whether we can meet tomorrow or not. Do the best, be good, then you will be the best*

*If you want to live a happy life, tie it to a goal, not to people or objects (Albert Einstein)*

*The greatest secret of success is there is no big secret, whoever you are, you will be successful if you endeavor in earnest. Keep thinking the out of the box, keep executing the inside of the box because every action has a reaction, every act has a consequence, and every kindness has kind reward. Don't lose the faith, keep praying, keep trying. All the impossible is possible for those who believe*

***Perfectness is the first thing I always think when I do a job. There is no limit of struggling. If the chance never comes, so builds it!***



## KAJIAN IKATAN KIMIA DYE ALAMI PADA TITANIUM DIOXIDE (TiO<sub>2</sub>) TERHADAP KINERJA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

Aziza Hfii Ahliha  
Program Studi Ilmu Fisika, Pascasarjana,  
Universitas Sebelas Maret Surakarta

### ABSTRAK

*Dye-sensitized solar cell* adalah sel surya generasi ketiga berbahan *dye* yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Salah satu komponen DSSC yang berperan penting adalah *dye* yang berfungsi untuk mempermudah proses penyerapan energi foton yang tereksitasi menjadi eksiton. *Dye* yang sering digunakan adalah *dye* sintesis dan alami. Penelitian ini menggunakan *dye* alami karena proses fabrikasinya mudah, murah, dan ramah lingkungan. *Dye* alami terbuat dari tumbuhan yang mengandung pigmen. Jenis pigmen yang digunakan, yaitu pigmen klorofil, antosianin dan karotenoid. Pigmen klorofil diekstrak dari daun bayam, daun suji dan daun kenikir. Pigmen antosianin dapat diekstrak dari kol merah, buah naga dan ketan hitam. Pigmen karotenoid dapat juga diekstrak dari buah jeruk, wortel dan tomat. DSSC dibuat dengan variasi *dye* tunggal, campuran dan pH. Perbandingan larutan *dye* campuran klorofil dan antosianin yang digunakan adalah 1:1. Variasi pH yang digunakan dalam penelitian ini berupa kondisi tanpa penambahan buffer, asam, netral dan basa. Karakterisasi yang dilakukan meliputi, uji absorbansi *dye* alami menggunakan spektrofotometri UV-Visible, karakterisasi ikatan kimia *dye* pada TiO<sub>2</sub> menggunakan spektrofotometri FTIR dan karakterisasi performansi DSSC menggunakan *I-V* meter. Hasil spektra absorbansi menunjukkan bahwa *dye* klorofil mempunyai puncak pada rentang panjang gelombang 400-490 nm dan 620-700 nm, *dye* antosianin mempunyai puncak yang lebar pada rentang panjang gelombang 450-580 nm, *dye* karotenoid mempunyai puncak pada rentang panjang gelombang 400-510 nm, *dye* campuran klorofil-antosianin mempunyai tiga puncak pada panjang gelombang 412 nm, 535,5 nm, dan 665,5 nm, dan *dye* klorofil dengan variasi pH mempunyai puncak pada rentang panjang gelombang 350-450 nm dan 600-700 nm. Hasil spektra FTIR menunjukkan bahwa pigmen klorofil terdapat gugus -OH, pigmen antosianin gugus -OH dan C=O, pigmen karotenoid terdapat gugus -OH karboksilat, Campuran klorofil-antosianin terdapat gugus -OH dan *dye* klorofil pada kondisi asam terdapat gugus -OH. Hasil uji *I-V* DSSC menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi diperoleh *dye* daun bayam sebesar 0,116% pada pigmen klorofil. *Dye* kol merah pada pigmen antosianin memperoleh efisiensi tertinggi sebesar 0,0563%. *Dye* tomat pada pigmen karotenoid memperoleh efisiensi tertinggi sebesar 0,03%. *Dye* bayam-ketan hitam memperoleh efisiensi tertinggi sebesar 0,05% pada campuran klorofil-antosianin, dan efisiensi tertinggi sebesar 0,013% diperoleh *dye* klorofil pada pH asam. Jenis-jenis pigmen ini dapat dijadikan sebagai *dye sensitizer* pada aplikasi DSSC.

**Kata kunci:** *Dye sensitized solar cell*, *Dye* alami, ikatan kimia, efisiensi

## THE STUDY OF ORGANIC CHEMICAL BONDS DYE ON TITANIUM DIOXIDE (TiO<sub>2</sub>) FOR THE PERFORMANCE OF DYE- SENSITIZED SOLAR CELLS (DSSC)

Aziza Hfii Ahliha

Physics Department, Graduate Program,  
Universitas Sebelas Maret Surakarta

### ABSTRACT

The dye-sensitized solar cell is the third generation of solar cells made of dye that can convert solar energy into electrical energy. One component of DSSC is the dye that serves to facilitate the absorption of the photon energy excited into an exciton. The dye used is synthetic and natural dyes. This study used the natural dye because the fabrication process is easy, cheap, and environmentally friendly. The natural dye extracted from plants containing pigments. Type of pigments used are chlorophyll, anthocyanin, and carotenoid. Chlorophyll pigments can be extracted from spinach, suji, and knicker leaves. Anthocyanin pigments can be extracted from red cabbage, dragon fruit, and black rice. Carotenoid pigments also can be extracted from oranges, carrots, and tomatoes. Variety of DSSC can be made the single dye, blended, and pH. The ratio used in the dye solution of chlorophyll-anthocyanin blends is 1: 1. The variation in pH used is a condition without the buffer, acidic, neutral, and base. Characterization performed are natural dye absorbance characterized using a UV-Visible spectrophotometer, chemical bond dye on TiO<sub>2</sub> characterized using a FTIR spectrophotometer, and DSSC performance characterized using a *I-V* meter. The absorbance spectra results show that the chlorophyll dye has peaked in the wavelength range of 400-490 nm and 620-700 nm, the anthocyanin dye has the wide peak in the wavelength range 450-580 nm, the carotenoid dye has peaked in the wavelength range 400-510 nm, the dye blend of chlorophyll-anthocyanin has three peaks at a wavelength of 412 nm, 535.5 nm, and 665.5 nm, and a chlorophyll dye with the pH variation has peaked in the wavelength range of 350-450 nm and 600-700 nm. The FTIR spectra results show that the chlorophyll pigment there is -OH group, the antocyanin pigment there is -OH group and C = O, the carotenoid pigment there is -OH group of carboxylic, , the blended of chlorophyll-anthocyanins there is -OH group, and a chlorophyll pigment with acidic pH condition there is -OH group. The *I-V* spectra results show that the highest efficiency of spinach leaves dye at 0.116% on the chlorophyll pigment. A dye of red cabbage on the anthocyanin pigment obtained the highest efficiency of 0.0563%. A dye of tomato on the carotenoid pigment obtains the highest efficiency of 0.03%. A dye of spinach-black rice obtains the highest efficiency of 0.05% on the blend of chlorophyll-anthocyanins, and the highest efficiency of 0.013% was obtained a dye chlorophyll in acidic pH conditions. This types of the pigment can be used as the dye sensitizer in applications of DSSC.

**Keywords:** Dye sensitized solar cell, natural dye, chemical bonds, efficiency

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN PENGUJI .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xix</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Tinjauan Pustaka	
1. Radiasi Matahari .....	5
2. Sel Surya .....	6
a. Dye-Sensitized Solar Cell .....	8
b. Komponen-Komponen DSSC .....	9
1) Substrat Oksida.....	10
2) Semikonduktor TiO <sub>2</sub> .....	10
3) <i>Dye Sensitizer</i> .....	11
a. Antosianin.....	12
b. Klorofil .....	15
c. Karotenoid .....	16
4) Elektroda Lawan.....	17

5) Elektrolit .....	18
c. Prinsip Kerja DSSC .....	19
3. Derajat Keasaman .....	22
4. Metode Deposisi .....	22
5. Karakterisasi Dye-Sensitized Solar Cell .....	23
a. Karakterisasi <i>Ultra-Violet</i> (UV-Vis) .....	23
b. Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	24
c. Karakterisasi <i>Current-Voltage</i> (I-V) .....	25
B. Penelitian yang Relevan .....	26
C. Kerangka Berfikir .....	28
D. Hipotesis Penelitian .....	29

### BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian .....	30
B. Waktu Penelitian .....	30
C. Tatalaksana Penelitian .....	31
1. Preparasi Alat dan bahan .....	32
a. Alat Penelitian .....	32
b. Bahan Penelitian .....	33
2. Preparasi Substrat .....	33
3. Preparasi Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ) .....	34
a. Pembuatan TiO <sub>2</sub> .....	34
b. Deposisi TiO <sub>2</sub> .....	34
4. Ekstraksi <i>Dye</i> .....	35
5. Absorpsi Larutan <i>Dye</i> ke Lapisan TiO <sub>2</sub> .....	35
6. Karakterisasi Absorbansi <i>Dye</i> .....	36
7. Pengukuran Nilai Derajat Keasaman (pH) .....	36
8. Pembuatan Elektroda Lawan .....	36
9. <i>Assembly</i> DSSC .....	36
10. Karakterisasi <i>Current-Voltage</i> (I-V) .....	37
11. Karakterisasi FTIR .....	37

### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Absorbansi, <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) dan Arus-Tegangan (I-V) dari <i>Dye</i> Antosianin, Klorofil, Karotenoid dan Campuran Klorofil-Antosianin .....	
1. Karakteristik Absorbansi <i>Dye</i> .....	38
a. Karakteristik Absorbansi <i>Dye</i> Antosianin .....	38
b. Karakteristik Absorbansi <i>Dye</i> Klorofil .....	42
c. Karakteristik Absorbansi <i>Dye</i> Karotenoid .....	44
d. Karakteristik Absorbansi <i>Dye</i> Campuran Klorofil-Antosianin .....	47
2. Karakteristik FTIR .....	50

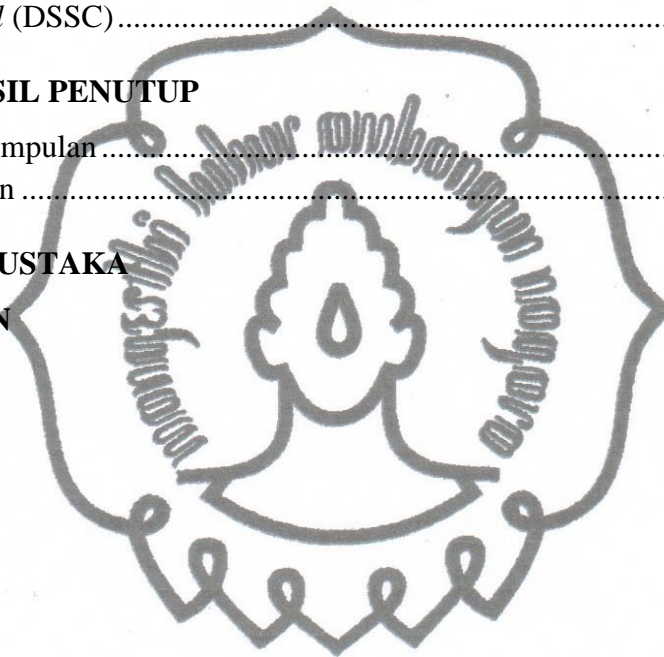
a. Karakteristik FTIR <i>Dye</i> Antosianin .....	50
b. Karakteristik FTIR <i>Dye</i> Klorofil .....	54
c. Karakteristik FTIR <i>Dye</i> Karotenoid.....	56
d. Karakteristik FTIR <i>Dye</i> Campuran Klorofil-Antosianin.....	59
3. Karakteristik Arus-Tegangan <i>I-V</i>	
a. Karakteristik Arus-Tegangan ( <i>I-V</i> ) <i>Dye</i> Antosianin .....	62
b. Karakteristik Arus-Tegangan ( <i>I-V</i> ) <i>Dye</i> Klorofil .....	64
c. Karakteristik Arus-Tegangan ( <i>I-V</i> ) <i>Dye</i> Karotenoid.....	66
d. Karakteristik Arus-Tegangan ( <i>I-V</i> ) <i>Dye</i> Campuran Klorofil-Antosianin .....	68
B. Analisis Pengaruh pH Klorofil Daun Bayam Terhadap Efisiensi <i>Dye-Sensitized Solar Cell</i> (DSSC) .....	71

## **BAB V HASIL PENUTUP**

a. Kesimpulan .....	78
b. Saran .....	78

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Distribusi Spektrum Cahaya Matahari .....	5
Gambar 2.2 Struktur dari Material Semikonduktor .....	7
Gambar 2.3 Komponen-Komponen DSSC .....	9
Gambar 2.4 Struktur Kimia Dasar Antosianin .....	12
Gambar 2.5 Adsorpsi senyawa sianidin pada permukaan $\text{TiO}_2$ .....	13
Gambar 2.6 Spektrum Serapan Antosianin .....	14
Gambar 2.7 Struktur Kimia Klorofil .....	15
Gambar 2.8 Spektrum Serapan Klorofil .....	16
Gambar 2.9 Struktur Kimia Karotenoid.....	17
Gambar 2.10 Spektrum Serapan Karotenoid .....	17
Gambar 2.11 Prinsip Kerja DSSC .....	21
Gambar 2.12 Skema Injeksi Elektron .....	21
Gambar 2.13 Kurva Karakteristik $I$ - $V$ pada Sel Surya .....	25
Gambar 2.14 Rangkaian Pengukuran Tegangan pada Rangkaian Terbuka ( $V_{oc}$ ) ..	26
Gambar 3.1 Rancangan Penelitian .....	31
Gambar 4.1 Kurva Absorbansi Larutan <i>Dye</i> Ketan Hitam, Buah Naga dan Kol Merah .....	39
Gambar 4.2 Kurva Absorbansi Larutan <i>Dye</i> Antosianin .....	39
Gambar 4.3 Kurva Absorbansi Lapisan $\text{TiO}_2$ .....	40
Gambar 4.4 Kurva Absorbansi Lapisan $\text{TiO}_2$ dan <i>Dye</i> Antosianin .....	41
Gambar 4.5 Kurva Absorbansi Larutan <i>Dye</i> Daun Bayam, Daun Suji dan Daun Kenikir.....	42
Gambar 4.6 Kurva Absorbansi Klorofil.....	43
Gambar 4.7 Kurva Absorbansi Lapisan $\text{TiO}_2$ dan <i>Dye</i> Klorofil .....	44
Gambar 4.8 Kurva Absorbansi Larutan <i>Dye</i> Wortel, Tomat dan Buah Jeruk .....	45
Gambar 4.9 Kurva Absorbansi Karoteneoid.....	45
Gambar 4.10 Kurva Absorbansi Lapisan $\text{TiO}_2$ dan <i>Dye</i> Karotenoid .....	46
Gambar 4.11 Kurva Absorbansi Larutan <i>Dye</i> Campuran Bayam-Kol Merah, Bayam-Ketan Hitam dan Bayam-Buah Naga .....	47
Gambar 4.12 Kurva Absorbansi Larutan <i>Dye</i> Setelah Dicampur .....	48
Gambar 4.13 Kurva Absorbansi Lapisan $\text{TiO}_2$ dan Campuran <i>Dye</i> Klorofil- Antosianin .....	48
Gambar 4.14 Spektrum FTIR Lapisan $\text{TiO}_2$ / <i>Dye</i> Antosianin .....	50
Gambar 4.15 Struktur Kimia (a) Metanol, (b) Asam Asetat, (c) Akuades, (d) Etanol, dan (e) $\text{TiO}_2$ .....	51
Gambar 4.16 Adsorpsi Senyawa Sianidin pada Permukaan $\text{TiO}_2$ .....	53
Gambar 4.17 Struktur Umum dari Molekul Antosianin .....	53
Gambar 4.18 Spektrum FTIR Lapisan $\text{TiO}_2$ / <i>Dye</i> Klorofil.....	54
Gambar 4.19 Struktur Kimia Aseton .....	54
Gambar 4.20 Spektrum FTIR Lapisan $\text{TiO}_2$ dan <i>Dye</i> Karotenoid .....	57

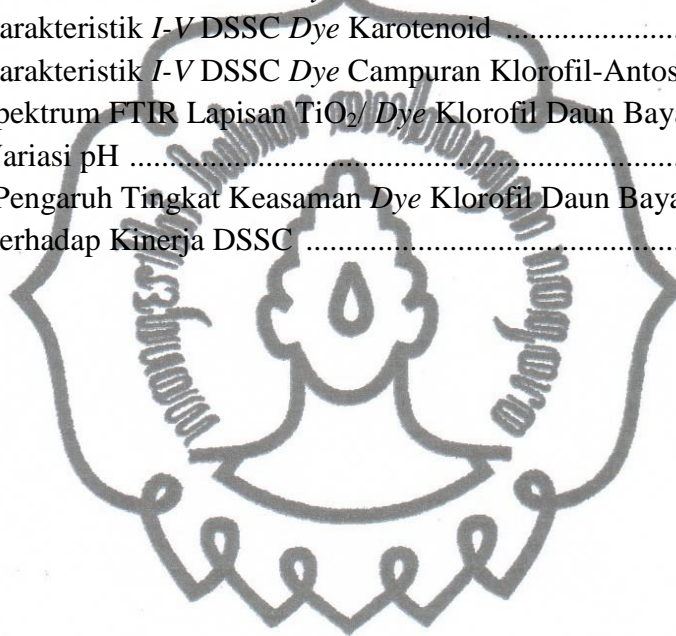


Gambar 4.21 Struktur Kimia Karotenoid .....	59
Gambar 4.22 Spektrum Inframerah Lapisan $\text{TiO}_2$ dan <i>Dye</i> Campuran Klorofil-Antosianin .....	60
Gambar 4.23 Kurva <i>I-V Dye</i> Antosianin .....	62
Gambar 4.24 Kurva <i>I-V Dye</i> Klorofil .....	64
Gambar 4.25 Kurva <i>I-V Dye</i> Karotenoid .....	64
Gambar 4.26 Kurva <i>I-V Dye</i> Campuran Klorofil-Antosianin .....	68
Gambar 4.27 Spektra Absorbansi <i>Dye</i> Klorofil Daun Bayam pada Kondisi Variasi pH .....	71
Gambar 4.28 Spektra Absorbansi $\text{TiO}_2$ / <i>Dye</i> Klorofil Daun Bayam pada Kondisi Variasi pH .....	72
Gambar 4.29 Kurva <i>I-V DSSC</i> Daun Bayam pada Kondisi Variasi pH .....	75

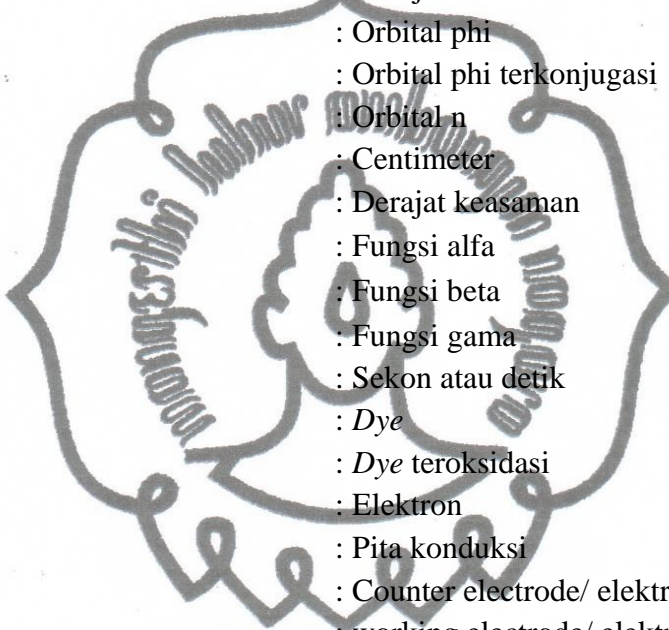


## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skala Spektrum Cahaya Tampak .....	6
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	30
Tabel 4.1 Kandungan Gugus Fungsi pada Lapisan TiO <sub>2</sub> dan <i>Dye</i> Antosianin .....	52
Tabel 4.2 Kandungan Gugus Fungsi pada Lapisan TiO <sub>2</sub> dan <i>Dye</i> Klorofil .....	55
Tabel 4.3 Kandungan Gugus Fungsi pada Lapisan TiO <sub>2</sub> dan <i>Dye</i> Karotenoid .....	58
Tabel 4.4 Kandungan Gugus Fungsi pada Lapisan TiO <sub>2</sub> dan <i>Dye</i> Campuran Klorofil-Antosianin .....	60
Tabel 4.5 Karakteristik <i>I-V</i> DSSC <i>Dye</i> Antosianin.....	62
Tabel 4.6 Karakteristik <i>I-V</i> DSSC <i>Dye</i> Klorofil .....	65
Tabel 4.7 Karakteristik <i>I-V</i> DSSC <i>Dye</i> Karotenoid .....	67
Tabel 4.8 Karakteristik <i>I-V</i> DSSC <i>Dye</i> Campuran Klorofil-Antosianin .....	69
Tabel 4.9 Spektrum FTIR Lapisan TiO <sub>2</sub> / <i>Dye</i> Klorofil Daun Bayam pada Kondisi Variasi pH .....	71
Tabel 4.10 Pengaruh Tingkat Keasaman <i>Dye</i> Klorofil Daun Bayam pada TiO <sub>2</sub> Terhadap Kinerja DSSC .....	76



## DAFTAR SIMBOL



W	: Watt
m	: Meter
nm	: Nano meter
%	: Persentase
Tipe $p$	: Tipe positif
Tipe $n$	: Tipe negatif
PV	: <i>Photovoltaic</i>
$eV$	: Elektron Volt
$^{\circ}C$	: Derajat Celcius
$\pi$	: Orbital phi
$\pi^*$	: Orbital phi terkonjugasi
$n$	: Orbital n
cm	: Centimeter
pH	: Derajat keasaman
$\alpha$	: Fungsi alfa
$\beta$	: Fungsi beta
$\gamma$	: Fungsi gama
s	: Sekon atau detik
$D$	: <i>Dye</i>
$D^*$	: <i>Dye</i> teroksidasi
$e$	: Elektron
$E_{CB}$	: Pita konduksi
CE	: Counter electrode/ elektroda lawan
WE	: working electrode/ elektroda kerja
rpm	: Rotasi per menit
$E$	: Tingkat energi
$\sigma^*$	: Orbital zigma terkonjugasi
$I$	: Cahaya datang
$I_0$	: Cahaya setelah melewati sampel
$A$	: Absorbansi
$T$	: Transmittansi
$P_{max}$	: Daya Maksimum
$V_{oc}$	: Tegangan <i>open circuit</i>
V	: Volt
$I_{sc}$	: Arus <i>short circuit</i>
A	: Ampere
FF	: <i>Fill factor</i>
$V_{max}$	: Tegangan maksimum
$I_{max}$	: Arus maksimum
$\eta$	: Efisiensi

$P_{in}$	: Daya dari cahaya yang datang
a.u	: Absorbansi unit
$\lambda_{max}$	: Panjang gelombang maksimum



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Contoh Data Hasil Uji UV-Vis Larutan *Dye* Daun Bayam
- Lampiran 2 Contoh Data Hasil Uji UV-Vis Lapisan  $\text{TiO}_2$ / *Dye* Daun Bayam
- Lampiran 3 Contoh Data Uji *I-V Dye* Klorofil Daun Bayam
- Lampiran 4 Contoh Perhitungan Nilai Efisiensi Konversi Energi
- Lampiran 5 Sertifikat dan Jurnal Publikasi
- Lampiran 6 Tabel Korelasi Antara Jenis Vibrasi Gugus Fungsional dan Frekuensi Vibrasinya
- Lampiran 7 Biodata Penulis

