

**SKRIPSI**

**PERFORMA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* DENGAN  
VARIASI PELARUT EKSTRAKSI DAN pH LARUTAN PADA  
*DYE* KAROTEN DARI BERBAGAI JENIS TANAMAN**

***DYE SENSITIZED SOLAR CELL'S PERFORMANCE  
WITH VARIATION OF SOLVENT EXTRACT AND pH ON  
CAROTENE DYE FROM VARIOUS TYPES OF PLANTS***



**Ulfa Fadhilah  
05021181621010**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

## SUMMARY

**ULFA FADHILAH.** Dye Sensitized Solar Cell's Performance with Variation of Solvent Extract and pH nnn Carotene Dye from Various Types Of Plants (Supervised by **HAISEN HOWER** and **FARRY APRILIANO HASKARI**).

Solar energy, one of the unlimited alternative energy, was environmentally friendly and can resolve the limited availability of fossil energy. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) was a technology that converted solar energy into electrical energy based on sensitivity to dyes. Many factors influenced DSSC performance, and one of them is the dye used. The dye used was derived from organic ingredients contain dye carotene. Dye was obtained from the flower extracts of Kenikir, Kuning Rawa, Nipah, and Nipah's fruit extract. DSSC was tested with variations of solvent types in the pH of the extracted solution. The solvents used were methanol and aquadest. The pH variations of the extraction solution used were the initial pH and the pH that has been reduced in all the dye extraction results. This research consisted of several stages, were DSSC structure preparation, DSSC arrangement and assembly, DSSC testing, and data analysis. The used as working and comparative electrodes, was had resistance between 0.35 k $\Omega$  to 19.38 k $\Omega$ . This research was observed several parameters, were dye absorbance characteristics, current, voltage, power, fill factor, and DSSC efficiency. The highest efficiency was obtained from DSSC 14 (Kuning Rawa flowers dye with methanol solvent and pH 1,4) of 3.85884%. It produced electrical characteristics with Voc, Isc, Pmax, FF values of 560 mV, 0.0230 mA, 5.4002 mW, and 0.4193.

**Keywords:** Dye extraction solvent, pH dye, DSSC efficiency.

## RINGKASAN

**ULFA FADHILAH.** Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Variasi Pelarut Ekstraksi dan pH Larutan Pada *Dye* Karoten dari Berbagai Jenis Tanaman (Dibimbing oleh **HAISEN HOWER** dan **FARRY APRILIANO HASKARI**).

Energi surya merupakan salah satu energi alternatif yang bersifat ramah lingkungan dan dapat mengatasi keterbatasan ketersediaan energi fosil. *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* merupakan suatu teknologi yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik yang berbasis sensitivitas terhadap zat warna. Kinerja *DSSC* dipengaruhi oleh banyak faktor dan salah satunya adalah *dye* yang digunakan. *Dye* yang digunakan berasal dari bahan organik yang mengandung *dye* karoten. *Dye* didapatkan dari hasil ekstraksi bunga kenikir, bunga kuning rawa, bunga nipah, dan buah nipah. *DSSC* diuji dengan variasi jenis pelarut yang berbeda dan variasi pH larutan hasil ekstraksi. Pelarut yang digunakan yaitu *methanol* dan *aquadest*. Variasi pH larutan ekstraksi yang digunakan adalah pH awal dan pH yang telah diturunkan pada semua hasil ekstraksi *dye*. Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan yaitu persiapan struktur *DSSC*, penyusunan dan perangkaian *DSSC*, pengujian *DSSC* dan pengolahan data. *Kaca capacitive touch screen* yang digunakan sebagai elektroda kerja dan elektroda pembanding memiliki resistensi antara 0,35 k $\Omega$  sampai dengan 19,38 k $\Omega$ . Parameter yang diamati pada penelitian ini yaitu karakteristik absorbansi *dye*, arus dan tegangan, daya, *fill factor* dan efisiensi *DSSC*. Efisiensi tertinggi diperoleh dari *DSSC* 14 (*dye* bunga kuning rawa dengan pelarut *methanol* dan pH 1,4) sebesar 3,85884% dan menghasilkan karakteristik kelistrikan dengan nilai *Voc*, *Isc*, *Pmax*, *FF* berturut-turut sebesar 560 mV, 0,0230 mA, 5,4002 mW, 0,4193.

Kata kunci : Jenis pelarut ekstraksi *dye*, pH *dye*, Efisiensi *DSSC*.

## **SKRIPSI**

# **PERFORMA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* DENGAN VARIASI PELARUT EKSTRAKSI DAN pH LARUTAN PADA *DYE* KAROTEN DARI BERBAGAI JENIS TANAMAN**

Diajukan Sebagai Syarat untuk Mendapatkan  
Gelar Sarjana Teknologi Pertanian  
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya



**Ulfa Fadhilah  
05021181621010**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERFORMA DYE SENSITIZED SOLAR CELL DENGAN  
VARIASI PELARUT EKSTRAKSI DAN pH LARUTAN PADA  
DYE KAROTEN DARI BERBAGAI JENIS TANAMAN**

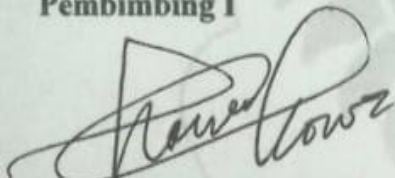
**SKRIPSI**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknologi Pertanian  
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh:

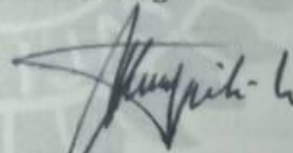
**Ulfa Fadhilah**  
**05021181621010**

**Pembimbing I**



**Ir. Haisen Hower, M.P.**  
**NIP 196612091994031003**

**Indralaya, Agustus 2020**  
**Pembimbing II**



**Farry Apriliano Haskari, S.TP., M.Si.**  
**NIP 197604142003121001**

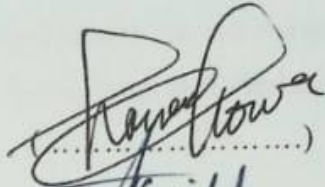
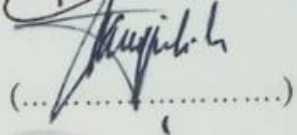
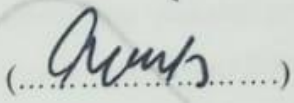

**Mengetahui,**  
**Dekan Fakultas Pertanian**



  
**Prof. Dr. Ir. Andy Mulyana, M.Sc.**  
**NIP. 196012021986031003**

Skripsi dengan Judul "Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Variasi Pelarut Ekstraksi dan pH Larutan pada *Dye* Karoten dari Berbagai Jenis Tanaman" oleh Ulfa Fadhilah telah dipertahankan di hadapan komisi penguji skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 5 Agustus 2020 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan dari tim penguji.

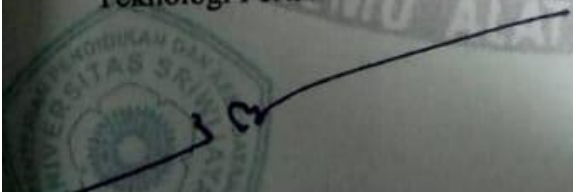
Komisi Penguji

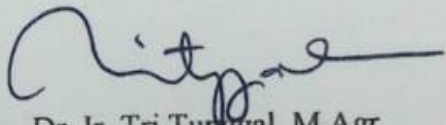
- |   |            |  |
|---|------------|--|
| 1. Ir. Haisen Hower, M.P.<br>NIP. 196612091994031003                | Ketua      |   |
| 2. Farry Apriliano Haskari, S.TP., M.Si.<br>NIP. 197604142003121001 | Sekretaris |   |
| 3. Prof. Dr. Ir. Tamrin, M.Si.<br>NIP. 196309181990031004           | Anggota    |   |
| 4. Dr. Ir. Hersyamsi, M. Agr.<br>NIP. 196008021987031004            | Anggota    |  |

Indralaya, Agustus 2020

Ketua Jurusan  
Teknologi Pertanian

Koordinator Program Studi  
Teknik Pertanian

  
Dr. Ir. Edward Saleh, M.S.  
NIP 196208011988031002

  
Dr. Ir. Tri Tunggul, M.Agr.  
NIP 196210291988031003



## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ulfa Fadhilah

NIM : 05021181621010

Judul : Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Variasi Pelarut Ekstraksi dan pH Larutan pada *Dye* Karoten dari Berbagai Jenis Tanaman

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa seluruh data dan informasi yang dimuat di dalam hasil penelitian ini, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya merupakan hasil pengamatan dan investigasi saya sendiri dan belum pernah atau tidak sedang diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan lain. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam hasil penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Agustus 2020



Ulfa Fadhilah

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Payung, pada tanggal 2 Januari 1999. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis merupakan anak dari pasangan Suryo Widarto dan Halimatu Taslimah.

Pendidikan sekolah dasar diselesaikan pada tahun 2010 di SD Negeri 02 Indralaya Utara. Sekolah menengah pertama diselesaikan pada tahun 2013 di SMP Negeri 1 Indralaya dan sekolah menengah atas diselesaikan pada tahun 2016 di SMA Negeri 1 Indralaya.

Penulis tercatat sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian pada bulan Agustus 2018 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Saat ini penulis merupakan Badan Pengurus Harian (BPH) Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian dan anggota dari Ikatan Mahasiswa Pertanian Indonesia (IMATETANI).



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, berkat rahmat, ridho, dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Variasi Pelarut Ekstraksi dan pH Larutan pada *Dye* Karoten dari Berbagai Jenis Tanaman”.

Ucapan terimakasih diucapkan sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. Haisen Hower, M.P. dan Farry Apriliano Haskari, S.TP., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, saran, masukan serta motivasi dalam penulisan laporan penelitian ini. Terimakasih kepada kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan dukungan baik dalam hal moril maupun materil selama menempuh pendidikan. Terimakasih pula kepada teman-teman jurusan Teknologi Pertanian, teman-teman seperjuangan, dan semua pihak yang telah rela membantu dan meluangkan waktu demi terselesainya proposal penelitian ini.

Penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna terciptanya proposal yang lebih baik lagi. Penulis berharap proposal penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat luas.

Indralaya, Juli 2020

Ulfa Fadhilah

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dengan segala bentuk bimbingan bantuan, saran dan dukungan serta pengarahan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan laporan ini. Penulis ingin mengucapkan terimakasih melalui kesempatan ini kepada :

1. ALLAH SWT.
2. Yth. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, MSCE selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Yth. Bapak Prof. Dr. Ir. Andy Mulyana, M. Sc selaku Dekan Fakultas Pertanian.
4. Yth. Bapak Dr. Ir. Edward Saleh, M.S. selaku Ketua Jurusan Teknologi Pertanian.
5. Yth. Bapak Hermanto, S.TP., M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Teknologi Pertanian .
6. Yth. Bapak Tri Tunggal , M.Agr. selaku Koordinator Program Studi Teknik Pertanian.
7. Yth. Bapak Ir. Haisen Hower, M.P. dan Bapak Farry Apriliano Haskari, S.Tp., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan masukan dan arahan selama penulisan dalam penyusunan skripsi beserta motivasi selama penelitian berlangsung.
8. Yth. Bapak Prof . Dr. Ir. Tamrin Latief, M.Si dan Dr. Ir. Hersyamsi, M. Agr selaku pembahas dan penguji skripsi yang telah memberikan waktu, bimbingan, motivasi, dan saran dalam penyusunan skripsi penulis.
9. Orang tua tercinta yakni Suryo Widarto dan Halimatu Taslimah yang telah memberikan banyak doa, dukungan moril beserta materi, dan kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana.
10. Kedua adik kandung yakni Faza Khoirunnisa dan Mifta Izza Kurnia yang telah memberikan semangat dan doa kepada penulis.
11. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknologi Pertanian yang telah mendidik dan membagi ilmunya kepada penulis dengan penuh kesabaran.

12. Staf Administrasi Akademik serta Analis Jurusan Teknologi Pertanian atas semua bantuan dan kemudahan yang diberikan.
13. Teman-teman seperjuangan yakni Monica Liesdiana, Andini Kusuma Sitorus, Ayu Della, Mira Purnama Inriani, Ratna Widya Ningsih, Ayu Islah, Meri Suranti, Yuni Gustiara, dan Mardian Saputra yang telah membantu dalam proses penelitian yang dilakukan penulis.
14. Teman DSSC *Squad* yakni Annisa Sahrida, Adhitya Septiawan J, dan Kamal Ihsanudin yang telah kebersamai dan berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan penelitian.
15. Adik tingkat yakni Mona Hassanah, M. Albert Albera, Andjas Sapta, dan Akbar yang telah ikut membantu serta memberikan dukungan kepada penulis.
16. Seluruh teman-teman Teknik Pertanian 2016 yang telah menemani penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini.
17. Kakak tingkat yakni Ageng Prasetio yang selalu memberikan *support* dan motivasi kepada penulis dari awal perkuliahan hingga selesainya penelitian ini.
18. Seluruh pihak terlibat yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan segala bentuk dukungan serta doa kepada penulis.

Indralaya, Juli 2020

Ulfa Fadhilah

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
KATA PENGANTAR .....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	3
1.3. Hipotesis .....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Energi Surya .....	5
2.2. <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> .....	5
2.3. Komponen Penyusun <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> .....	6
2.3.1. Kaca <i>Transparent Conductive Oxide</i> (TCO).....	7
2.3.2. Pasta Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ).....	8
2.3.3. Zat Warna ( <i>Dye</i> ).....	10
2.3.4. Bunga Kuning Rawa ( <i>Ludwigia peruviana</i> ) .....	10
2.3.5. Bunga Kenikir.....	11
2.3.6. Buah dan Bunga Nipah .....	12
2.3.7. Elektrolit.....	13
2.3.8. Katalisator .....	14
2.4. Prinsip Kerja <i>Dye Sensitized Solar Cells</i> ( <i>DSSC</i> ).....	15
2.5. Ekstraksi <i>Dye</i> .....	16
2.6. Kinerja <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> .....	16
2.6.1. Absorbansi .....	17
2.6.2. Arus dan Tegangan .....	17
2.6.3. Daya .....	18
2.6.4. Faktor Pengisi ( <i>Fill Factor</i> ) .....	18

	<b>Halaman</b>
2.6.5. Efisiensi.....	19
<b>BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
3.1. Tempat dan Waktu .....	20
3.2. Alat dan Bahan .....	20
3.3. Metode Penelitian.....	21
3.4. Cara Kerja Penelitian .....	22
3.4.1 Persiapan Struktur <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> .....	22
3.4.2. Penyusunan dan Perangkain <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> .....	24
3.4.3. Pengujian DSSC.....	24
3.4.4. Pengujian Absorbansi .....	24
3.5. Parameter Penelitian.....	25
3.5.1. Pengukuran Absorbansi .....	26
3.5.2. Pengukuran Arus dan Tegangan .....	26
3.5.3. Pengukuran Daya .....	26
3.5.4. Pengukuran <i>Fill Factor</i> .....	27
3.5.5. Efisiensi <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> .....	27
<b>BAB 4 PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1. Absorbansi <i>Dye</i> .....	29
4.1.1. Absorbansi Bunga Kenikir.....	29
4.1.2. Absorbansi Bunga Kuning Rawa.....	31
4.1.3. Absorbansi Bunga Nipah .....	33
4.1.4. Absorbansi Buah Nipah .....	34
4.2. Pengukuran terhadap Arus-Tegangan (I-V).....	35
4.2.1. DSSC 1 ( <i>Dye</i> Bunga Kenikir <i>Aquadest</i> Tanpa Penurunan pH) ...	39
4.2.2. DSSC 2 ( <i>Dye</i> Bunga Kuning Rawa <i>Aquadest</i> Tanpa Penurunan pH) 40	40
4.2.3. DSSC 3 ( <i>Dye</i> Bunga Nipah <i>Aquadest</i> Tanpa Penurunan pH).....	41
4.2.4. DSSC 4 ( <i>Dye</i> Buah Nipah <i>Aquadest</i> Tanpa Penurunan pH).....	41
4.2.5. DSSC 5 ( <i>Dye</i> Bunga Kenikir <i>Methanol</i> Tanpa Penurunan pH)...	42
4.2.6. DSSC 6 ( <i>Dye</i> Bunga Kuning Rawa <i>Methanol</i> Tanpa Penurunan pH) .....	43
4.2.7. DSSC 7 ( <i>Dye</i> Bunga Nipah <i>Methanol</i> Tanpa Penurunan pH) .....	44
4.2.8. DSSC 8 ( <i>Dye</i> Buah Nipah <i>Methanol</i> Tanpa Penurunan pH) .....	45

	<b>Halaman</b>
4.2.9. DSSC 9 ( <i>Dye</i> Bunga Kenikir <i>Aquadest</i> dengan Penurunan pH).	47
4.2.10. DSSC 10 ( <i>Dye</i> Bunga Kuning Rawa <i>Aquadest</i> dengan Penurunan pH) .....	47
4.2.11. DSSC 11 ( <i>Dye</i> Bunga Nipah <i>Aquadest</i> dengan Penurunan pH).	48
4.2.12. DSSC 12 ( <i>Dye</i> Buah Nipah <i>Aquadest</i> dengan Penurunan pH)...	49
4.2.13. DSSC 13 ( <i>Dye</i> Bunga Kenikir <i>Methanol</i> dengan Penurunan pH)	50
4.2.14. DSSC 14 ( <i>Dye</i> Bunga Kuning Rawa <i>Methanol</i> dengan Penurunan pH).....	51
4.2.15. DSSC 15 ( <i>Dye</i> Bunga Nipah <i>Methanol</i> dengan Penurunan pH).	52
4.2.16. DSSC 16 ( <i>Dye</i> Buah Nipah <i>Methanol</i> dengan Penurunan pH)...	53
4.3. Daya .....	54
4.4. Efisiensi DSSC.....	55
4.5. Kadar Total Karoten .....	57
4.6. Hubungan Pelarut dan pH Ekstraksi terhadap Performa DSSC..	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	60
5.1. Kesimpulan .....	60
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	61
LAMPIRAN.....	69

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. Bunga Kuning Rawa ( <i>Ludwigia peruviana</i> ) .....	11
Gambar 2.2. Bunga Kenikir ( <i>Cosmos caudatus</i> ) .....	12
Gambar 2.3. Buah Nipah ( <i>Nypa fruticans</i> ) .....	13
Gambar 2.4. Bunga Nipah ( <i>Nypa fruticans</i> ) .....	13
Gambar 2.5. Kurva Hubungan I-V .....	18
Gambar 4.1. Absorbansi <i>dye</i> bunga kenikir <i>aquadest</i> dan <i>methanol</i> .....	31
Gambar 4.2. Absorbansi <i>dye</i> bunga bunga kuning rawa <i>aquadest</i> dan <i>methanol</i> .....	32
Gambar 4.3. Absorbansi <i>dye</i> bunga nipah <i>aquadest</i> dan <i>metahnol</i> .....	33
Gambar 4.4. Absorbansi <i>dye</i> buah nipah <i>aquadest</i> dan <i>methanol</i> .....	34
Gambar 4.5. Kurva I-V <i>DSSC</i> 1 .....	39
Gambar 4.6. Kurva I-V <i>DSSC</i> 2 .....	40
Gambar 4.7. Kurva I-V <i>DSSC</i> 3 .....	41
Gambar 4.8. Kurva I-V <i>DSSC</i> 4 .....	42
Gambar 4.9. Kurva I-V <i>DSSC</i> 5 .....	43
Gambar 4.10. Kurva I-V <i>DSSC</i> 6 .....	44
Gambar 4.11. Kurva I-V <i>DSSC</i> 7 .....	45
Gambar 4.12. Kurva I-V <i>DSSC</i> 8 .....	46
Gambar 4.13. Kurva I-V <i>DSSC</i> 9 .....	47
Gambar 4.14. Kurva I-V <i>DSSC</i> 10 .....	48
Gambar 4.15. Kurva I-V <i>DSSC</i> 11 .....	49
Gambar 4.16. Kurva I-V <i>DSSC</i> 12 .....	50
Gambar 4.17. Kurva I-V <i>DSSC</i> 13 .....	51
Gambar 4.18 Kurva I-V <i>DSSC</i> 14 .....	52
Gambar 4.19. Kurva I-V <i>DSSC</i> 15 .....	53
Gambar 4.20. Kurva I-V <i>DSSC</i> 16 .....	54
Gambar 4.21. Daya <i>Output</i> ( $P_{output}$ ) <i>DSSC</i> .....	55
Gambar 4.22. Efisiensi <i>DSSC</i> .....	56
Gambar 4.23. Kadar Karoten Total .....	56



## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 4.1. Nilai karakteristik kelistrikan DSSC dengan variasi pelarut dan pH larutan pada <i>dye</i> karoten .....	37
Tabel 4.2. Hubungan Pelarut dan pH Ekstraksi terhadap Performa <i>DSSC</i>	59

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Diagram alir penelitian .....	70
Lampiran 2. Data hasil pengujian absorbansi ekstrak <i>dye</i> bunga kenikir	71
Lampiran 3. Data hasil pengujian absorbansi ekstrak <i>dye</i> bunga kuning rawa .....	72
Lampiran 4. Data hasil pengujian absorbansi ekstrak <i>dye</i> bunga nipah .	73
Lampiran 5. Data hasil pengujian absorbansi ekstrak <i>dye</i> buah nipah ...	74
Lampiran 6. Data hasil pengukuran arus dan tegangan pada <i>DSSC</i> 1 ....	79
Lampiran 7. Perhitungan daya, <i>fill factor</i> , dan efisiensi .....	81
Lampiran 8. Perhitungan Kadar Total Karoten .....	83
Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian .....	85



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Manusia di bumi membutuhkan energi untuk keberlangsungan hidup manusia. Kehidupan manusia sangat memerlukan energi dalam berbagai kebutuhan seperti penerangan, transportasi, listrik, dan teknologi lainnya. Seiring dengan perkembangan zaman dengan berbagai teknologi dan kebutuhan manusia yang terus berkembang, kebutuhan energi di dunia semakin bertambah pula. Sebagian besar energi yang digunakan di dunia berasal dari energi fosil, ketergantungan akan energi fosil yang sifatnya tidak dapat diperbaharui membuat energi yang ada di dunia menjadi semakin menipis. Keadaan tersebut mendorong manusia untuk menciptakan energi alternatif yang dapat diperbaharui (Afandi, 2016).

Berbagai sumber energi terbaru seperti energi angin, biomassa, energi air, dan energi surya. Sinar matahari merupakan salah satu energi alternatif yang bersifat ramah lingkungan dan dapat mengatasi keterbatasan ketersediaan energi fosil, dengan kata lain energi surya dapat menjadi pengganti energi fosil. Energi listrik merupakan salah satu energi yang sering digunakan oleh manusia dalam berbagai aktivitas dan energi surya dapat diubah menjadi energi listrik melalui proses tertentu. Energi surya memiliki ketersediaan yang tak terbatas, terlebih lagi Indonesia merupakan daerah yang terletak di daerah khatulistiwa dengan iklim tropis yang selalu tersinari oleh sinar matahari sepanjang tahun. Energi surya dapat diubah menjadi energi listrik dengan adanya teknologi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* (Subodro, 2012).

Sel surya merupakan suatu teknologi yang digunakan untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik. Terdapat tiga generasi sistem sel surya yaitu generasi pertama sel surya silikon kristal tunggal dan sel surya polikristal. Generasi kedua yaitu sel surya tipe lapis tipis (*thin film*). Sel surya generasi ketiga yaitu sel surya *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Sel surya konvensional berupa sambungan *p-n junction* yang terbuat dari bahan semi konduktor dengan biaya mahal dan menggunakan teknologi yang canggih. *Dye Sensitized Solar Cell*

merupakan sel surya berbasis sensitivitas terhadap zat warna dengan biaya produksi yang rendah serta pabrikan yang mudah. *Dye Sensitized Solar Cell* dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti energi fosil karena lebih ramah lingkungan dan sifatnya terbaru (Ekasari dan Yudoyono, 2013).

*Dye Sensitized Solar Cell* merupakan sel surya berbasis fotoelektrokimia yang ditemukan oleh Profesor Michael Gratzel (1991). *DSSC* menjadi terobosan pertama setelah sel surya silikon dalam teknologi sel surya. *DSSC* memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan efisiensi sel surya silikon, namun *DSSC* menggunakan bahan yang relatif mudah dicari serta biaya yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sel surya silikon (Afandi, 2016). Sel surya silikon menggunakan bahan dari silikon yang harganya mahal dan sulit untuk dicari. Keterbatasan jumlah silikon yang ada di bumi membuat bahan ini tidak dapat digunakan di masa yang akan datang karena ketersediaannya yang semakin menipis (Subodro, 2012).

*Dye Sensitized Solar Cell* merupakan teknologi yang mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan bantuan *dye*. *DSSC* tersusun atas elektroda semikonduktor bernanokristalin penyerap warna, *counter electrode*, serta elektroda yang mengandung ion iodida dan triiodida. Sumber *dye* bisa didapat dari bahan organik dan anorganik (Zhou *et al.*, 2011). *Dye* bersumber dari bahan yang mengandung klorofil, antosianin, dan karoten. *Dye* yang bersumber dari bahan anorganik yaitu *ruthenium complex* dengan efisiensi yang tinggi namun sulit untuk disintesis serta harganya yang mahal. Selain itu *ruthenium complex* memilih kandungan logam berat yang dapat merusak lingkungan. Bahan organik yang dapat digunakan sebagai *dye* dapat diperoleh dengan mengekstrak bagian tumbuh-tumbuhan seperti daun, bunga, buah, batang, dan akar (Maulina *et al.*, 2014).

Tumbuhan yang memiliki potensi sebagai bahan untuk ekstrak *dye* yaitu bunga kuning rawa (*Ludwigia peruviana*), bunga kenikir (*Cosmos caudatus*), bunga nipah (*Nypa fruticans*), dan buah nipah (*Nypa fruticans*). Tumbuhan tersebut memiliki kandungan pigmen karoten sehingga dapat dijadikan sebagai bahan ekstrak *dye* untuk *DSSC*. Kuning rawa (*Ludwigia peruviana*) merupakan tumbuhan yang banyak dijumpai di daerah rawa atau daerah yang basah. Bunga

kuning rawa memiliki mahkota bunga yang berwarna kuning. Warna kuning pada mahkota bunga kuning rawa mengartikan adanya kandungan pigmen karoten (Pera, 2018). Tanaman kenikir (*Cosmos caudatus*) dapat tumbuh pada tanah yang subur dan dengan penyinaran matahari penuh. Kenikir memiliki mahkota bunga yang berwarna kuning. Warna kuning pada mahkota bunga kenikir menandakan adanya kandungan pigmen karotenoid dan flavonoid (Arini *et al.*, 2015). Tumbuhan nipah (*Nypa fruticans*) merupakan keluarga palem yang tumbuh di daerah hutan bakau. Nipah memiliki warna buah dan bunga yang berbeda. Serat buah nipah berwarna coklat dan bunga nipah berwarna kuning (Fatriani, 2009). Warna coklat pada serat buah nipah dan warna kuning pada bunga nipah menandakan adanya kandungan pigmen karoten.

Bagian penting dalam *DSSC* salah satunya adalah titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ), hal ini dikarenakan titanium dioksida dapat menyerap *dye* ketika dilapisi substrat. Titanium dioksida merupakan salah satu semikonduktor dengan *bandgap* yang lebar. Pengaplikasian titanium dioksida pada *DSSC* harus memiliki permukaan yang lebar agar *dye* lebih banyak mengabsorpsi cahaya (Nadeak dan Susanti, 2012). Penyinaran matahari merupakan bagian penting lainnya karena dapat mempengaruhi kinerja dari *Dye Sensitized Solar Cell*. Keberlangsungan penyinaran matahari yang baik memiliki dampak yang baik terhadap konversi energi surya menjadi energi listrik. Penyinaran matahari pada *DSSC* diganti dengan lampu halogen dikarenakan spektrum cahaya dari lampu halogen menyerupai sinar matahari.

Berdasarkan kajian mengenai performansi *DSSC* sebagai pengganti energi fosil pemanfaatan bunga kuning rawa, bunga kenikir, bunga nipah, dan buah nipah dapat digunakan sebagai *dye* organik. Kondisi pH akan mempengaruhi kesetimbangan karoten. Hasil ekstraksi yang baik memiliki kesetimbangan karoten yang baik dan akan menghasilkan performa *DSSC* yang baik pula.

## 1.2. Tujuan

Penelitian bertujuan untuk mempelajari performa *Dye Sensitized Solar Cell* menggunakan variasi pelarut ekstraksi dan variasi pH larutan pada *dye* karoten dari berbagai jenis bahan *sensitizer*.

### **1.3. Hipotesis**

Diduga *Dye Sensitized Solar Cell* dengan variasi pelarut ekstraksi dan variasi pH larutan pada *dye* karoten akan menghasilkan performa yang berbeda.



## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, I. 2016. *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstrak Buah dan Daun Sirsak (Annona Muricata L) Sebagai Fotosensitizer*. Makasar: Uin Alauddin Makassar.
- Afriani, M. 2009. *Hubungan Analisa Dobi (Deteration Of Bleachability Index) dan B-Karoten dalam CPO (Crude Palm Oil) dengan Menggunakan Spektrofotometri Uv-Visible*. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Andaria, S. 2018. *Dye Sensitized Solar Cell dengan Ekstrak Bunga Kencana Ungu (Ruellia tuberosa L.) Pemeka Cahaya*. Ogan Ilir: Universitas Sriwijaya.
- Anggraeni, R., Winarti, S., dan Heryanto, T. 2018. Optimalisasi Ekstraksi Karotenoid dengan Menggunakan Berbagai Jenis Pelarut Organik. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*. 2(2), 116-120.
- Ardianto, R., Agung, W., dan Malin, S. 2006. *Uji Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Lapisan Capacitive Touchscreen sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil Nannochloropsis Sp. sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Ketebalan Pasta Tio<sub>2</sub>*. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(3), 325-337.
- Arini, N., Respatie, D., dan Waluyo, S. 2015. Pengaruh Takaran Sp36 terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Kadar Karotena Bunga *Cosmos sulphureus cav.* dan *Tagetes Erecta L.* Di Dataran Rendah. *Jurnal Vegetalika*, 4(1), 1-14.
- Astuti, R. 2012. *DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) Dengan Senyawa Antosianin Dari Kulit Terong Ungu (Solanum melongena L) Sebagai Photosensitized*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Azharuddin, F., Ananta, H. dan Sunardiyo, S., 2017. Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket. *Jurnal Teknik Elektro*. 9(2), 66-73.
- Baharuddin, A., Aisyah, Saokani, J., dan Ayu, R. 2015. Karakteristik Zat Warna Daun Jati (*Tectona grandis*) Fraksi Metanol ; N-Heksana sebagai Photosensitizer Pada Dye Sensitized Solar Cell. *Jurnal Chimica Et Natural Acta*, 3(1), 37-41.
- Bhalla, M. R., dan Bhalla, A. V. 2010. Comparative Study Of Various Touchscreen Technologies. *International Journal Of Computer Application*, 6(8), 12-18.
- Britton, G., Jensen, S., dan Pfander, H. 1995. *Carotenoids Volume IA: Isolation and Analysis*. Berlin : Birkhauser Verlag.

- Cahaya, E. 2013. *Studi Performansi Natural Dye Sensitized Solar Cell Menggunakan Fotoelektrode Tio<sub>2</sub> Nanopartikel*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Cahyo, D. 2016. *Sintesis Dan Karakterisasi Tio<sub>2</sub> dengan Menggunakan Polietilen Glikol Sebagai Template*. Jember: Universitas Jember.
- Chen, Xianfeng, Jingfei, C., dan Lin, J. 2011. High-Efficiency Dye-Sensitized Solar Cells Based on Robust And Both-End-Open Tio<sub>2</sub> Nanotube Membranes. *Journal Of Nanoscale Research Letters China*.
- Desima, S. 2017. *Dye Sensitized Solar Cell Dengan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus polyrhizus) sebagai Pemeka Cahaya*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Dharma, I. 2014. *Proses Pembuatan DSSC (Dye-Sensitized Solar Cell) Menggunakan Tio<sub>2</sub> (Titanium Dioksida) Partikel Nano*. Semarang: Jurusan Elektro Universitas Diponegoro.
- Ekasari, V., dan Yudoyono, G. 2013. Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber officinale Linn Var. Rubrum) Variasi Larutan Tio<sub>2</sub> Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1), 2337-3520.
- Fahyuan, D., Samsidar, F., Heriyanto, S., dan Sarina. 2015. Disain Prototipe Sel Surya DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) Lapisan Grafit/Tio<sub>2</sub> Berbasis Dye Alami. *Jop*, 1(1), 5-11.
- Fatriani. 2009. *Struktur Anatomi Serat Pelepah Dan Tandan Kosong Nipah (Nypa fruticans Wurb) Sebagai Alternatif Bahan Baku Pulp Dan Kertas Dari Desa Penyolongan, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Fitriya, H., Rif'ati D. H., dan Albertus D. L., 2017. Pengaruh Lama Perendaman TiO<sub>2</sub> dalam Dye Sensitizer Ekstrak Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum* L) Terhadap Efisiensi Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC). *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 5(4), 343-350.
- Gratzel, M. 2003. Dye Sensitized Solar Cells,. *Journal Of Photochemistry and Photobiology*, 4, 145-153.
- Gratzel, M., dan O'regan. 1991. A Low-Cost, High Efficiency Solar Cell Based on Dye-Sensitized Colloidal Tio<sub>2</sub> Films. *Jurnal Of Nature*, 353(63466), 737.
- Handoko, P., dan Fajariyanti, Y. 2015. Pengaruh Spektrum Cahaya Tampak terhadap Laju Fotosintesis Tanaman Air Hydrilla Verticillata. *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi Fkip Uns* (Pp. 1-9). Kediri: Universitas Nusantara PGRI Kediri.

- Hasan, H. 2012. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*, 10(2), 1-12.
- Harbone, J.B. 1887. *Phytochemical Methods*, terj. Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: Intitute Teknologi Bandung.
- Imra, Kustiariyah, dan Desniar. 2016. Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Nipah (*Nypa fruticans*) terhadap *Vibrio* Sp. Isolat Kepiting Bakau (*Scylla* Sp.). *JPHPI*, 19(3), 241-250.
- Jacobs, S., F.Perret, G.R Sainty, K.H. Bowner, dan B.J Jacobs. (1994). *Ludwigia Peruviana* (Onagraceae) in the Botany Wetlands Near Sydney. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 45(8), 1481-1490.
- Kalyanasundaram, K., dan Gratzel, M. 1998. Applications of Functionalized Transition Metal Complexes in Photonic and Optoelectronic Devices. *Journal of Coordination Chemistry Reviews*. 77 (1), 347-414.
- Khalil, dan Hidayat, T. 2006. Potensi Buah Nipah Tua (*Nypa fruticans* Wurmb) Sebagai Bahan Pakan Ternak. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 11(2), 123-128.
- Khoiruddin. 2012. *Ekstrak Beta Karoten Wortel (Daucus carota) Sebagai Dye Sensitizer Pada Dssc*. Surakarta: Universitas Negeri Surakarta.
- Kumara, Widya, M. S., dan 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: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lotulung, P., Minarti, dan Kardono, L. 2005. *Penapisan Aktivitas Antibakteri, Antioksidan dan Toksisitas terhadap Larva Udang Artemia Salina Ekstrak Tumbuhan Asteraceae*. Pusat Penelitian Kimia Lipi.
- Ma'ruf, M. 2007. *Kajian Pembuatan Lapis Tipis  $TiO_2$  Ekstrak Kulit Manggis (Garcinia mangostana L.) sebagai Elektroda Kerja dalam Sel Surya Berbasis Sensitiser Zat Warna*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Mabruroh, I. 2019. *Performa Dye Sensitized Solar Cell dengan Variasi Lama Perendaman Pasta Titanium Dioksida ( $TiO_2$ ) Dalam Dye dan Intensitas Cahaya*. Ogan Ilir: Universitas Sriwijaya.
- Maddu, A., Zuhri, M., dan Irmansyah. 2007. Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya  $TiO_2$  Nanokristal Tersensitisasi Dye. *Jurnal Makara Teknologi*, 11.
- Maulina, A., Hardeli, dan Bahrizal. 2014. Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell* Menggunakan Ekstrak Antosianin Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostanta* L.). *Jurnal Sainstek*, 4(2), 1-11.

- Muchammad, dan Setiawan, H. 2011. Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 Wp dengan Penambahan Reflektor. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi* (Pp. 45-50). Semarang: Uwh.
- Muchtadi, D. 2008. *Pengantar Ilmu Gizi*. Bandung : Alfabeta.
- Mujiyanto, J. 2000. *Jendela Iptek Energi*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Muliani, L., Hidayat, J., dan Qibtiya, A. (2014). Karakteristik Pasta Tio<sub>2</sub> Suhu Rendah untuk Aplikasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Elektronika Dan Telekomunikasi*, 14(1), 24-28.
- Musaffa, Q. S. (2018). Uji Performansi *DSSC* dengan Variasi *Dye* Dan Katalis. *Jurnal Stator*, 1(1), 124-127.
- Mustikasari, D., Supriyanto, A., dan Suryana, R. 2013. Karakteristik Lapisan Tio<sub>2</sub> Metode Spray dalam *Dye-Sensitized Solar Cell*. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 1(2), 105-111.
- Nadeak, S., dan Susanti, D. 2012. Variasi Temperatur dan Waktu Tahan Kalsinasi terhadap Unjuk Kerja Semikonduktor Tio<sub>2</sub> sebagai *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan *Dye* dari Ekstrak Buah Naga Merah. *Jurnal Teknik Its*, 1(6), 81-86.
- Nasukhah, T., dan Prajitno, G. 2012. Fabrikasi dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan Menggunakan Ekstraksi Daging Buah Naga Merah (*Hylocereus*) sebagai (*Hylocereus Dye Sensitizer*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 1(1), 1-6.
- Öztürk, M., Khawar, K. M., Atar, H. H., Sancak, C., dan Özcan. 2004. In Vitro Micropropagation Of The Aquarium Plant *Ludwigia Repens*. *Asia Pacific Journal Of Molecular Biology And Biotechnology*, 12(1 dan 2), 21-25.
- Pera, P. 2018. *Dye Sensitized Solar Cell dengan Ekstrak Bunga Kenikir (Cosmos caudatus.) sebagai Pemeka Cahaya*. Ogan Ilir: Universitas Sriwijaya.
- Prasetyo, R. 2016. *Pembuatan Prototype Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Memvariasikan Luas Permukaan Karbon dari Ekstrak Buah Bit (Beta vulgaris L)*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Prasetyowati, R. 2012. *Sel Surya Berbasis Titanian Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Putra, A. 2014. Ekstraksi Zat Warna Alam Dari Bonggol Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca*) Dengan Metode Maserasi, Refluks Dan Sokletasi. *Jurnal Kimia*, 8(1), 113-119.
- Putri, B. 2016. *Pembuatan Prototype Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Memvariasikan Lama Perndaman dari Ekstrak Buah Bit (Beta Vulgaris L)*. Ogan Ilir: Universitas Sriwijaya.
- Ramdhani, M. 2008. *Rangkaian Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Risnah, A. 2016. *Karakterisasi Zat Warna Kulit Terong Ungu (Solanum melongona L.) dalam Suasana Basa sebagai Photosensitizer pada Dye Sensitized Solar Celi*. Makassar: Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Alauddin Makassar.
- Shiddiq, M. 2016. *Karakterisasi Zat Warna Cabe Merah (Capsicum Annum L.) Fraksi Metanol: N-Heksana sebagai Photosensitizer dalam Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell*. Makassar: Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Alauddin Makassar.
- Song, W., Xiaohong, W., Wei, Q., dan Zhaohua, J. 2007. *TiO<sub>2</sub> Films Prepared by Micro-Plasma Oxidation Method for Dye-Sensitized Solar Cell*. China: Institute Of Plasma Physics.
- Subodro, R. 2012. Ekstrak Pewarna Antosianin Bunga Mawar Merah sebagai Pewarna Alami pada Sel Surya Dye Sensitized Solar Cell. *Jurnal Politeknosains*, 11(2), 1-10.
- Suprianto, B., Rustana, C., dan Fahdiran, R. 2018. Sifat Kelistrikan pada Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Coating dengan Dye Menggunakan Ekstraksi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum*). *Seminar Nasional Quantum*, (Pp. 620-625).
- Suryana, R., Supriyanto, A., dan Mustikasari, D. 2013. Karakteristik Lapisan TiO<sub>2</sub> Metode Spray dalam Dye-Sensitized Solar Cell. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 1(2), 105-115.
- Tyas, K. L., Risa, S., Fahru, N., dan Asma, I. 2016. Pelapisan Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) Nanopartikel-Nanofiber pada Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Prosiding Seminar Nasional Quantum*.
- Wahyuni, D. T., dan S. B. Widjanarko. 2015. Pengaruh Jenis Pelarut dan Lama Ekstraksi terhadap Ekstrak Karotenoid Labu Kuning dengan Metode Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3 (2), 390-401.
- Wardhani, B., Pebriana, R., Widayanti, E., Wijayanti, N., Wijayanti, T., Riyanto, S., Et Al. 2008. Pengaruh Ekstrak Metanolik Daun Kenikir (*Cosmos caudatus* Kunth.) terhadap Pemacuan Apoptosis Sel Kanker Payudara. *Pharmacon*, 9(1), 21-26.
- Wulandari, L. 2018. *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Ekstrak Kangkung Air (Ipomea Aquatic F.) Sebagai Pemeka Cahaya*. Ogan Ilir: Universitas Sriwijaya.
- Wrolstad, R., Acree, T., Decker, E., Penner, M., Reid, D., Schwartz, S., Shoemaker, C., Smith, D., dan Sporns, P. 2005. *Handbook of Food Analytical Chemistry: Pigments, Colorants, Flavors, Texture, And Bioactive Food Components*. Hoboken : Wiley.
- Yazid, E. 2005. *Kimia Fisika Untuk Paramedis*. Yogyakarta: Andi.

- Yuliarosa, R. 2019. *Dye Sensitized Solar Cell dengan Variasi Pemeka Cahaya dan Intensitas Cahaya*. Palembang : Universitas Sriwijaya.
- Yulika, D., Kusumandari, dan Sutjana, R. 2014. Pelapisan Tio<sub>2</sub> di Atas Fto dengan Teknik *Slip Casting* dan *Spin Coating* untuk Aplikasi DSSC. *Jurnal Fisika Indonesia*, 53(58), 66-69.
- Zahrok, Latifataz, Z., dan Prajitno, G. 2015. *Ekstrak Buah Murbei (Morus) sebagai Sensitizer Alami Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC) Menggunakan Substrat Kaca Ito dengan Tehnik Pelapisan Spin Coating*. Surabaya: Intitut Teknologi Surabaya.
- Zhou, Huizhi, Wu, L., Gao, Y., dan Ma, T. 2011. Dye-Sensitized Solar Cells Using 20 Natural Dyes As Sensitizers. *Journal Of Photochemistry And Photobiology A*.