

**SKRIPSI**

**PENGGUNAAN *FIBER TISSUE* SEBAGAI MEDIA  
PENYERAP ELEKTROLIT PADA *DYE SENSITIZED*  
*SOLAR CELL***

***THE UTILIZATION OF FIBER TISSUE AS AN ELECTROLYTE  
ABSORBENT OF DYE SENSITIZED SOLAR CELL***



**Muaffan Alfaiz Wisaksono**

**05021282025050**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

## SUMMARY

**MUAFFAN ALFAIZ WISAKSONO.** The Utilization of Fiber Tissue as an Electrolyte Absorbent of Dye Sensitized Solar Cell (Supervised By **TAMRIN**).

Dye Sensitized Solar Cells represent a set of photoelectrochemical solar cells capable of converting light energy into electrical energy by harnessing plant-derived dyes as light sensitizer. One of the factors influencing the performance of a DSSC is the electrolyte. The addition of a fiber tissue layer to DSSCs can reduce evaporation in the electrolyte solution. The fiber tissue layers used in this study were derived from facial tissue. The objective of this research is to study and understand the impact of varying layers of fiber tissue layers as electrolyte absorption media on the performance of Dye-Sensitized Solar Cells. This research was conducted from September 2023 to December 2023 at the Energy and Electrification Laboratory, Department of Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University. The study comprised of three stages: DSSC structure preparation, assembly and arrangement of DSSC layers, and DSSC measurements. The layer variations of the fiber tissue layers used were two layers (0.027 cm), three layers (0.041 cm), four layers (0.054 cm), five layers (0.068 cm), six layers (0.081 cm), and a control without fiber tissue layer applied to water hyacinth leaf dye and senduduk fruit dye. Parameters observed in this study included current and voltage characteristics, power calculations, fill factor, and DSSC efficiency. The results indicated that DSSCs with an additional fiber tissue layer exhibited relatively better performance compared to DSSCs without the additional fiber tissue layer, both in the senduduk fruit dye and water hyacinth dye.. The DSSC performance was most prominent in the senduduk fruit dye sample with a four-layer (0.054 cm) thickness of fiber tissue layer. The electrical characteristics produced by this sample were  $I_{sc}$ : 0.016 mA,  $V_{oc}$ : 0.682 mV,  $I_{max}$ : 0.011 mA,  $V_{max}$ : 0.397 mV,  $P_{max}$ : 0.00417 mW, FF: 0.37924, and an efficiency of 0.016%.

Key words : Fiber tissue, electrolyte solution, DSSC, layer variation, performance.

## RINGKASAN

**MUAFFAN ALFAIZ WISAKSONO.** Penggunaan *Fiber Tissue* sebagai Media Penyerap Elektrolit pada *Dye Sensitized Solar Cell* (Dibimbing oleh TAMRIN).

*Dye Sensitized Solar Cell* merupakan seperangkat sel surya berbasis fotoelektrokimia yang dapat mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik dengan memanfaatkan zat warna yang berasal dari tumbuhan sebagai pemeka cahaya. Salah satu Faktor yang dapat mempengaruhi performa suatu *DSSC* adalah elektrolit. Penambahan lapisan *fiber tissue* pada *DSSC* dapat mengurangi penguapan pada larutan elektrolit. Variasi lapisan *fiber tissue* yang digunakan pada penelitian ini berasal dari *facial tissue*. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari serta mengetahui penggunaan variasi jumlah lapisan *fiber tissue* sebagai media penyerap elektrolit terhadap kinerja *Dye Sensitized Solar Cell*. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan September 2023 sampai dengan bulan Desember 2023 di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Penelitian ini terdiri atas tiga tahapan yaitu persiapan struktur *DSSC*, penyusunan dan perangkaian lapisan *DSSC*, dan pengukuran *DSSC*. Variasi jumlah dari lapisan fiber tissue yang digunakan adalah dua lapis (0,027 cm), tiga lapis (0,041 cm), dan empat lapis (0,054 cm), lima lapis (0,068 cm), enam lapis (0,081 cm), dan kontrol tanpa lapisan *fiber tissue* yang diaplikasikan pada *dye* daun eceng gondok dan *dye* buah senduduk. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah karakteristik arus dan tegangan, perhitungan daya, *fill factor*, dan efisiensi *DSSC*. Hasil penelitian menunjukkan performa *DSSC* yang diberikan tambahan lapisan *fiber tissue* memiliki kinerja yang relatif lebih baik dibandingkan *DSSC* tanpa tambahan lapisan *fiber tissue* baik pada *dye* buah senduduk maupun *dye* eceng gondok. Performa *DSSC* yang relatif terbaik tampak pada sampel *DSSC dye* buah senduduk dengan penambahan lapisan *fiber tissue* berketebalan 4 lapis (0,054 cm). Karakter kelistrikan yang dihasilkan pada sampel tersebut adalah  $I_{sc}$ : 0,016 mA,  $V_{oc}$ : 0,682 mV,  $I_{max}$ : 0,011 mA,  $V_{max}$ : 0,397 mV,  $P_{max}$ : 0,00417 mW,  $FF$ : 0,37924, dan efisiensi sebesar 0,016%.

Kata kunci : *Fiber tissue*, larutan elektrolit, *DSSC*, variasi lapisan, performa.

**SKRIPSI**

**PENGGUNAAN *FIBER TISSUE* SEBAGAI MEDIA  
PENYERAP ELEKTROLIT PADA *DYE SENSITIZED*  
*SOLAR CELL***

***THE UTILIZATION OF FIBER TISSUE AS AN ELECTROLYTE  
ABSORBENT OF DYE SENSITIZED SOLAR CELL***

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



**Muaffan Alfaiz Wisaksono**

**05021282025050**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGGUNAAN *FIBER TISSUE* SEBAGAI MEDIA  
PENYERAP ELEKTROLIT PADA *DYE SENSITIZED*  
*SOLAR CELL*

SKRIPSI

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

Oleh:

Muaffan Alfaiz Wisaksono  
05021282025050

Indralaya, Maret 2024

Menyetujui :  
Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Tamrin, M.Si.  
NIP. 196309181990031004

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Pertanian  
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Ir. A. Muslim, M. Agr.  
NIP. 196412291990011001

Skripsi dengan Judul “Penggunaan *Fiber Tissue* sebagai Media Penyerap Elektrolit pada *Dye Sensitized Solar Cell*” oleh Muaffan Alfaiz Wisaksono telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 7 Februari 2024 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

### Komisi Penguji

1. Prof. Dr. Ir. Tamrin, M.Si.  
NIP. 196309181990031004

Pembimbing



2. Dr. Ir. Hersyamsi, M. Agr.  
NIP. 196008021987031004

Penguji



Indralaya, Maret 2024

Mengetahui,  
Ketua Jurusan **Teknologi Pertanian**  
Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Koordinator Program Studi  
**Teknik Pertanian**

18 MAR 2024



Prof. Dr. Budi Santoso, S.TP., M.Si.  
NIP. 07506102002121002

Dr. Puspitahati, S.TP., M.P.  
NIP. 197908152002122001

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muaffan Alfaiz Wisaksono

NIM : 05021282025050

Judul : Penggunaan *Fiber Tissue* sebagai Media Penyerap Elektrolit pada  
*Dye Sensitized Solar Cell*.

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi penelitian ini merupakan hasil pengamatan saya sendiri di bawah supervise pembimbing kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam skripsi 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, Maret 2024



Muaffan Alfaiz Wisaksono

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis merupakan seorang anak dari pasangan Bapak Roy Wisaksono dan Ibu Rowiyantini yang lahir pada tanggal 6 Januari 2003. Penulis lahir di Kota Palembang, Provinsi Sumatra Selatan. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jalan Putri Rambut Selako No. 53, Bukit besar, Palembang.

Penulis menempuh sekolah pertamanya pada tahun 2007 di Taman Kanak-Kanak (TK) di Prime One School Medan. Kemudian, penulis menempuh Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2008 di Prime One School Medan, dan melanjutkan Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2011 di SDIT Aulady Tangerang Selatan. Setelah lulus, penulis menempuh di Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada tahun 2014 di SMPIT Aulady Tangerang Selatan. 3 tahun bersekolah di SMPIT, penulis melanjutkan sekolahnya pada tahun 2017 di SMAI Sinar Cendeka dan lulus pada tahun 2020. Pada bulan Agustus 2020 penulis tercatat sebagai mahasiswa yang sedang menempuh pendidikan S1 di Fakultas Pertanian Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis juga memiliki hobi yaitu, menulis dan membaca.



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan nikmat rahma dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Penggunaan *Fiber Tissue* sebagai Media Penyerap Elektrolit pada *Dye Sensitized Solar Cell*” dengan tepat waktu. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW. Penulisan proposal skripsi adalah tugas akhir dan salah satu syarat kelulusan Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.

Dalam perancangan proposal skripsi ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak dan rekan yang turut membantu dalam proses penyusunan proposal. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Tamrin, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik dan pembimbing skripsi, yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Ungkapan terima kasih untuk orang tua yang telah membantu dengan do’a dan dukungan. Terimakasih banyak juga kepada teman-teman seperjuangan yang telah memberi semangat dan kepada semua pihak yang telah membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga skripsi ini dapat memberi informasi bagi kita semua yang membutuhkan.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bila ada kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga kedepan dapat menjadi referensi yang bermanfaat.

Indralaya,     Maret 2024

Muaffan Alfaiz Wisaksono

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan atas segala bentuk bantuan, bimbingan, dukungan, kritik, saran dan pengarahan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan skripsi ini. Segala puji kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat begitu banyak serta diho-Nya sehingga penulis selalu diberi kemudahan dan kekuatan dalam menyelesaikan skripsi ini. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Terima kasih kepada kedua orang tua penulis yaitu bapak Roy Wisaksono dan Ibu Rowiyantini, yang telah melahirkan juga membesarkan penulis, memberi semangat dan memfasilitasi segala bentuk keperluan materi dan non-materi kepada penulis, semoga sehat selalu dan dalam lindungan Allah SWT. Aamiin ya Rabbal'aalamin.
2. Yth. Ibu Dr. Hilda Agustina, S.TP., M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Teknologi Pertanian yang telah meluangkan waktu, bimbingan, dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian.
3. Yth. Ibu Dr. Puspitahati, S.TP., M.P. Koordinator Program Studi Teknik Pertanian yang telah memberikan arahan, nasehat, dan dukungan penuh kepada penulis selama menjadi mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian. Terima kasih sudah membantu penulis dalam pemberkasan sampai selesai.
4. Yth. Bapak Dr. Hersyamsi, M.Agr. selaku dosen pembahas dan penguji skripsi penulis yang telah berjasa dalam memberikan masukan dan arahan dalam penelitian penulis serta memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini. Terima kasih bapak atas jasanya semoga selalu sehat dan selalu dalam perlindungan Allah SWT.
5. Yth. Bapak Fidel Harmanda Prima, S. TP., M. Si. yang telah banyak memberikan penulis pengalaman dan mendampingi dalam beberapa lomba yang penulis selami. Sebagai guru, mentor dan teman bercerita yang sangat luar biasa, semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.
6. Semua Dosen Jurusan Teknologi Pertanian yang telah mendidik dan mengajarkan ilmu pengetahuan tentang teknologi pertanian.
7. Staf administrasi Jurusan Teknologi Pertanian, kak Jhon, mba Siska dan mba Nike terima kasih atas segala informasi dan bantuannya.

8. Kepada nenek dan kakek penulis yaitu alm. Mochtar Djamach dan alm. Zubaidah yang semasa hidupnya telah memberikan kasih sayang, dukungan, ilmu kehidupan, dan menjadi alasan untuk penulis memasuki kampus ini.
9. Teman seperjuangan yang penulis anggap sebagai sepupu sendiri, Savina Wahya Fadillah, Brianna Almira Ruslan, Fildza Nadhila, dan Fini Mutiara yang telah menjadi teman penulis sejak semester 1. Terima kasih banyak atas segalanya semoga bisa berjumpa lagi di fase berikutnya bahagia selalu, dan selalu dalam perlindungan Allah SWT.
10. Kepada teman-teman seperjuangan kelas Teknik Pertanian yaitu Nur Wahyu Handoko, M. Faiz Ananda, Muhammad Rendy Hafizh, Arlangga Arkatama Kagami, Rival Alwasih, Rayhan Alhaqi, Marta Dwi Wulandari, Ananda Rizki Utami, Muhammad Solihin, Ade Windra, Muhammad Ridho, Oktriandle Wijaya, Fadhil Badran dan lain-lain yang telah menjadi teman penulis.
11. Kepada kak Imes Suci Ramadhani yang telah membantu dan membimbing dalam proses penelitian, dan juga menjadi tempat bercerita yang membuat penelitian menjadi tidak membosankan. Semoga senantiasa diberikan rezeki yang berlimpah.
12. Kepada Alya, Haikal, Icha, dan Virna yang telah menjadi tempat tertawa dan menjadi salah satu kenangan penting dari dunia perkuliahan. Semoga jalannya ke depan dilancarkan dan senantiasa mendapatkan kebaikan.
13. Kepada anggota grup Bali, yaitu Heni, Dodi, Liza, Ghozali, Fiqi, Milanda, dan Nadilla yang telah menjadi teman-teman produktif dan sumber inspirasi yang luar biasa, serta Berlin yang menjadi teman paling berkesan dan tak terduga di dunia perkuliahan. Semoga kalian dapat senantiasa terus menginspirasi dan bersinar, dan mendapatkan jalan yang lancar menuju masa depan.

Indralaya,     Maret 2024

Penulis

Muaffan Alfaiz Wisaksono

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN INTEGRITAS .....	vii
RIWAYAT HIDUP .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	4
1.3. Hipotesis.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Energi Alternatif .....	5
2.1.1. Sel Surya.....	5
2.2. <i>Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)</i> .....	6
2.2.1. Struktur <i>DSSC</i> .....	6
2.2.1.1. Kaca <i>Transparent Conductive Oxide (TCO)</i> .....	7
2.2.1.2. Lapisan $\text{TiO}_2$ Sebagai Semikonduktor .....	8
2.2.1.3. <i>Dye</i> (Zat warna).....	9
2.2.1.3.1. Warna Antosianin. ....	9
2.2.1.3.2. Tumbuhan Buah Senduduk.....	11
2.2.1.3.3. Warna Klorofil. ....	12
2.2.1.3.4. Tumbuhan Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) .....	13
2.2.1.3.5. Metode Ekstraksi.....	14
2.2.1.4. Larutan Elektrolit .....	17
2.2.1.5. <i>Fiber Tissue</i> .....	17
2.2.1.6. Katalisator pada Elektroda Pembanding .....	18
2.2.2. Prinsip Kerja <i>DSSC</i> .....	18

2.3. Pengukuran dan Perhitungan Performa <i>DSSC</i> .....	19
2.3.1. Kandungan Klorofil pada Daun Eceng Gondok.....	19
2.3.2. Kandungan Antosianin pada Buah Senduduk.....	20
2.3.3. Pengukuran dan Perhitungan Arus dan Tegangan.....	20
2.3.4. Perhitungan Daya yang Dihasilkan.....	21
2.3.5. Perhitungan <i>Fill Factor</i> .....	21
2.3.6. Perhitungan Efisiensi Terhadap Kinerja <i>DSSC</i> .....	22
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN.....	23
3.1. Tempat dan Waktu.....	23
3.2. Alat dan Bahan.....	23
3.3. Metode Penelitian.....	24
3.4. Cara Kerja.....	24
3.4.1. Persiapan Struktur <i>DSSC</i> .....	25
3.4.1.1. Pemotongan Kaca Substrat.....	25
3.4.1.2. Pembuatan <i>Sensitizer</i> .....	25
3.4.1.3. Pembuatan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	26
3.4.1.4. Pembuatan Elektroda Kerja dan Elektroda Pembanding.....	26
3.4.2. Penyusunan dan Perangkaian <i>DSSC</i> .....	27
3.4.3. Pengujian Rangkaian <i>DSSC</i> .....	28
3.5. Parameter Penelitian.....	28
3.5.1. Kandungan Antosianin pada Buah Senduduk.....	29
3.5.2. Kandungan Klorofil Daun Eceng Gondok.....	29
3.5.3. Pengukuran Arus dan Tegangan.....	30
3.5.4. Perhitungan Daya.....	31
3.5.5. Perhitungan <i>Fill Factor</i> .....	31
3.5.6. Perhitungan Efisiensi <i>DSSC</i> .....	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. Kinerja Kelistrikan.....	33
4.1.1. Efisiensi.....	35
4.1.2. <i>Fill Factor</i> .....	41
4.2. Kurva Arus dan Tegangan.....	45
4.2.1. <i>DSSC A Dye Eceng Gondok Kontrol</i> .....	45

4.2.2. <i>DSSC B 2 Lapis (Dye Daun Eceng Gondok dengan Jumlah Lapisan Dua Lapis)</i> .....	46
4.2.3. <i>DSSC C 3 Lapis (Dye Daun Eceng Gondok dengan Jumlah Lapisan Tiga Lapis)</i> .....	47
4.2.4. <i>DSSC D 4 Lapis (Dye Daun Eceng Gondok dengan Jumlah Lapisan Empat Lapis)</i> .....	48
4.2.5. <i>DSSC E 5 Lapis (Dye Daun Eceng Gondok dengan Jumlah Lapisan Lima Lapis)</i> .....	49
4.2.6. <i>DSSC F 6 Lapis (Dye Daun Eceng Gondok dengan Jumlah Lapisan Enam Lapis)</i> .....	50
4.2.7. <i>DSSC G Dye Buah Senduduk Kontrol</i> .....	51
4.2.8. <i>DSSC H 2 Lapis (Dye Buah Senduduk dengan Jumlah Lapisan Dua Lapis)</i> .....	52
4.2.9. <i>DSSC I 3 Lapis (Dye Buah Senduduk dengan Jumlah Lapisan Tiga Lapis)</i> .....	53
4.2.10. <i>DSSC J 4 Lapis (Dye Buah Senduduk dengan Jumlah Lapisan Empat Lapis)</i> .....	54
4.2.11. <i>DSSC K 5 Lapis (Dye Buah Senduduk dengan Jumlah Lapisan Lima Lapis)</i> .....	55
4.2.12. <i>DSSC L 6 Lapis (Dye Buah Senduduk dengan Jumlah Lapisan Enam Lapis)</i> .....	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN.....	65

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Struktur lapisan <i>DSSC</i> .....	7
Gambar 2.2. Buah senduduk .....	12
Gambar 2.3. Tumbuhan eceng gondok .....	14
Gambar 2.4. Sonikator merk Cole-Parmer.....	15
Gambar 2.5. Kavitasi akustik .....	16
Gambar 2.6. Prinsip kerja <i>DSSC</i> .....	18
Gambar 2.7. Kurva arus dan tegangan.....	21
Gambar 4.1. Pengaruh jumlah lapisan <i>fiber tissue</i> terhadap efisiensi .....	37
Gambar 4.2. Pengaruh jenis <i>dye</i> terhadap efisiensi .....	38
Gambar 4.3. Pengaruh interaksi jumlah <i>fiber tissue</i> dan jenis <i>dye</i> terhadap efisiensi .....	39
Gambar 4.4. Pengaruh jumlah lapisan <i>fiber tissue</i> terhadap <i>fill factor</i> .....	42
Gambar 4.5. Pengaruh jenis <i>dye</i> terhadap <i>fill factor</i> .....	43
Gambar 4.6. Pengaruh interaksi jumlah <i>fiber tissue</i> dan jenis <i>dye</i> terhadap <i>fill factor</i> .....	44
Gambar 4.7. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> A Kontrol .....	46
Gambar 4.8. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> B dua lapis.....	47
Gambar 4.9. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> C tiga lapis .....	48
Gambar 4.10. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> D empat lapis.....	49
Gambar 4.11. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> E lima lapis.....	50
Gambar 4.12. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> F enam lapis .....	51
Gambar 4.13. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> G Kontrol .....	52
Gambar 4.14. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> H dua lapis .....	53
Gambar 4.15. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> I tiga lapis.....	54
Gambar 4.16. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> J empat lapis.....	55
Gambar 4.17. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> K lima lapis .....	56
Gambar 4.18. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> L enam lapis .....	57

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Nilai karakteristik kelistrikan <i>DSSC</i> dengan penambahan lapisan <i>fiber tissue</i> .....	34
Tabel 4.2. Nilai pengaruh perlakuan terhadap efisiensi <i>DSSC</i> .....	36
Tabel 4.3. Nilai pengaruh perlakuan terhadap <i>fill factor</i> <i>DSSC</i> .....	41



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan kandungan klorofil Wintermands dan De Motz..	66
Lampiran 2. Perhitungan kandungan antosianin <i>differential</i> .....	67
Lampiran 3. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> Kontrol (eceng gondok).....	68
Lampiran 4. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 2 lapis (eceng gondok).....	70
Lampiran 5. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 3 lapis (eceng gondok).....	72
Lampiran 6. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 4 lapis (eceng gondok).....	74
Lampiran 7. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 5 lapis (eceng gondok).....	76
Lampiran 8. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 6 lapis (eceng gondok).....	78
Lampiran 9. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> G Kontrol (buah senduduk) .....	80
Lampiran 10. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 2 lapis (buah senduduk) .....	82
Lampiran 11. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 3 lapis (buah senduduk) .....	84
Lampiran 12. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 4 lapis (buah senduduk) .....	86
Lampiran 13. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 5 lapis (buah senduduk) .....	88
Lampiran 14. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 6 lapis (buah senduduk) .....	90
Lampiran 15. Data pengukuran intensitas cahaya lampu .....	92
Lampiran 16. Contoh perhitungan daya ( <i>input</i> dan <i>output</i> ).....	93
Lampiran 17. Contoh perhitungan faktor pengisian ( <i>FF</i> ).....	94
Lampiran 18. Contoh perhitungan efisiensi.....	95
Lampiran 19. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	96

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Energi yang tersedia saat ini masih bergantung pada minyak, gas, bahan bakar fosil atau lainnya yang mengakibatkan semakin menipisnya persediaan sumber energi yang tak terbarukan seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna energi di dunia (Hardeli *et al.*, 2013). Dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat, banyak upaya yang dilakukan untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui, murah, dan ramah lingkungan (Maulina *et al.*, 2014).

Salah satu bentuk sumber energi yang dapat diperbaharui adalah energi matahari, energi air, biomassa, panas bumi, energi angin, dan energi samudera. Menurut data dari World Energy Council tahun 2016, penggunaan energi ramah lingkungan di seluruh dunia masih berada di bawah 10%. Di Indonesia, menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 2015, pembangkit listrik yang menggunakan energi ramah lingkungan hanya menghasilkan daya di bawah 50 MW dari total daya yang dihasilkan seluruh pembangkit listrik sebesar 38.314 MW, kecuali untuk PLTP (geothermal) yang mampu menghasilkan daya hingga 575 MW dan PLTA sebesar 3.511 MW.

Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya (*Solar Cell*). Terdapat tiga generasi sel surya yang berbeda, yakni generasi pertama yang berbasis material silikon dan memiliki efisiensi sekitar 15-20%, generasi kedua yang terdiri dari lapisan tipis seperti amorphous silicon, CIGS, dan CdTe dengan efisiensi sekitar 10-15%, dan generasi ketiga yaitu sel surya berbasis zat pewarna yang disebut *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* yang memiliki efisiensi tertinggi mencapai 20%. *DSSC* menjadi salah satu bentuk energi terbarukan yang memiliki beberapa keuntungan, seperti biaya fabrikasi yang rendah dan efisiensi konversi fotoelektrik yang tinggi, seperti yang telah disebutkan dalam penelitian Parisi *et al.* (2014) dan Fitria *et al.* (2016).

*DSSC* adalah sel surya yang dapat mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik secara fotoelektrokimia. Komponen dari *DSSC* terdiri dari semikonduktor  $\text{TiO}_2$ , pewarna, larutan elektrolit yang mengandung pasangan redoks iodide triiodide ( $\text{I}^- / \text{I}_3^-$ ), dan elektroda lawan. Sejauh ini, beberapa usaha telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja *DSSC*, seperti memperluas spektrum serapan *dye* dari ultraviolet hingga cahaya tampak, mempelajari struktur morfologi dan konduktivitas fotoelektroda, mengoptimalkan elektroda lawan, serta penggunaan elektrolit berupa cair dan gel (Alizadeh *et al.*, 2022).

Dalam *DSSC*, elektroda lawan memiliki dua peran penting seperti yang dijelaskan oleh Semalti dan Sharma (2020) dan Ting dan Chao (2010). Pertama, elektroda lawan berfungsi untuk mengembalikan elektron dari sirkuit eksternal ke sistem redoks. Kedua, elektroda lawan juga berperan sebagai katalis untuk reaksi reduksi muatan mediator teroksidasi (Sarkar *et al.*, 2020).

Salah satu komponen terpenting dari *DSSC* adalah elektrolit. Elektrolit merupakan salah satu faktor kunci yang menentukan kinerja *DSSC* (*Dye-Sensitized Solar Cell*). Sebagai *medium* penghantar muatan, elektrolit memainkan peran penting dalam menghubungkan elektroda sensitif pewarna (*dye-sensitized*) dengan elektroda lawan. Elektrolit berperan penting terhadap performa *DSSC*. Elektrolit berfungsi untuk menggantikan elektron yang hilang pada pita *HOMO* (*Highest Occupied Molecular Orbital*) *dye* akibat bereksitasi ke pita *LUMO* (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) melalui proses reaksi reduksi-oksidasi (redoks) (Sukardi *et al.*, 2018). Pada umumnya elektrolit yang digunakan dalam *DSSC* berbentuk cair dan mengandung sistem redoks. Elektrolit yang baik harus memiliki konduktivitas ionik yang tinggi untuk memungkinkan injeksi elektron yang efisien, transportasi muatan yang lancar, dan regenerasi *dye*. Meskipun elektrolit memegang peran yang krusial, ia juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satu kelemahan umum adalah ketergantungan elektrolit cair pada pelarut organik yang mudah menguap, yang dapat menyebabkan kehilangan elektrolit dalam jangka waktu yang lama (Calbo, 2019).

Penelitian-penelitian *DSSC* banyak dilakukan yang berfokus pada manipulasi dan pemberian perlakuan terhadap elektrolit secara kimiawi dalam bentuk elektrolit gel, atau lebih dikenal sebagai elektrolit keadaan semi-padat (*Quasi-solid state*),

elektrolit gel menawarkan solusi dengan menggantikan elektrolit cair yang mudah menguap dengan struktur semi-padat yang mengandung matriks polimer. Sistem elektrolit gel memungkinkan transportasi ionik dalam fase cair dan padat, menggabungkan sifat transportasi difusi cair dengan sifat kohesif padat. Kelebihan elektrolit gel meliputi kemudahan persiapan, konduktivitas ionik yang baik, volatilitas pelarut yang rendah, serta stabilitas kimia dan mekanik yang baik (Lee *et al.*, 2012).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi kelemahan elektrolit tersebut dan mendapatkan nilai efisiensi *DSSC* yang lebih tinggi dibandingkan *DSSC* dengan elektrolit cair biasa. Seperti pada penelitian Hikmah dan Prajitno (2015) yang mengisolasi elektrolit secara kimia dengan mengembangkan *DSSC* elektrolit gel menggunakan PEG 1000 dan *dye* Ekstrak Murbei mendapatkan nilai efisiensi sebesar 0,0724%, Lestari dan Setiarso (2021) menggunakan gel elektrolit dengan PEG 400 dan *dye* ekstrak Betalain Umbi Bit mendapatkan efisiensi sebesar 0,004%, Imes (2022) menggunakan gel elektrolit dengan bahan pengental gum xhantan berkonsentrasi 3% mendapatkan efisiensi sebesar 0,0185%, dan Julianti (2019) juga mengeksplorasi penggunaan elektrolit gel pada *DSSC* dengan sintesis senyawa basa Schiff dengan variasi elektrolit gel dilakukan menggunakan larutan PEG dengan konsentrasi 0,025 M, 0,05 M, dan 0,1 M. Hasil pengujian *DSSC* menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi sebesar 0,08% dicapai pada konsentrasi larutan PEG 0,1 M.

Meskipun elektrolit gel menunjukkan sejumlah kelebihan, elektrolit gel juga memiliki beberapa kekurangan dan kelemahan. Salah satu tantangan utama adalah terkait dengan masalah penyegelan dan kebocoran, yang tetap menjadi hambatan utama walau dengan manipulasi elektrolit secara kimia. Di lain sisi beberapa perbedaan dalam kategori elektrolit gel, seperti jenis matriks polimer atau gelator yang digunakan, dapat mempengaruhi kinerja dan aplikabilitasnya dalam berbagai konteks (Iftikhar *et al.*, 2019). Penelitian yang memanipulasi *DSSC* secara fisik untuk mengurangi laju penguapan masih sangatlah langka. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan mempelajari performa pada *DSSC* dengan aplikasi variasi jumlah lapisan *fiber tissue* sebagai media isolasi elektrolit dengan ekstrak *dye* buah senduduk dan ekstrak *dye* daun eceng gondok.

## **1.2. Tujuan**

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari penggunaan variasi jumlah lapisan *fiber tissue* sebagai media penyerap elektrolit terhadap kinerja *dye sensitized solar cell* pada dua jenis *dye*.

## **1.3. Hipotesis**

Diduga penggunaan jumlah lapisan *fiber tissue* tertentu sebagai media penyerap elektrolit dapat meningkatkan performa *dye sensitized solar cell* (khususnya efisiensi) baik pada tanaman eceng gondok maupun senduduk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrian, N., Sutikno dan Putra, N. M. D., 2015. Karakterisasi Prototipe Sel Surya Organik Berbahan Dasar Ekstrak Bawang Merah yang Difabrikasi dengan Metode Spincoating. *Unnes Physics Journal*, 4(1), 17-25.
- Ai, N. S. dan Banyo, Y., 2011. Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2): 166-173.
- Alizadeh, A., Roudgar-Amoli, M., Bonyad-Shekalgourabi, S. M., Shariatinia, Z., Mahmoudi, M., dan Saadat, F. 2022. *Dye sensitized solar cells go beyond using perovskite and spinel inorganic materials: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157: 112047.
- Andari, R., 2017. Sintesis dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* dengan Sensitizer Antosianin dari Bunga Rosella. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 13(4): 88-95.
- Ardiani, P., 2010. Efektivitas Katalis  $\text{TiO}_2$  dengan Pengemban  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  pada Fotodegradasi Zat Warna Rhodamine B. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Ardianto, R., Nugroho, W., A., dan Sutan, S. M., 2015. 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 Titanium Dioksida. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(3): 325-337.
- Arifin, N. L., 2015. Pengaruh Sonikasi Bertahap dalam Proses Degradasi Kitosan terhadap Komposisi dan Properti Produk. *Thesis*. Fakultas Teknologi Industri. Institut Sepuluh Nopember.
- Cai, X., Jiang, Z. dan Zhang, X., 2018. Effect of Tip Sonication Parameter on Liquid Phase Exfoliation of Graphite into Graphite Nanoplatelets. *Nanoscale Research Letters*, 13: 241.
- Calbo, J., 2019. *Dye-Sensitized Solar Cells: Past, Present and Future. Photoenergy and Thin Film Materials*, 49-119.
- Candani, D., Ulfah, M., Noviana, W. dan Zainul, R., 2018. Pemanfaatan Teknologi Sonikasi. *Artikel*. Universitas Negeri Padang.
- Chadijah, S., Dahlan, D. dan Harmadi., 2016. Pembuatan *Counter Electrode Karbon* untuk Aplikasi Elektroda *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 8(2): 78-86.

- Daniswara, A., Raydiska, G., & Timotius, Y. (2020). Strategi Implementasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* di Indonesia. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 4(2).
- Dewi, N. A., Nurosyid, F., Supriyanto, A. dan Suryana, R., 2016. Pengaruh Ketebalan Elektroda Kerja TiO<sub>2</sub> Transparan terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* sebagai Aplikasi Solar Window. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(2), 73-78.
- Fitria, H., Handayani, R, D., Lesmono, A, D., 2016. 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.
- Fitriya, H., Handayani, R, D., Lesmono, A, D., 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.
- Fuadi, A., 2012. Ultrasonik sebagai Alat Bantu Ekstraksi Oleoresin Jahe. *Jurnal Teknologi*, 12(1), 14-21.
- Gibson, M., Kasman dan Iqbal., 2017. Analisa Kualitas Klorofil Daun Jarak Kepyar (*Ricinus comunis L.*) sebagai Bahan Pewarna pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Penelitian Sains*, 16(2): 31-40.
- Gusti, M. M. dan Wrolstad, R. E., 2001. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1.2.1-F2.2.13.
- Hardani, Muhammad, H., Darmawan, I., Cari dan Supriyanto, A., 2016. Pengaruh Konsentrasi Ruthenium (N719) sebagai Fotosensitizer dalam *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)* Transparan. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 12(3): 104-108.
- Hardeli, Suwardani, Riky, Fernando, Maulidis, Ridwan, S., 2013. *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* Berbasis Nanopori TiO<sub>2</sub> Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami. *Prosiding Semirata FMIPA*, Universitas Lampung.
- Hardian, A., Mudzakir, A., dan Sumarna, O. 2010. Sintesis dan karakterisasi kristal cair ionik berbasis garam fatty imidazolinium sebagai elektrolit redoks pada sel surya tersensitisasi zat warna. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*, 1(1), 7-16.
- Hikmah, I., dan Prajitno, G. 2015. Pengaruh Penggunaan *Gel-Electrolyte* pada Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* berbasis TiO<sub>2</sub> Nanopartikel dengan Ekstrak Murbei (*Morus*) sebagai *Dye Sensitizer* pada Substrat Kaca ITO. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(1) : B5-B10.

- Iftikhar, H., Sonai, G. G., Hashmi, S. G., Nogueira, A. F., dan Lund, P. D. 2019. *Progress on electrolytes development in dye-sensitized solar cells. Materials*, 12(12), 1998.
- Iwantono, T. E., Taslim, R. dan Lestari, L. R., 2014. Sel Surya Fotoelektrokimia dengan Menggunakan Nanopartikel Platinum sebagai Elektroda *Counter Growth. Artikel*. Universitas Riau.
- Julianti, T. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Basa Schiff dari Salisilaldehida dan Etilendiamina Sebagai Sensitizer dengan Variasi Elektrolit Gel dalam Kinerja *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)*.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2015. *Statistik Ketenagalistrikan*. Jakarta.
- Kurniawan, M., Izzati, M. dan Nurchayati, Y., 2010. Kandungan Klorofil, Karotenoid dan Vitamin C pada Beberapa Spesies Tumbuhan Akuatik. *buletin Anatomi dan Fisiologi*, 18(1): 28-40.
- Lee, H. F., Kai, J. J., Liu, P. C., Chang, W. C., Ouyang, F. Y., dan Chan, H. T. 2012. *A comparative study of charge transport in quasi-solid state dye-sensitized solar cells using polymer or nanocomposite gel electrolytes. Journal of Electroanalytical Chemistry*, 687, 45-50.
- Lestari, E. A. I., dan Setiarso, P., 2021. Studi Elektrokimia Ekstrak Betalain Umbi Bit sebagai Pewarna Alami *DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)*. *Unesa Journal of Chemistry*, 10(3) : 318-325.
- Mabruroh, I., 2019. *Performa Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Variasi Lama Perendaman Pasta Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) dalam Dye dan Intensitas Cahaya. Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Marlina, E., 2016. Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit terhadap Produksi *Brown's Gas*. *Info Teknik*, 17(2): 187-196.
- Maulina, A., Hardeli, dan Bahrizal., 2014. Preparasi *Dye Sensitized Solar Cel* Menggunakan Ekstrak Antosianin Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L*) *Jurnal Sainstek*. 6(2) : 158-167.
- Maryani, D., Gunawan, G., dan Khabibi, K. 2012. Penentuan Efisiensi *DSSC (Dye-Sensitized Solar Cell)* yang Dibuat dari Semikonduktor ZnO yang diemban Fe<sup>3+</sup> Melalui Metode Presipitasi. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 15(1), 29-35.
- Mashari, R. M., Afandi, A. N. dan Prihanto, D., 2018. Penggunaan Klorofil Gaharu sebagai *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan*, 2(1): 53-57.



- Mason, T. J. dan Lorimer, J. P., 2002. *Applied Sonochemistry: The Uses of Power Ultrasonic in Chemistry and Processing*. Weinheim (DE): Wiley-VCH Verlag GmbH and Co.
- Megawati, N., Artanti, H., dan Mulyani. 2020. Pengaruh Perbedaan Pelarut Asam Pada Ekstraksi Antosianin Bunga Dadap Merah Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction*. *Journal of Chemical Process Engineering*. 5(1) : 33-39.
- Muchammad dan Setiawan, H., 2011. Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 Wp dengan Penambahan Reflektor. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. UWH, Semarang: 45-50.
- Muliani, L., Rosa, E. S., Hidayat, J., Shobih, Yuliarto, B., 2012. Pembuatan Sel Surya Berbasis *Dye-Sensitized* Menggunakan Substrat Fleksibel. *Artikel*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Mujumdar, A. S., 2006. *Handbook of industrial drying, revised and expanded* (Vol.1). Department of Chemical Engineering. McGill University.
- Munasir, M., dan Mustaghfiri, M. A. 2023. *Green synthesis of TiO<sub>2</sub> nanoparticles: dye-sensitized solar cells (DSSC) Applications: a review*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 12(2): 10-29.
- Natsir, A. (2019). Studi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Hasil Ekstraksi Buah (*Antidesma bunius*). *Skripsi*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Ningsih, R.W., 2020. Performa *Dye Sensitized Solar Cell* Menggunakan Pemeka Cahaya dari Ekstraksi Klorofil Daun Eceng Gondok dengan Metode *Ultrasonic Assisted Extraction*. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya.
- Parisi M. L., Maranghi S., Basosi R., 2014. *The evolution of the dye sensitized solar cells from Gratzel prototype to up-scaled solar applications: a life cycle assessment approach*, *Renew Sustain Energy Rev*. 39, pp.124-138.
- Pasunu, C., Ruslan. dan Hardi., 2017. Penentuan Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Ekstrak Buah Kaktus (*Opuntia elatior* Mill.). *Jurnal Riset Kimia*, 3(3): 285-291.
- Pertamawati., 2010. Pengaruh Fotosintesis terhadap Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) dalam Lingkungan Fotoautotrof Secara Invitro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 12(1): 31-37.
- Posumah, D., 2017. Uji Kandungan Klorofil Daun Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Melalui Pemanfaatan Beberapa Pupuk Organik Cair. *Jurnal MIPA Unsrat Online*, 6(2): 101-104.

- Pratiwi, D. D., 2016. Variasi Komposisi Zat Pewarna Terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)*. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Prima, E. C., 2013. Studi Performansi *Natural Dye Sensitized Solar Cell* Menggunakan Fotoelektrode TiO<sub>2</sub> Nanopartikel. *Thesis*. Institut Teknologi Bandung.
- Priska, M., Peni, N., Carvallo, L., dan Ngapa, Y.D., 2018. Review : Antosianin Dan Pemanfaatannya. *Jurnal Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*. 6(2): 79-97.
- Purwaniati, Arif, A. R. dan Yuliantini, A. 2020. Analisis Kadar Antosianin Total pada Sediaan Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) dengan Metode pH Diferensial Menggunakan Spektrofotometri Visible. *Jurnal Farmagazine*. 7(1): 18-23.
- Purwoto, B. H., Jatmiko., Alimul, M. F. dan Huda, I. F., 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknik Elektro*, 18(1): 10-14.
- Puspitasari, N., Silviyanti, N. A., Yudoyono, G., Prajitno, G., Rubiyanto, A. dan Endarko., 2018. Pengaruh Ketebalan Lapisan TiO<sub>2</sub> terhadap Performasi *Dye Sensitized Solar Cell*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 14(1): 12-15.
- Rakhman, D. F., 2014. Pengaruh Variasi Konsentrasi Klorofil terhadap Daya Keluaran *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Ramadhani, R. dan Octarya, Z., 2017. Pemanfaatan Ekstrak Buah Senduduk (*Melastoma malabathricum L.*) sebagai Alternatif Indikator Alami Titrasi Asam Basa dan Implementasinya dalam Praktikum Sekolah. *Jurnal Elektronik*, 1(1): 58-64.
- Ranti, A. D., Amri, A. dan Yelmida., 2016. Pengaruh Ketebalan Coating TiO<sub>2</sub> dan Konsentrasi Pelarut Etanol terhadap Voltase *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Ekstrak Buah Senggani (*Melastoma candidum D. Don*). *Jom FTEKNIK*, 3(1): 1-7.
- Sari, E. R., Nova, A., dan Sahitri, L. S. L., 2016. Skrining Senyawa Sitotoksik dari Ekstrak Daun, Bunga, Buah, Batang dan Akar pada Tumbuhan Senduduk (*Melastoma malabathricum L.*) Terhadap Larva *Artemia salina* Leach dengan Metode Brine Shrimp Lethality Bioassay. *SCIENTIA: Jurnal Farmasi dan Kesehatan*. 6(1): 66 -72.
- Sarkar, A., Bera, S., dan Chakraborty, A. K. 2020. *CoNi<sub>2</sub>S<sub>4</sub>-reduced graphene oxide nanohybrid: An excellent counter electrode for Pt-free DSSC*. *Solar Energy*, 208: 139-149.

- Semalti, P., dan Sharma, S. N. 2020. *Dye sensitized solar cells (DSSCs) electrolytes and natural photo-sensitizers: a review. Journal of nanoscience and nanotechnology*, 20(6): 3647-3658.
- Sholihah, M., Ahmad, U. dan Budiastira, I. W., 2017. Aplikasi Gelombang Ultrasonik untuk Meningkatkan Rendemen Ekstraksi dan Efektivitas Antioksidan Kulit Manggis. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 5(2): 161-168.
- Subodro, R., 2016. Preparasi Elektrolit sebagai Pentransfer Elektron pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal AUTINDO Politeknik Indonusa Surakarta*, 1(3): 29-32.
- Sukardi, S., Kiswaya, S. M., dan Pranowo, D. 2018. Antosianin ekstrak ubi jalar ungu kering untuk donor elektron sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT). *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 133-142.
- Supriyanto, Ulum, M. S. dan Iqbal., 2016. Potensi Daun Biduri (*Calotropia gigantea*) sebagai Bahan Aktif *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Online of Natural Science*, 5(2): 132-139.
- Suranti, Meri. 2020. Ekstraksi Daun Eceng Gondok Dengan Metode *Microwave Assisted Ektraction* Sebagai Pemeka Cahaya *Dye Sensitized Solar Cell*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya.
- Tensiska, Sukarminah, E., dan Natalia, D., 2017. Ekstraksi Pewarna Alami dari Buah Arben (*Rubus idaeus (Lin.)*) dan Aplikasinya pada Sistem Pangan. *Jurnal Teknol dan Industri Pangan*. 18(1) : 25-31.
- Ting C-C. dan Chao W-S., 2010, *Efficiency improvement of the DSSCs by building the carbon black as bridge in photoelectrode*, *Applied Energy*, 87(8) : 2500–2505.
- Tran, Q. P., J.S. Fang, T.S. Chin. 2015. Properties of Fluorine-Doped SnO<sub>2</sub> Thin Films by a Green Sol–Gel Method, *Materials Science in Semiconductor Processing*, 40: 664-669.
- Windi, S. D., Latief, T., dan Pratama, F. 2017. Dye Sensitized Solar Cell Dengan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) Sebagai Pemeka Cahaya. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- World Energy Council. 2016. *World Energy Resources. World Energy Council Report*, London.
- Yuliarosa, R., 2019. *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Variasi Pemeka Cahaya dan Intensitas Cahaya. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.