

**SKRIPSI**

**PENGARUH KONSENTRASI *NATURAL DYE* TUMBUHAN  
BUNGUR (*Lagerstroemis speciosa*) TERHADAP KINERJA *DYE*  
*SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)***

***THE EFFECT OF NATURAL DYE CONCENTRATION OF  
BUNGUR (*Lagerstroemis speciosa*) ON THE PERFORMANCE OF  
DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)***



**Gusniar Paulin Ariyani  
05021181823016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

## RINGKASAN

**GUSNIAR PAULIN ARIYANI.** Pengaruh Konsentrasi *Natural Dye* Tumbuhan Bungur (*Lagerstroemias speciosa*) Terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (*DSSC*) (Dibimbing oleh **HAISEN HOWER**).

*Dye Sensitized Solar Cell* (*DSSC*) dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik menggunakan *dye* sebagai *sensitizer*. *Dye* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu zat klorofil dari ekstrak daun bungur dan zat antosianin dari ekstrak bunga bungur yang diberi perlakuan variasi konsentrasi yakni 2, 4, 6, 8, dan 10% pada pelarut *methanol*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh variasi konsentrasi *dye* yang berbeda terhadap kinerja *DSSC*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2021 hingga bulan Februari 2022 di Laboratorium Biosistem dan Laboratorium Kimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode deskriptif dengan tahapan penelitian diantaranya persiapan struktur *DSSC*, penyusunan dan perangkaian *DSSC*, dan pengujian *DSSC*. Parameter yang diamati adalah kadar klorofil daun bungur dan antosianin bunga bungur, arus dan tegangan, daya, faktor pengisian, dan efisiensi *DSSC*. Pada perhitungan kadar pigmen *dye*, kadar klorofil tertinggi terdapat pada sampel daun bungur konsentrasi 10% yaitu sebesar 7,16 mg/L sedangkan kadar antosianin tertinggi terdapat pada sampel bunga bungur konsentrasi 10% yaitu sebesar 0,58 mg/L. Nilai efisiensi tertinggi sampel *DSSC* daun bungur terdapat pada konsentrasi 8% sebesar 0,0114%, dengan nilai kinerja kelistrikan yang dihasilkan adalah  $I_{sc}$  : 0,0114 mA,  $V_{oc}$  : 0,556 V,  $I_{max}$  : 0,0085 mA,  $V_{max}$  : 0,440 V,  $P_{output}$  : 0,00374 mW, dan FF : 0,5901. Pada sampel *DSSC* bunga bungur, efisiensi tertinggi yaitu pada sampel konsentrasi 10% sebesar 0,0151%, dengan nilai kinerja kelistrikan yang dihasilkan adalah  $I_{sc}$  : 0,0126 mA,  $V_{oc}$  : 0,723 V,  $I_{max}$  : 0,0102 mA,  $V_{max}$  : 0,528 V,  $P_{output}$  : 0,00539 mW, dan FF : 0,5912.

Kata kunci : *DSSC*, efisiensi, kadar pigmen, kinerja kelistrikan, konsentrasi *dye*

## SUMMARY

**GUSNIAR PAULIN ARIYANI.** The Effect of Natural Dye Concentration of Bungur (*Lagerstroemis speciosa*) on The Performance of *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* (Guided by **HAISEN HOWER**).

*Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* can convert solar energy into electrical energy using dye as a sensitizer. The dyes used in this study were chlorophyll from the extract of bungur leaves and anthocyanins from the extract of bungur flowers which were treated with various concentrations of 2, 4, 6, 8, and 10% in methanol solvent. The purpose of this study was to study the effect of different dye concentrations on the performance of *DSSC*. This research was conducted from October 2021 to February 2022 at the Biosystem Laboratory and Chemical Laboratory of Agricultural Products, Department of Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University. The research method used is descriptive method with research stages including preparation of *DSSC* structure, *DSSC* preparation and assembly, and *DSSC* testing. The parameters observed were the chlorophyll content of the leaves and the anthocyanin of the curcas, the current and voltage, the power, the fill factor, and the efficiency of the *DSSC*. In the calculation of *dye* pigment levels, the highest chlorophyll content was found in the 10% concentration of bungur leaf sample, which was 7.16 mg/L, while the highest anthocyanin level was found in the 10% bungur flower sample, which was 0.58 mg/L. The highest efficiency value of the *DSSC* sample of bungur leaf is at a concentration of 8% of 0.0114%, with the value of the electrical performance produced is  $I_{sc} : 0,0114 \text{ mA}$ ,  $V_{oc} : 0,556 \text{ V}$ ,  $I_{max} : 0,0085 \text{ mA}$ ,  $V_{max} : 0,440 \text{ V}$ ,  $P_{output} : 0,00374 \text{ mW}$ , and  $FF : 0,5901$ . In the flower *DSSC* sample, the highest efficiency is in the 10% concentration sample of 0.0151%, with the resulting electrical performance value is  $I_{sc} : 0,0126 \text{ mA}$ ,  $V_{oc} : 0,723 \text{ V}$ ,  $I_{max} : 0,0102 \text{ mA}$ ,  $V_{max} : 0,528 \text{ V}$ ,  $P_{output} : 0,00539 \text{ mW}$ , and  $FF : 0,5912$ .

Keywords: *DSSC*, efficiency, pigment content, electrical performance, dye concentration

**SKRIPSI**

**PENGARUH KONSENTRASI *NATURAL DYE* TUMBUHAN  
BUNGUR (*Lagerstroemis speciosa*) TERHADAP KINERJA *DYE*  
*SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)***

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



**Gusniar Paulin Ariyani**  
**05021181823016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH KONSENTRASI *NATURAL DYE* TUMBUHAN  
BUNGUR (*Lagerstroemis speciosa*) TERHADAP KINERJA *DYE*  
*SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)***

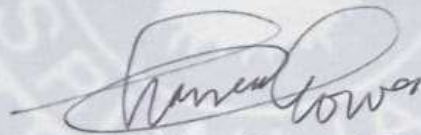
**SKRIPSI**

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

Oleh :

**Gusniar Paulin Ariyani**  
05021181823016

Indralaya, Mei 2022  
Pembimbing



**Ir. Haisen Hower, MP.**  
NIP. 196612091994031003

Mengetahui:

Dekan Fakultas Pertanian



**Dr. A. Muslim, M.Agr**  
NIP. 196412291990011001

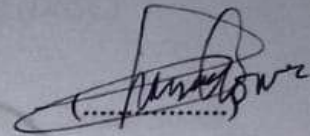


Skripsi dengan judul "Pengaruh Konsentrasi *Natural Dye* Tumbuhan Bungur (*Lagerstroemis speciosa*) Terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*" oleh Gusniar Paulin Ariyani telah dipertahankan komisi penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 April 2022 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan dari tim penguji.

Komisi Penguji

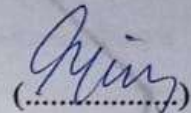
1. Ir. Haisen Hower, M.P.  
NIP. 196612091994031003

Pembimbing



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

Penguji

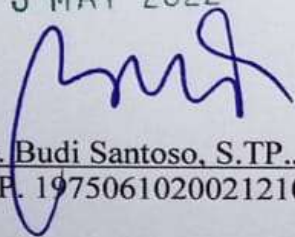


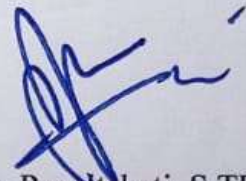
Indralaya, Mei 2022

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknologi Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Pertanian

Koordinator Program Studi  
Teknik Pertanian

23 MAY 2022

  
Dr. Budi Santoso, S.TP., M.Si  
NIP. 197506102002121002

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

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gusniar Paulin Ariyani

NIM : 05021181823016

Judul : Pengaruh Konsentrasi *Natural Dye* Tumbuhan Bungur (*Lagerstroemis speciosa*) Terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat dalam hasil penelitian ini adalah hasil pengamatan dan investigasi sendiri, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila di kemudian 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 menerima paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Mei 2022



Gusniar Paulin Ariyani

## **RIWAYAT HIDUP**

Nama lengkap penulis adalah Gusniar Paulin Ariyani. Penulis dilahirkan pada tanggal 29 Agustus 2001 di Gunung Kidul. Penulis merupakan anak dari kedua orang tua, Bapak Sumarno dan Ibu Tujinem. penulis merupakan anak sulung dari dua bersaudara.

Penulis merupakan lulusan dari Sekolah Dasar Negeri 200 Muaro Jambi .pada tahun 2012 Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama yaitu di SMP Negeri 45 Muaro Jambi lulus pada tahun 2015 dan melanjutkan sekolah menengah atas yaitu di SMA Negeri 4 Muaro Jambi serta lulus pada tahun 2018. Pada bulan Agustus 2018 penulis tercatat sebagai mahasiswa pada Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Penulis juga mengikuti beberapa organisasi yaitu sebagai anggota Departemen Kesekretariatan Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATETA) Universitas Sriwijaya tahun 2018/2019, anggota Departemen Akademik Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATETA) tahun 2019/2020, Staff ahli Dinas Advokasi Kampus BEM KM FP UNSRI tahun 2021/2022, dan anggota Ikatan Mahasiswa Teknik Pertanian Indonesia (IMATETANI).

Penulis telah melaksanakan kegiatan KKN angkatan 94 di desa Mangkunegara Induk, Kecamatan Penukal, Kabupaten PALI pada bulan Juni 2021 hingga bulan Juli 2021. Penulis juga telah menyelesaikan kegiatan Praktek Lapangan di UMKM Mbak Atin, Kota Pagaram dalam meninjau proses pengolahan produk makanan.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat serta berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Konsentrasi *Natural Dye* Tumbuhan Bungur (*Lagerstroemis speciosa*) Terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*”**.

Skripsi ini merupakan salah satu mata kuliah wajib sebagai prasyarat menyelesaikan jenjang S-1 di Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, yang bertujuan agar penulis dapat mengetahui bagaimana kinerja kelistrikan dari *DSSC* menggunakan *dye* bubuk ekstrak daun dan bunga bungur dengan variasi konsentrasi *dye*.

Terima kasih kepada Bapak Ir. Haisen Hower, MP. selaku Pembimbing yang telah memberikan pengarahan, saran, masukan, dan motivasi dalam penulisan proposal penelitian ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orangtua dan keluarga yang memberikan do'a dan dukungan. Kepada dosen pengajar yang telah membagi ilmu dan teman-teman yang selalu memberi semangat serta seluruh pihak terkait yang membantu penyusunan skripsi ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bila ada kekurangan dalam penulisan dan hasil penelitian dalam skripsi ini. Semoga informasi dan pengetahuan yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Indralaya, Mei 2022

Gusniar Paulin Ariyani

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, berkat izin dan rahmat yang Allah SWT. berikan kegiatan penelitian ini dapat diselesaikan. Kepada teladan umat Islam, Nabi Muhammad SAW. yang telah mengajarkan jalan kemuliaan hidup dari hal kecil yang berdampak besar terhadap kehidupan, semoga shalawat dan salam yang diucapkan menjadi syafaat dan penolong ummatnya di hari perhitungan kelak. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada pihak yang turut memudahkan, mendukung dan membantu kegiatan penelitian ini antara lain :

1. Rektor Universitas Sriwijaya
2. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya
3. Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya
4. Koordinator Program Studi Teknik Pertanian dan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya
5. Bapak Ir. Haisen Hower, MP. selaku pembimbing skripsi dan pembimbing akademik yang telah memberikan dukungan, material, nasehat, dan do'a kepada penulis sehingga penulis dibimbing dengan baik dalam akademik dan mampu menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Tidak lupa ilmu yang telah beliau berikan sehingga memberikan informasi dan pengetahuan baru bagi penulis, semoga ilmu yang diberikan beliau menjadi amal jariyah. Aamiin Ya Rabbal 'Alamin.
6. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Sumarno dan Ibu Tujinem yang selalu mendoakan kebaikan penulis dan memberikan dukungan baik material dan moril yang tidak dapat penulis gambarkan betapa besar manfaatnya bagi penulis. Semoga semua kerja keras yang beliau lakukan demi penulis dalam menyelesaikan perkuliahan ini Allah SWT balas dengan kemuliaan baik di dunia maupun di akhirat. Aamiin Ya Rabbal'Alamin.
7. Kepada Mas Andri, Siwo, dan Lelek yang selalu memberikan dukungan, doa, dan materi kepada penulis agar menjalani kuliah dengan baik. Serta Daffa, selaku adik dari penulis yang telah memberi semangat, doa, dan dukungan.

8. Bapak Prof. Dr. Ir. Tamrin, M. Si. selaku penguji yang telah menyempatkan waktu dan bersedia menjadi penguji skripsi penulis, serta saran, ilmu, dukungan yang beliau berikan kepada penulis sehingga memberikan arahan dalam penulisan skripsi ini.
9. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar program studi Teknik Pertanian dan Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan ilmu, do'a, arahan, dan dukungan kepada penulis sebagai penuntun dalam menyelesaikan perkuliahan di program studi Teknik Pertanian, jurusan Teknologi Pertanian.
10. Staf administrasi akademik dan analis jurusan Teknologi Pertanian yang telah membantu dan memudahkan penulis dalam mengurus berkas dan data yang berkaitan dengan kelancaran kegiatan penyelesaian S1 penulis.
11. Kepada kakak tingkat angkatan 2016 yaitu Kak Ratna, Kak Kamal, Kak Anis, Dan Kak Ulfa, serta kakak tingkat angkatan 2017 yaitu Kak Irma, Kak Veni, Dan Kak Eni yang telah memberikan ilmu, waktu, dukungan, do'a, dan arahan yang beliau berikan kepada penulis. Semoga semua yang diberikan beliau Allah balas dengan kebaikan dan kemudahan.
12. Kepada teman penelitian yaitu Sari Puspa dewi dan Rapi Agustri. Terima kasih atas suka dan duka selama penelitian, dan terimakasih atas bantuan, dukungan, dan perannya selama penelitian dan skripsi. Semoga Allah senantiasa melindungi kalian dari hal-hal buruk dan selalu memberikan rahmat dan berkahnya.
13. Kepada teman satu pembimbing akademik angkatan 2018, Sari, April, Della, Fahrul, Yusril, Brama, dan Budi yang saling memberi dukungan dan bantuan demi terselesaikannya tugas akhir dengan baik.
14. Kepada keluarga besar Teknik Pertanian angkatan 2018 yang telah memberikan kisah suka dan duka hampir selama 4 tahun. Terimakasih atas bantuan, dukungan, dan doa yang telah diberikan. Hingga penulis dapat menyelesaikan kuliah dengan baik, memberikan dan berbagi ilmu selama kuliah. Semoga Allah selalu melindungi kita semua dan mempertemukan kita kelak dalam keadaan sukses. Aamiin Ya Rabbal'Alamin.
15. Terimakasih kepada sahabatku sejak kecil, Syntiya Dewi atas dukungan, bantuan, dan doa yang selalu diberikan. Terimakasih selalu menjadi tempat

berkeluh kesah selama hidup. Kepada teman saat kuliah, Mona, Ressy, dan Sari, terimakasih telah memberikan dukungan, semangat, menjadi tempat curhat dan menemani penulis sampai di titik ini.

16. Kepada teman sefrekuensi, Fehbi, Budi, Brama, Julianto, Yusril, Kadek, Albert, Anjas, yang telah menemani dan memberikan bantuan selama perkuliahan dan wahyu yang telah membantu saat penelitian.
17. Kepada Netral Adrian yang telah memberikan semangat, bantuan, dan motivasi untuk menyelesaikan penelitian.
18. Kepada penghuni nopal kost, Arif, Diana, Angel, Jali, Heru, Mona, Anjas, dan Albert yang telah memberikan dukungan, dan semangat.
19. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya, yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
20. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I recieve, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times.*

Indralaya, Mei 2022

Gusniar Paulin Ariyani

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	4
1.3. Hipotesis .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Energi Matahari .....	5
2.2. <i>Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)</i> .....	5
2.3. Prinsip Kerja <i>DSSC</i> .....	6
2.4. Komponen Penyusun <i>DSSC</i> .....	7
2.4.1. Kaca Substrat .....	8
2.4.2. Pasta TiO <sub>2</sub> .....	8
2.4.3. Larutan Elektrolit .....	10
2.4.4. Katalis pada Elektroda Pembanding .....	10
2.4.5. <i>Dye</i> (Zat Warna).....	11
2.5. Pigmen Klorofil .....	12
2.6. Pigmen Antosianin .....	13
2.7. Tumbuhan Bungur .....	14
2.8. Metode Ekstraksi Maserasi .....	15
2.9. Metode <i>Foam Mat Drying</i> .....	16
2.10. Konsentrasi <i>Dye</i> .....	17
2.11. Kinerja dan Efisiensi <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> .....	18
2.11.1. Absorbansi .....	18
2.11.2. Arus dan Tegangan .....	19
2.11.3. Daya .....	20



	<b>Halaman</b>
2.11.4. <i>Fill Factor</i> .....	20
2.11.5. Efisiensi .....	20
<b>BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1. Tempat dan Waktu .....	21
3.2. Alat dan Bahan .....	21
3.3. Metode Penelitian .....	21
3.4. Cara Kerja .....	22
3.4.1. Persiapan Struktur <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> .....	22
3.4.1.1. Pemotongan Kaca Substrat .....	23
3.4.1.2. Pembuatan <i>Sensitizer</i> .....	23
3.4.1.3. Pembuatan Konsentrasi <i>Dye</i> .....	24
3.4.1.4. Pembuatan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	24
3.4.1.5. Pembuatan <i>Working Electrode</i> dan <i>Counter Electrode</i> .....	25
3.4.2. Penyusunan dan Perangkaian Lapisan <i>DSSC</i> .....	25
3.4.3. Pengujian Susunan <i>DSSC</i> .....	26
3.5. Parameter Penelitian .....	26
3.5.1. Kandungan Klorofil Daun Bungur.....	26
3.5.2. Kandungan Antosianin Bunga Bungur .....	27
3.5.3. Pengukuran Arus dan Tegangan .....	28
3.5.4. Perhitungan Daya .....	28
3.5.5. Perhitungan <i>Fill Factor</i> .....	29
3.5.6. Perhitungan Efisiensi <i>DSSC</i> .....	29
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Kadar Pigmen <i>Dye</i> .....	30
4.1.1. Kadar Klorofil <i>Dye</i> Ekstrak Daun Bungur .....	30
4.1.2. Kadar Antosianin <i>Dye</i> Ekstrak Bunga Bungur .....	31
4.2. Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan (I-V).....	33
4.2.1. <i>DSSC</i> DB 1 ( <i>Dye</i> Daun Bungur Konsentrasi 2%) .....	35
4.2.2. <i>DSSC</i> DB 2 ( <i>Dye</i> Daun Bungur Konsentrasi 4%) .....	36
4.2.3. <i>DSSC</i> DB 3 ( <i>Dye</i> Daun Bungur Konsentrasi 6%) .....	36
4.2.4. <i>DSSC</i> DB 4 ( <i>Dye</i> Daun Bungur Konsentrasi 8%) .....	37

	<b>Halaman</b>
4.2.5. <i>DSSC</i> DB 5 ( <i>Dye</i> Daun Bungur Konsentrasi 10%) .....	38
4.2.6. <i>DSSC</i> BB 1 ( <i>Dye</i> Bunga Bungur Konsentrasi 2%).....	38
4.2.7. <i>DSSC</i> BB 2 ( <i>Dye</i> Bunga Bungur Konsentrasi 4%) .....	39
4.2.8. <i>DSSC</i> BB 3 ( <i>Dye</i> Bunga Bungur Konsentrasi 6%).....	40
4.2.9. <i>DSSC</i> BB 4 ( <i>Dye</i> Bunga Bungur Konsentrasi 8%) .....	40
4.2.10. <i>DSSC</i> BB 5 ( <i>Dye</i> Bunga Bungur Konsentrasi 10%) .....	41
4.3. Perhitungan Daya .....	41
4.3.1. Perhitungan Daya <i>DSSC</i> Daun Bungur .....	42
4.3.1. Perhitungan Daya <i>DSSC</i> Bunga Bungur .....	43
4.4. Perhitungan <i>Fill Factor</i> (Faktor Pengisian) .....	44
4.4.1. Perhitungan <i>Fill Factor</i> <i>DSSC</i> Daun Bungur .....	45
4.4.2. Perhitungan <i>Fill Factor</i> <i>DSSC</i> Bunga Bungur .....	45
4.5. Perhitungan Efisiensi <i>DSSC</i> .....	46
4.5.1. Pengaruh Konsentrasi Terhadap Efisiensi .....	46
4.5.2. Pengaruh Bagian Tanaman Terhadap Efisiensi .....	48
4.5.3. Interaksi Pengaruh Konsentrasi dan Bagian Tanaman Terhadap Efisiensi.....	50
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>52</b>
5.1. Kesimpulan .....	52
5.2. Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>61</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. Prinsip kerja <i>DSSC</i> .....	6
Gambar 2.2. Komponen penyusun <i>DSSC</i> .....	7
Gambar 2.3. Spektrum gelombang cahaya tampak .....	12
Gambar 2.4. Struktur sianidin .....	14
Gambar 2.5. Tumbuhan bungur .....	15
Gambar 2.6. Kurva arus dan tegangan .....	19
Gambar 4.1. Grafik kadar klorofil total <i>dye</i> daun bungur .....	30
Gambar 4.2. Grafik kadar antosianin <i>dye</i> bunga bungur .....	32
Gambar 4.3. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> DB 1 .....	35
Gambar 4.4. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> DB 2 .....	36
Gambar 4.5. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> DB 3 .....	36
Gambar 4.6. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> DB 4 .....	37
Gambar 4.7. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> DB 5 .....	38
Gambar 4.8. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> BB 1 .....	38
Gambar 4.9. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> BB 2 .....	39
Gambar 4.10. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> BB 3 .....	40
Gambar 4.11. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> BB 4 .....	40
Gambar 4.12. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> BB 5 .....	41
Gambar 4.13. Daya masukan ( $P_{input}$ ) sampel <i>DSSC</i> daun Bungur .....	42
Gambar 4.14. Daya keluaran ( $P_{output}$ ) sampel <i>DSSC</i> daun Bungur .....	43
Gambar 4.15. Daya masukan ( $P_{input}$ ) sampel <i>DSSC</i> bunga Bungur .....	43
Gambar 4.16. Daya keluaran ( $P_{output}$ ) sampel <i>DSSC</i> bunga Bungur .....	44
Gambar 4.17. Nilai <i>fill factor</i> sampel <i>DSSC</i> daun bungur .....	45
Gambar 4.18. Nilai <i>fill factor</i> sampel <i>DSSC</i> bunga bungur .....	46
Gambar 4.19. Pengaruh efisiensi terhadap konsentrasi sampel <i>DSSC</i> .....	47
Gambar 4.20. Pengaruh bagian tanaman (daun dan bunga bungur) terhadap efisiensi .....	48
Gambar 4.21. (a). Efisiensi daun bungur, (b). Efisiensi bunga bungur .....	50

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Perbandingan pigmen klorofil a dan klorofil b.....	13
Tabel 2.1. Skala spektrum cahaya tampak.....	18
Tabel 4.1. Nilai karakteristik kelistrikan <i>DSSC</i> dengan variasi konsentrasi <i>dye</i> daun bungur (DB) dan bunga bungur (BB) .....	34
Tabel 4.2. Efisiensi dan rata-rata Sampel <i>DSSC</i> daun bungur dan bunga bungur.....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Diagram alir penelitian .....	61
Lampiran 2. Diagram alir pembuatan <i>dye</i> bubuk .....	62
Lampiran 3. Perhitungan konsentrasi <i>dye</i> .....	63
Lampiran 4. Hasil pengukuran nilai absorbansi <i>dye</i> daun bungur .....	65
Lampiran 5. Hasil pengukuran nilai absorbansi <i>dye</i> bunga bungur .....	68
Lampiran 6. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> DB1 (2%) .....	70
Lampiran 7. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> DB2 (4%) .....	71
Lampiran 8. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> DB3 (6%) .....	73
Lampiran 9. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> DB4 (8%) .....	75
Lampiran 10. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> DB5 (10%) .....	77
Lampiran 11. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> BB1 (2%) .....	78
Lampiran 12. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> BB2 (4%) .....	79
Lampiran 13. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> BB3 (6%) .....	81
Lampiran 14. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> BB4 (8%) .....	83
Lampiran 15. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> BB5 (10%) .....	85
Lampiran 16. Data pengukuran intensitas cahaya .....	87
Lampiran 17. Perhitungan daya, <i>fill factor</i> , dan efisiensi <i>DSSC</i> .....	88
Lampiran 18. Pengukuran pH pada sampel <i>DSSC</i> .....	98
Lampiran 19. Dokumentasi kegiatan penelitian .....	99



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi matahari merupakan sumber energi yang memungkinkan di Indonesia karena pasokan energi matahari yang luar biasa. Karena sel surya dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik sebagai bagian dari fungsinya, sel surya dapat menjadi sumber energi yang dapat membantu dalam penyelesaian masalah. Sel surya adalah sumber energi terbarukan. Sel surya silikon merupakan jenis teknologi silikon yang terdistribusi paling luas, memiliki biaya produksi yang lebih tinggi dan efisiensi yang lebih rendah daripada sumber energi yang dihasilkan dari fosil; akibatnya, sel surya silikon bukanlah sumber utama pengganti energi fosil. (Safriani, *et al.*, 2020). Oleh karena itu, sel surya mulai dikembangkan untuk mencapai efisiensi dan harga produksi yang terjangkau. Sel surya sudah mengalami tahap pengembangan dari generasi sel surya silikon hingga sel surya berbasis *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* (Nadeak dan Susanti, 2012).

*DSSC* adalah sel surya generasi ketiga yang dikembangkan pada tahun 1991 oleh Michael Gratzel. *DSSC* berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik menggunakan bahan organik (*dye*) sebagai *sensitizer*. *DSSC* terdiri dari kaca substrat yaitu TCO (*Tin Conductive Oxide*) sebagai lapisan semikonduktor, *dye* sebagai penyerap cahaya, larutan elektrolit sebagai wadah untuk reaksi redoks, dan lapisan karbon sebagai katalis mempercepat reaksi (Musaffa, 2018). *DSSC* memiliki keunggulan dibandingkan sel surya jenis lain, yaitu biaya produksi yang rendah dan tidak membutuhkan bahan dengan kemurnian tinggi (Andari, 2017).

Bagian tanaman seperti daun, biji, buah, batang, dan akar dapat dijadikan *dye* pada *DSSC* karena bahan tersebut melimpah di alam dan ramah lingkungan (Kimpa, *et al.*, 2012). *Sensitizer* dalam *DSSC* meliputi pigmen klorofil, beta-karoten, antosianin, dan tanin yang semuanya terdapat pada tumbuhan. Curcumin adalah bahan pewarna lain yang bisa digunakan. (Dahlan, *et al.*, 2016).

Tumbuhan bungur banyak tersebar di hutan pulau Jawa dan Sumatera, dan dapat tumbuh sampai pada ketinggian 800 meter di atas permukaan laut. Bungur

dapat tumbuh didaerah gersang maupun yang tergenang oleh air, sehingga tumbuhan bungur banyak ditemukan di daerah manapun. (Ekayanti, *et al.*, 2012). Di Indonesia, tumbuhan bungur merupakan pohon yang banyak dijadikan sebagai peneduh jalan. Bungur mengandung senyawa saponin, flavonoid, dan alkaloid (Mochtar, 2016).

Pada daun bungur terdapat pigmen klorofil yang dapat dijadikan sebagai *dye* dalam pembuatan *DSSC*. Klorofil sebagai fotosensitizer menjadi zat warna utama yang efektif pada proses fotosintesis. Puncak absorbansi klorofil yaitu 420 nm dan 660 nm pada spektrum cahaya tampak (Ahiha, *et al.*, 2018). Bunga bungur berwarna merah muda dan ungu yang mengandung pigmen antosianin. Zat warna tersebut dengan baik dapat menyerap cahaya, sehingga bagus untuk dijadikan *dye* (Andari, 2017). Zat warna yang berasal dari kelopak bunga tanaman Bungur yang memiliki kandungan antosianin tinggi ini diduga mampu menghasilkan sel surya dengan efisiensi tinggi.

*Foam mat drying* merupakan teknik pengeringan larutan ekstrak dengan menambahkan zat pembuih pada teknik pembusuan. Teknik ini peka terhadap panas sehingga dalam proses pengeringan umumnya menggunakan suhu yang rendah. Pengeringan bahan menggunakan teknik ini memiliki keunggulan yaitu jaringan sel yang terkandung pada bahan tidak rusak karena dilakukan pada suhu yang rendah, proses penguapan pada air yang cepat, dan memperluas area *interface* karena adanya bahan pengisi (Asiah, *et al.*, 2012). Pembuatan *dye* bubuk menggunakan metode *foam mat drying* dapat memperpanjang masa simpan *dye*.

Proses ekstraksi serta konsentrasi pewarna, dapat berdampak pada kinerja *DSSC*. Metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah maserasi. Maserasi adalah proses di mana pelarut digunakan untuk mengekstrak bahan aktif dari produk yang diproses. Metode ini dapat menghasilkan stabilitas zat warna yang tinggi jika sifat bahan yang akan diekstrak sesuai dengan metode maserasi (Efelina, *et al.*, 2020). Antosianin pada bunga bungur mudah terdegradasi oleh panas, sehingga maserasi merupakan metode ekstraksi paling aman untuk mengekstrak bahan. Selain itu, metode ini cukup sederhana dan mudah untuk dilakukan dengan hasil yang efisien. Sesuai dengan penelitian oleh Suzery, *et al.* (2010), menggunakan metode maserasi dan soxhletasi untuk mengekstrak kelopak bunga

rosela, hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen antosianin pada bahan yang di ekstrak lebih tinggi menggunakan metode maserasi dibanding soxhletasi (Anggistia, *et al.*, 2016)

Prasatya dan Susanti (2013) menyatakan bahwa tingginya nilai absorpsi menunjukkan tingginya konsentrasi larutan *dye* dalam mengabsorpsi foton yang dibagikan. Nilai serapan cahaya tampak yang tinggi mampu menyerap lebih banyak foton dari cahaya matahari, sehingga kuantitas foton yang mampu tereksitasi lebih banyak untuk diubah oleh sel surya menjadi energi listrik. Setiawan, *et al.* (2015) menyatakan bahwa serapan cahaya tampak semakin meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi *dye*.

Penambahan konsentrasi menyebabkan efisiensi *DSSC* semakin tinggi karena arus yang dihasilkan semakin meningkat. Dengan ditambahkan kepekatan larutan *dye* (konsentrasi), maka elektron yang dihasilkan oleh molekul *dye* juga akan semakin banyak. Aliran muatan yang dihasilkan elektron akan menimbulkan arus listrik (Hardani, *et al.*, 2016). Konsentrasi yang semakin tinggi akan membentuk ikatan antara *dye* dan  $\text{TiO}_2$  semakin kuat. Efisiensi *DSSC* dipengaruhi oleh ikatan *dye* dan  $\text{TiO}_2$ , sehingga konsentrasi *dye* berpengaruh terhadap efisiensi *DSSC* (Setiawan, *et al.*, 2015). Hardani, *et al.* (2016) dengan menggunakan variasi konsentrasi *dye* 0,1%, 0,5%, dan 1%, efisiensi terus meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi, dengan hasil konsentrasi *dye* 1% menunjukkan konsentrasi dengan efisiensi tertinggi sebesar 0,298%.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, metode pengekstrakan daun dan bunga bungur pada penelitian ini menggunakan teknik maserasi dengan suhu dan lama waktu ekstraksi yang sama setiap perlakuan, kemudian dilakukan pengeringan terhadap ekstrak daun dan bunga bungur menggunakan metode *foam-mat drying* untuk mendapatkan *dye* bubuk ekstrak daun dan bunga bungur. Adapun pengaplikasiannya terhadap *DSSC* akan dilakukan variasi perlakuan konsentrasi *dye*, sehingga diperoleh performa terbaik pada sampel *DSSC* pada tingkat konsentrasi *dye* tertentu.

## **1.2. Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari performa kinerja kelistrikan *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan variasi konsentrasi *dye* dari bubuk ekstrak daun dan bunga bungur (*Lagerstroemis speciosa*).

## **1.3. Hipotesis**

Diduga kinerja *DSSC* menggunakan *dye* bubuk ekstrak daun dan bunga bungur akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi *dye* terhadap pelarut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin., Yuwono, dan Maligan, , 2019. Pengaruh Penambahan Maltodekstrin Dan Putih Telur Terhadap Karakteristik Bubuk Kaldu Jamur Tiram. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 7(4) : 53-61.
- Adha. S. D., 2015. Pengaruh Konsentrasi Larutan HNO<sub>3</sub> dan Waktu Kontak Terhadap Desorpsi Kadmium (II) yang Terikat Pada Biomassa *Azolla micropylla*-Sitrat. *Kimia Student Journal*, 1 (1) : 636-642.
- Ai, Nio Song dan Yunia Banyo., 2011. Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2) : 166-173.
- Ahiha, A.H., Fahru N., dan Agus S., 2018. Kajian pH Klorofil Terhadap Ikatan Kimia Dye pada TiO<sub>2</sub> sebagai Aplikasi *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 14(1) : 16-19.
- Alimuddin, A., 2016. *Perbandingan Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dari Ektrak Daun Pacar Air, Bunga Pacar Air Merah dan Ungu (Impatiens Balsamina Linn) Sebagai Dye Sensitizer*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Andari, Rafika., 2017. Sintesis dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* dengan *Sensitizer* Antosianin dari Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa*). *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 1(2), 140-150.
- Anggistia, Widiyandari, dan Anam, 2016. Identifikasi dan Kuantifikasi Antosianin dari Fraksi Bunga Rosela (*Hibiscus Sabdariffa L*) dan Pemanfaatannya sebagai Zat Warna *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(2) : 50-57.
- Ardianto, R., Nugroho, W.A., dan Sutan S.M. 2015. Uji Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Lapisan *Capacitive Touch Screen* 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.
- Arifin, Z., Soeparman., Widhiyanuriyawan, D. dan Suyitno, S., 2017. Performance Enhancement of *Dye-Sensitized Solar Cells* Using a Natural Sensitizer. *International Journal of Photoenergy*, 1788(1) : 1-5.
- Asiah, N., Rangkum, S., dan Prasetyaningrum, A., 2012. Aplikasi Metode *Foam-Mat Drying* Pada Proses Pengeringan Spirulina. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1) : 461-67



- Boyo, A. O., Sonaike, T., dan Kesinro, R. O., 2014. Ethanoic Exytactions of *Lagerstroemia speciosa* Flowers for Dye Sensitized Solar Cell. *Covenant Journal of Physical and Life Sciences (CJPL)*, 2 (2) : 102-109.
- Chairunnisa, Wartini, M. & Suhendra, , 2019. Pengaruh Suhu dan Waktu Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana L.*) sebagai Sumber Saponin. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri* , 7(4) : 551-60.
- Dahlan, Leng, dan Aziz, , 2016. *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* dengan *Sensitiser Dye* Alami Daun Pandan, Akar Kunyit dan Biji Beras Merah (*Black Rice*). *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 8(1) : 1-8.
- Damayanti, R., Hardeli, dan Sanjaya, H., 2014. Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L.*). *Jurnal Sainstek*, 6(2) : 148-57.
- Darmawan, Muh. I., 2019. Studi Fabriksi *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* Menggunakan *Dye Cellosia Argentum* (Jengger Ayam). *Indonesian Physical Review*, 2(3) : 116-122.
- Dwiyani, R., 2013. *Mengenal Tanaman Pelindung di Sekitar Kita*. Bali : Udayana University Press.
- Efelina, V., Endah P., Farradina C. S., Arnisa S., dan Reni R., 2020. Karakterisasi Optik Ekstrak Bayam Merah (*Red Amaranth*) Untuk Aplikasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Teknologika*, 10(1) : 1-3.
- Ekasari, V., dan Yudoyono, G., 2013. Fabrikasi *DSSC* dengan *Dye* Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Officinale Linn Var. Rubrum*) Variasi Larutan  $TiO_2$  Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating*. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1) : 15-20.
- Ekayanti, Tania W., Bragastio, dan Abi N. W., 2012. Pengaruh Ekstrak Daun Bungur (*Lagerstroemia speciosa*) Terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah Pada Tikus Putih Strain Wistar. *Ejournal UMM*, 8(1) : 43-46.
- Fendri, S. T. J., Martinus, B. A. dan Haryanti, M. D., 2018. Pengaruh pH Dan Suhu Terhadap Stabilitas Antosianin Dari Ekstrak Kulit Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas (L.) Lam.*). *Chempublish Journal* , 2(2) : 33-41.
- Fitria, A., Amun A., dan Ahmad F., 2016. Pembuatan Prototip *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan *Dye* Ekstrak Buah Senduduk (*Melastoma Malabathricum L*) dengan Variasi Fraksi Pelarut dan Lama Perendaman Coating  $TiO_2$ . *Jom FTEKNIK*, 3(1) : 1-9.

- Gibson, M., Kasman, dan Iqbal., 2017. Analisa Kualitas Klorofil Daun Jarak Keyar (*Ricinus comunis L*) sebagai Bahan Pewarna pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Gravitasi*, 16(2):31-40.
- Gogahu, Y., N.S.Ai., dan P. Siahaan, 2016. Konsentrasi Klorofil pada Beberapa Varietas Tanaman Puring (*Codiaeum varigatum L.*). *Jurnal MIPA UNSRAT*, 5 : 76-80.
- Hanavi, D.P., Afrilia, C.G., Safriani, L., dan Aprilia, A., 2019. Sintesis ZnO Serbuk Dan Penggunaannya Sebagai Fotoanoda Pada Sel Surya Tersensitisasi Warna. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 19(01) : 44-52.
- Hao, S., Jihuai W., Yunfang H., Jianming L., 2006. Natural Dyes as Photosensitizers for Dye-Sensitized Solar Cell. *Solar Energy*, 80(1) : 209-214.
- Hardani, M. I. Darmawan, Cari, dan Agus Supriyanto., 2016. Pengaruh Konsentrasi Ruthenium (N719) sebagai Fotosensitizer dalam *Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC)* Transparan. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 12(3) : 104-108.
- Hardeli, *et al.*, 2013. *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* Berbasis Nanopori TiO<sub>2</sub> Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.
- Hardianti, 2018. *Pembuatan Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Dye Bunga Pacar Air (Impatiens Balsamina L.) dan Bunga Kertas (Bougenville Spectabilis)*. Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- Huda, I., 2016. *Studi Penggunaan Dye Antosianin Kulit Manggis, Dye Sintetis N749, Dan Kuantum Dot Cdse Terhadap Karakteristik Optik Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Irawan, A., 2019. Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran Dalam Kegiatan Penelitian Dan Pengujian. *Indonesian Journal Of Laboratory*, 1(2) : 1-9.
- Kamagi, L., Julius P., dan Lidya I.M., 2017. Analisis Kandungan Klorofil Pada Beberapa Posisi Anak Daun Aren (*Arenga pinnata*) dengan Spektrofotometer UV-Vis. *Jurnal MIPA UNSRAT Online*, 6 (2) : 49-54.
- Kimpa I. M., M. Musa, U. I. Kasim, N. Y. Hassan, dan M. Muhammad ., 2012. Photoelectric Characterization of Dye Sensitized Solar Cells Using Natural Dye from Pawpaw Leaf and Flame Tree Flower as Sensitizers. *Materials Sciences and Applications*, 3(3) : 281–286.

- Khairiyah, S. N., 2019. Studi Pembuatan Pewarna Alami Dari Limbah Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) Dengan Metode Enkapsulasi. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Maulid, R.R., dan Laily A. N., 2015. Kadar Total Pigmen Klorofil dan Senyawa Antosianin Ekstrak Kastuba (*Euphorbia pulcherrima*) Berdasarkan Umur Daun. *Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam UIN Maulana Ibrahim Malang*.
- Mochtar, F., 2016. *Ekstrak Daun Bungur (Lagerstronemia species) Memperbaiki Profil Lipid Tikus Wistar Jantan Dislipidemia*. Tesis. Universitas Udayana.
- Muchammad dan setiawan, H., 2011. Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 Wp dengan Penambahan Reflektor. *Prosiding Seminar nasional Sains dan Teknologi UWH Semarang*.
- Mustafa, N., N. Ya'acob., Z.A.Latif., dan A.L.Yusof. 2015. Quantification of Oil Palm Tree Leaf Pigment (Chlorophyll A) Concentration Based on Their Age. *Jurnal Teknologi*. 75 : 129-134.
- Mussaffa, Qodirun S., 2018. Uji Performansi DSSC Dengan Variasi Dye Dan Katalis. *Jurnal STATOR*, 1(1) : 124-127.
- Mustaqim, Haris, A. & Gunawan, 2017. Fabrikasi *Dye-Sensitized Solar Cell* Menggunakan *Fotosensitizer* Ekstrak Bunga Rosela (*Hibiscus sabdariffa L*) dan Elektrolit Padat Berbasis PEG (*Polyethylene Glycol*). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(2) : 62-67.
- Nadeak, M.R. dan Susanti, S., 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(1) : 81-86.
- Neldawati, Ratnawulan, dan Gusnedi., 2013. Analisis Nilai Absorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Pillar Of Physics*, 2(1) : 76-83.
- Nugrahawati, D., 2012. *Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Mawar Merah (Rosa Damascena mill) Sebagai Pewarna Alami Berbasis Antosianin*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret
- Permana, J.A., 2020. *Pengaruh Waktu Perendaman Elektroda Kerja Dengan Bahan Semikonduktor ZnO Terhadap Karakteristik DSSC*. Skripsi. Universitas Jember.

- Prasatya, A.N., dan Susanti, D.. 2013. Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Kaca FTO yang di-coating ZnO terhadap Efisiensi DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) yang Menggunakan Dye dari Buah Terung Belanda (*Solanum betaceum*). *Jurnal Teknik POMITS*, 2 (2) : 378-380.
- Prasetyo, Y.H., Wahyuningsih, S., dan Suryana, R., 2014. Studi Variasi Elektrolit Terhadap Kinerja *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Fisika Indonesia*, 18(53) : 47-49.
- Pratista, I. M. I., Lutfi S., dan L. P. Wrasati, 2017. Karakteristik Pewarna Alami Pada Ekstrak *Sargassum polycystum* Dengan Konsentrasi Pelarut Etanol Dan Lama Maserasi Yang Berbeda. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 5(4) : 51-60.
- Pratiwi, D. D., K. dan N, F., 2018. Pengaruh Konsentrasi Nikel dalam Klorofil pada Sifat Optik dan Konduktivitas Dye untuk Aplikasi *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 14(3) : 74-77.
- Pratiwi, S. W. dan Priyani, A. A., 2019. Pengaruh Pelarut Dalam Berbagai Ph Pada Penentuan Kadar Total Antosianin Dari Ubi Jalar Ungu Dengan Metode Ph Diferensial Spektrofotometri. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 4(1) : 89-96.
- 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, H., Jatmiko, F, A., dan Huda, I.F., 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknik Elektro*, 18(1) : 10-14.
- Puspitasari, N., Adawiyah, S. R., Fajar, M. N., Yudoyono, G., Rubiyanto, A., dan Endarko, 2017. Pengaruh Jenis Katalis pada Elektroda Pembanding terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cells* dengan Klorofil sebagai *Dye Sensitizer*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 13 (1), 30-33.
- Rahayu, D., Bagitaningtyas, A., Hidayat, A., dan P, A.S., 2011. Pengembangan Sel Surya Berpewarna Tersensitisasi (*Dye Sensitized Solar Cell*) dengan Senyawa Morin dari Kayu Nangka (*Artocarpus Heterophyllus L.*). *Jurnal Penelitian Mahasiswa UNY*, 6(1) : 1-11.
- Rahman, R., 2018. Mitos dan Eksplanasi Ilmiah Lembayung Senja. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 1(1) : 16-23.

- Rakhman, D. F., Pramono, S. H., dan Maulana, E. 2014. Pengaruh Variasi Konsentrasi Klorofil Terhadap Daya Keluaran *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 2(3), 1–9.
- Ramdja, A.F., Aulia, R.M.A., dan Mulya, P., 2009. Ekstraksi kurkumin dari temulawak dengan menggunakan etanol. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(3) : 52-58.
- Rusdiana, Dadi., 2014. Pembuatan Sel Surya TiO<sub>2</sub> Nanokristal Berbahan Dasar *Anthocyanin* sebagai Material *Dye*. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII Yogyakarta*
- Safriani, L., Winna P. P., Euis S. N., Cukup M., dan Annisa A., 2020. Pengaruh Penambahan Material Spiro-TAD dan Spiro-TPD Sebagai *Hole Transport Material* pada Karakteristik *DSSC*. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 4(1) : 79–85.
- Salafudin, A., Nurosyid , F. dan Kusumaningsih, T., 2017. Optimasi Volume Pengenceran Larutan *Dye* Bunga Mawar (*Rosa hybrida hort*) dengan Metanol Terhadap Efisiensi *DSSC*. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 9(2) ; 68-75.
- Saputra, F. R., Ferdy S. R., dan Adita S., 2013. Pemanfaatan ekstrak Antosianin Kol Merah (*Brassica oleracea var*) Sebagai *Dye Sensitized* dalam Pembuatan *Prototipe Solar Cell (DSSC)*. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VIII UKSW Salatiga*
- Susanty dan Fairus Bachmid., 2016. Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi dan Refluks terhadap Kadar Fenolik dari Ekstrak Tongkol Jagung (*Zea mays L.*). *Konversi*, 5(2) : 87-93.
- Setiawan A., Fatayati, L., dan Aliah, H. 2015. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) Terhadap Efisiensi *DSSC*. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(1) : 1-7.
- Sholehatiningsih, 2019. *Pengaruh Jenis Pelarut Ekstraksi Antosianin Buah Lampani (Ardisia humilis Vahl) Sebagai Sensitizer Pada Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis ZnO Doping Zirkonium Oksiklorida Produksi PSTA Batan Yogyakarta. Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Suzery, Meiny., S. Lestari, dan B. Cahyono, Penentuan Total Antosianin Dari Kelopak Bunga Rosela (*Hibiscus sabdariffa L*) Dengan Metode Maserasi dan *Sokshletasi*. *Jurnal Sains Dan Matematika*, 18(1) : 1-6.
- Wulandari dan Prajitno., 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Bunga Sepatu (Hibiscus Rosa Sinensis L)*

*Sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Lama Absorpsi Dye*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Yulika, D., Kusumandari, dan Suryana, R., 2014. Pelapisan TiO<sub>2</sub> di atas FTO dengan Teknik *Slip Casting* dan *Spin Coating* untuk Aplikasi *DSSC*. *Jurnal Fisika Indonesia*, 18(53) : 66-69.