

# **SKRIPSI**

**PERFORMA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* DENGAN  
EKSTRAK DAUN ECENG GONDOK SEBAGAI PEMEKA  
CAHAYA DENGAN PENAMBAHAN GUM XHANTAN DAN  
GUM ARABIK**

***PERFORMANCE OF DYE SENSITIZED SOLAR CELL WITH  
WATER HYACINTH LEAF EXTRACT AS A  
PHOTOSENSITIZER WITH THE ADDITION OF XHANTAN  
GUM AND ARABIC GUMS***



**Imes Suci Ramadhani  
05021181823097**

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

## SUMMARY

**IMES SUCI RAMADHANI.** Performance of Dye Sensitized Solar Cell With Water Hyacinth Leaf Extract As A Photosensitizer With The Addition Of Xhantan Gum And Arabic Gums (Supervised By TAMRIN).

*Dye Sensitized Solar Cell* is a set of photoelectrochemical-based solar cells that can convert solar energy into electrical energy by utilizing plant-derived dyes as a sensitizer. One of factor that can affect the performance of a *DSSC* is the fast drying of electrolyte; therefore, thickening agents of xhantan and arabic gums were added in the electrolyte to slow down the evaporation of electrolyte. The electrolyte solution used in this study was iodine with a concentration of 0.1 N and thickening agents of xhantan and arabic gums. This study aimed to determine the performance of *Dye Sensitized Solar Cell* with Water Hyacinth Leaf Extract as a Light Sensitizer with the addition of Xhantan Gum and Gum Arabic. This research was carried out from March 2022 to August 2022 at the Energy Electrification Laboratory and Chemical Laboratory of Agricultural Products, Department of Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University. This study consisted of three stages, namely *DSSC* structure, arrangement and assembly of *DSSC* layers, and measurement of *DSSC*. The TCO glass used has a resistance between 0.9  $\Omega$  to 15.1  $\Omega$  *DSSC*. The concentration of thickening agents in the electrolyte solution were 1%, 3%, 5% and control samples without concentration. The parameters observed in this study were the measurement of chlorophyll absorbance at 649 nm and 665 nm wavelength, current and voltage, power calculation, fill factor, and *DSSC* efficiency. The best *DSSC* performance was using water hyacinth dye with the addition of a thickening agent in the xhantan gum electrolyte solution is a thickening agent concentration of 5%. The electrical characteristics generated in the sample are  $I_{sc}$ : 0.0138 mA,  $V_{oc}$ : 0.743 mV,  $I_{max}$ : 0.0103 mA,  $V_{max}$ : 0.519 mV,  $P_{max}$ : 0.00535 mW, FF: 0.5214, and an efficiency of 0, 0185%.

## RINGKASAN

**IMES SUCI RAMADHANI.** Performa *Dye Sensitized Solar Cell* Dengan Ekstrak Daun Eceng Gondok Sebagai Pemeka Cahaya Dengan Penambahan Gum Xhantan Dan Gum Arabik (Dibimbing oleh **TAMRIN**).

*Dye Sensitized Solar Cell* merupakan seperangkat sel surya berbasis fotoelektrokimia yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan memanfaatkan zat warna yang berasal dari tumbuhan sebagai sensitizer. Salah satu Faktor yang dapat mempengaruhi performa suatu DSSC adalah larutan elektrolit. Larutan elektrolit dengan penambahan bahan pengental dapat mengatasi terjadinya penguapan pada larutan elektrolit. Larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah iodine dengan konsentrasi 0,1 N dan ditambahkan bahan pengental yakni gum xhantan dan gum arabik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari serta mengetahui Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Ekstrak Daun Eceng Gondok Sebagai Pemeka Cahaya dengan Penambahan Gum Xhantan dan Gum Arabik. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret 2022 sampai dengan bulan Agustus 2022 di Laboratorium Energi Elektrifikasi dan Laboratorium Kimia Hasil Pertanian, 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. Kaca TCO yang digunakan memiliki resistensi antara 0,9 k $\Omega$  sampai dengan 15,1 k $\Omega$  DSSC. Variasi konsentrasi bahan pengental pada larutan elektrolit yaitu 1%, 3%, 5% dan sampel kontrol tanpa konsentrasi. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah perhitungan kadar klorofil dengan data absorbansi dititik 649 nm dan 665 nm, karakteristik arus dan tegangan, perhitungan daya, fill factor, dan efisiensi DSSC. Performa DSSC terbaik menggunakan dye eceng gondok dengan penambahan bahan pengental pada larutan elektrolit gum xhantan adalah dengan konsentrasi bahan pengental 5%. Karakter kelistrikan yang dihasilkan pada sampel tersebut adalah  $I_{sc}$ : 0,0138 mA,  $V_{oc}$ : 0,743 mV,  $I_{max}$ : 0,0103 mA,  $V_{max}$ : 0,519 mV,  $P_{max}$ : 0,00535 mW, FF: 0,5214, dan efisiensi sebesar 0,0185%.

# **SKRIPSI**

## **PERFORMA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* DENGAN EKSTRAK DAUN ECENG GONDOK SEBAGAI PEMEKA CAHAYA DENGAN PENAMBAHAN GUM KHANTAN DAN GUM ARABIK**

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



**Imes Suci Ramadhani**  
**05021181823097**

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

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERFORMA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* DENGAN EKSTRAK DAUN ECENG GONDOK SEBAGAI PEMEKA CAHAYA DENGAN PENAMBAHAN GUM XHANTAN DAN GUM ARABIK

#### SKRIPSI

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

Oleh:

**Imes Suci Ramadhani**  
05021181823097

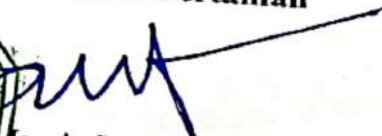
Indralaya, Desember 2022  
Pembimbing



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

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Pertanian



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

Skripsi dengan judul "Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Ekstrak Daun Eceng Gondok Sebagai Pemeca Cahaya dengan Penambahan Gum Xhantan Dan Gum Arabik." oleh Imes Suci Ramadhani telah dipertahankan di hadapan komisi penguji skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Desember 2022 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan dari tim penguji.

Komisi Penguji

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

Pembimbing

(.....)

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

Penguji

(.....)

Indralaya, Desember 2022

Ketua Jurusan  
Teknologi Pertanian

Koordinator Program Studi  
Teknik Pertanian



Dr. Budi Santoso, S.T.P., M.Si.  
NIP. 197506102002121002

Puspitahati, S.T.P., M.P.  
NIP. 197908152002122001

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Imes Suci Ramadhani



Nim : 05021181823097

Judul : Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Ekstrak Daun Eceng Gondok Sebagai Pemeka Cahaya dengan Penambahan Gum Xhantan Dan Gum Arabik.

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat didalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri dibawah supervisi pembimbing kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya, dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar dari Universitas Sriwijaya.

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



Indralaya, Desember 2022  
  
Imes Suci Ramadhani  


## **RIWAYAT HIDUP**

Imes Suci Ramadhani merupakan salah satu mahasiswi Universitas Sriwijaya angkatan 2018 yang menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan bapak Edwin Syukri dan ibu Irma Maliani. Penulis lahir pada tanggal 12 Desember 2000 di Kabupaten Banyuasin.

Penulis menempuh pendidikan pertama di SD Negeri 4 Suak Tapeh dan lulus pada tahun 2012. Selanjutnya melanjutkan sekolah menengah pertama di MTs Sabilul Muhtadin Desa Langkan Kabupaten Banyuasin dan lulus pada tahun 2015. Kemudian melanjutkan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Banyuasin III dan lulus pada tahun 2018.

Pada tahun 2018 penulis melanjutkan studi S1 di Universitas Sriwijaya Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Program Studi Teknik Pertanian, dan dinyatakan masuk melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan kenikmatan yang melimpah serta berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “*Performa Dye Sensitized Solar Cell* dengan Ekstrak Daun Eceng Gondok Sebagai Pemeka Cahaya dengan Penambahan Gum Xhantan Dan Gum Arabik “. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian.

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 doa 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, Desember 2022

Imes Suci Ramadhani

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian ini tentunya telah dapat dilalui penulis atas izin dan rahmat barokah Allah SWT. Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allah SWT tiada daya dan upaya melainkan dengan pertolongannya. Kepada sosok yang Mulia Nabi Muhammad shallallohu ‘alaihi wa sallam yang telah menjadi teladan ummat hingga akhir zaman, semoga sholawat serta salam yang terucap menjadi syafaat dan penolong ummatnya di hari akhir kelak. Selain itu penulis juga menyampaikan ungkapan terima kasih serta doa kepada sekalian pendukung, pembimbing, yang mendoakan penulis diantaranya:

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 Prof. Dr. Ir. Tamrin, M.Si. sebagai pembimbing akademik dan pembimbing skripsi yang telah membimbing dengan penuh kasih sayang dan kesabaran, memberi dukungan, doa, nasehat kebaikan yang penuh hikmah dan menjadi pembelajaran serta bekal ilmu yang semoga bermanfaat dan dapat menjadi amal jariyah bagi beliau. Semoga ilmu, amal dan doa yang dicurahkan untuk penulis menjadi penyebab pintu keberkahan dan kebaikan selalu diridhoi oleh Allah subhanahu wata’ala untuk terbuka bagi beliau dan malaikat mencatat kebaikan sebagai pahala di sisi-Nya. Aamiin yarobbal’alamiin.
6. Ibu Prof. Ir. Filli Pratama, M.Sc. (Hons), Ph.D. sebagai dosen pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan semangat untuk terus menyelesaikan sesuatu yang telah dimulai dengan penuh hikmah dan pembelajaran disetiap kalimat yang tersampaikan. Semoga apapun yang telah beliau sampaikan demi kebaikan penulis serta ilmu yang penulis peroleh dari beliau diberikan balasan kebaikan yang lebih dan keberkahan serta mendapatkan ridho Allah subhanahu wata’ala, Aamiin yarobbal’alamiin.

7. Kedua orang tua hebat yang tak dapat penulis ungkapkan dengan kalimat apapun, terima kasih kepada mama Irma Maliani dan papa Edwin Syukri yang senantiasa mendoakan penulis, memberi dukungan kepada penulis, memberi materi dan kasih sayang yang mungkin tak dapat digantikan dengan suatu apapun.
8. Bapak Ir. Haisen Hower, M.P. yang telah menyempatkan waktu dan bersedia menjadi penguji dalam proses penyelesaian skripsi oleh penulis, yang telah memberikan masukan, saran, dukungan dan arahan demi kebaikan penulisan skripsi oleh penulis. Semoga Allah subhana wa ta'ala memberikan kemudahan dan kebaikan serta keberkahan dalam setiap langkah bapak sekalian. Aamiin yarobbal'alamiin.
9. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Pengajar program studi Teknik Pertanian dan program studi Teknologi Hasil Pertanian yang telah membagikan ilmu, doa, dukungan dan motivasi sebagai perantara penuntun langkah penulis dalam menyelesaikan studi S1 di jurusan Teknologi Pertanian. Semoga menjadi ladang amal kebaikan dan tercatat sebagai pahala di sisi-Nya. Semoga ilmu yang telah diberikan menjadi bermanfaat bagi penulis.
10. Staf administrasi akademik dan analis jurusan Teknologi Pertanian yang telah memberikan bantuan dalam mengurus berkas dan data yang berkaitan dengan kelancaran kegiatan perkuliahan penulis.
11. Kadua saudaraku kakak Nur Rochman S.TP. yang telah memberikan doa, semangat, motivasi dan material, serta terima kasih kepada adikku M. Hafiz Tandri yang telah mendoakan dan memberi semangat kepada penulis.
12. Kakak, teman dan adik satu pembimbing, kak Ratna, kak Irma, Yuyun, Ali, Daffa dan Hanapi, Azra adik-adik 2019 dan 2020 yang telah memberikan dukungan, berbagi ilmu dan pengalaman, mengajarkan kerja sama *team*, saling memberikan kekuatan untuk dapat menyelesaikan kegiatan skripsi. Hal yang sama juga penulis ucapkan untuk teman-teman satu penelitian DSSC.
13. Gusniar Paulin Ariyani yang telah mengarahkan dan membantu menyelesaikan kegiatan penelitian dan skripsi.
14. Rachmat Rizki yang bersedia direpotkan oleh penulis semasa penelitian dan akhir perkuliahan, serta selalu memberi semangat.

15. Dewi, Nabila, Rani, Milta dan Rahmah yang telah memberi semangat, masukkan serta mendengarkan keluh kesah penulis.
16. Keluarga besar Teknik Pertanian angkatan 2018, yang telah menemani penulis dari mulai awal masuk perkuliahan sampai selesai masa studi. Kepada seluruhnya yang insyaAllah ikhlas telah saling berbagi pengalaman, kebaikan, menjadi bagian cerita perjalanan hidup selama masa perkuliahan, berbagi ilmu dan waktu dalam kebersamaan yang singkat.
17. Pihak-pihak yang secara tidak langsung turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga meminta maaf apabila dalam skripsi ini masih terdapat kesalahan-kesalahan baik dalam penulisan maupun teori. Semoga skripsi ini dapat memeberikan ilmu yang bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, Desember 2022

Imes Suci Ramadhani

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	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</i> (DSSC) .....	6
2.2.1. Struktur <i>DSSC</i> .....	6
2.2.1.1. Kaca <i>Transparent Conductive Oxide</i> (TCO) .....	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 Klorofil. ....	9
2.2.1.3.2. Tumbuhan Eceng Gondok ( <i>Eichhornia Crassipes</i> ) .....	10
2.2.1.3.3. Metode Ekstrasi.....	11
2.2.1.4. Larutan Elektrolit .....	13
2.2.1.4.1. Gum Xhantan dan Gum Arabik .....	13
2.2.1.5. Katalisator Pada Elektroda Pembanding.....	14
2.2.2. Prinsip Kerja <i>DSSC</i> .....	15
2.3. Pengukuran dan Perhitungan Performa <i>DSSC</i> .....	16
2.3.1. Kandungan Klorofil Pada Daun Eceng Gondok .....	16
2.3.2. Pengukuran dan Perhitungan Arus dan Tegangan .....	16
2.3.3. Perhitungan Daya yang Dihasilkan.....	17
2.3.4. Perhitungan <i>Fill Factor</i> .....	18

	Halaman
2.3.5. Perhitungan Efisiensi Terhadap Kinerja <i>DSSC</i> .....	18
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN.....	19
3.1. Tempat dan Waktu .....	19
3.2. Alat dan Bahan.....	19
3.3. Metode Penelitian.....	19
3.4. Cara Kerja .....	20
3.4.1. Persiapan Struktur <i>DSSC</i> .....	20
3.4.2. Penyusunan dan Perangkaian <i>DSSC</i> .....	24
3.4.3. Pengujian Rangkaian <i>DSSC</i> .....	24
3.5. Parameter Penelitian.....	25
3.5.1. Kandungan Klorofil Pada Daun Eceng Gondok .....	25
3.5.2. Pengukuran Arus dan Tegangan .....	26
3.5.3. Perhitungan Daya .....	26
3.5.4. Perhitungan <i>Fill Factor</i> .....	27
3.5.5. Perhitungan Efisiensi <i>DSSC</i> . .....	28
BAB 4 HASIL dan PEMBAHASAN. ....	29
4.1. Pengukuran Absorbansi Klorofil . ....	29
4.2. Pengukuran terhadap Arus-Tegangan (I-V).....	31
4.2.1. <i>DSSC</i> A Kontrol.....	33
4.2.2. <i>DSSC</i> B 1% ( <i>Dye</i> Daun Eceng Gondok dengan Bahan Pengental Gum Xhantan 1% pada Larutan Elektrolit) .....	34
4.2.3. <i>DSSC</i> C 3% ( <i>Dye</i> Daun Eceng Gondok dengan Bahan Pengental Gum Xanthan 3% pada Larutan Elektrolit). ....	35
4.2.4. <i>DSSC</i> D 5% ( <i>Dye</i> Daun Eceng Gondok dengan Bahan Pengental Gum Xanthan 5% pada Larutan Elektrolit) .....	36
4.2.5. <i>DSSC</i> E 1% ( <i>Dye</i> Daun Eceng Gondok dengan Bahan Pengental Gum Arabik 1% pada Larutan Elektrolit).....	37
4.2.6. <i>DSSC</i> F 3% ( <i>Dye</i> Daun Eceng Gondok dengan Bahan Pengental Gum Arabik 3% pada Larutan Elektrolit).....	38
4.2.7. <i>DSSC</i> G 5% ( <i>Dye</i> Daun Eceng Gondok dengan Bahan Pengental Gum Arabik 5% pada Larutan Elektrolit).....	39
4.3. Perhitungan Daya.....	40
4.4. Perhitungan <i>Fill Factor</i> (FF).....	41

	Halaman
4.5. Perhitungan Efisiensi <i>DSSC</i> .....	42
BAB 5 KESIMPULAN dan SARAN .....	45
5.1. Kesimpulan .....	45
5.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	46
LAMPIRAN.....	52

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Struktur Lapisan <i>DSSC</i> .....	7
Gambar 2.2. Tumbuhan Eceng Gondok.....	10
Gambar 2.3. Sonikator merk Cole-Parmer.....	11
Gambar 2.4. Kavitasi Akustik.....	12
Gambar 2.5. Prinsip Kerja <i>DSSC</i> .....	15
Gambar 2.6. Kurva Arus dan Tegangan.....	17
Gambar 2.7. Kurva Arus dan Tegangan <i>Maximum</i> .....	17
Gambar 4.1. Absorbansi klorofil pada gelombang 649 dan 665 nm .....	29
Gambar 4.2. Klorofil pada daun eceng gondok .....	30
Gambar 4.3. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> A Kontrol .....	33
Gambar 4.4. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> B 1% .....	34
Gambar 4.5. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> C 3% .....	35
Gambar 4.6. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> D 5%.....	36
Gambar 4.7. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> E 1% .....	37
Gambar 4.8. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> F 3% .....	38
Gambar 4.9. Kurva karakteristik I-V <i>DSSC</i> G 5%.....	39
Gambar 4.10. Daya keluaran sampel <i>DSSC</i> ( $P_{output}$ ).....	40
Gambar 4.11. Daya masukan sampel <i>DSSC</i> ( $P_{input}$ ).....	40
Gambar 4.12. Nilai <i>fill factor</i> sampel <i>DSSC</i> .....	41
Gambar 4.13. Efisiensi <i>DSSC</i> .....	42



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan kandungan klorofil .....	53
Lampiran 2. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> A Kontrol (Sampel 1) .....	54
Lampiran 3. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> B 1% (Sampel 2) .....	56
Lampiran 4. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> C 3% (Sampel 3) .....	58
Lampiran 5. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> D 5% (Sampel 4) .....	60
Lampiran 6. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> E 1% (Sampel 5) .....	63
Lampiran 7. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> F 3% (Sampel 6) .....	65
Lampiran 8. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> G 5% (Sampel 7) .....	67
Lampiran 9. Data pengukuran intensitas cahaya lampu.....	69
Lampiran 10. Perhitungan daya (input dan output), faktor pengisian (FF) dan efisiensi <i>DSSC</i> .....	70
Lampiran 11. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	78

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia untuk keberlangsungan hidup. 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). Oleh karena itu, diperlukan energi alternatif yang dapat diperbaharui misalnya memanfaatkan energi matahari atau sel surya.

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan mendasar di kehidupan manusia sehingga mengakibatkan penggunaan listrik semakin meningkat. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif agar dapat mengurangi penggunaan energi fosil. Salah satunya yaitu mengembangkan pemanfaatan energi matahari yang dinilai sebagai salah satu upaya yang paling baik dilakukan di Indonesia, karena Indonesia sendiri terletak di daerah tropis yang sangat berpotensi dalam pengembangan energi listrik yang bersumber dari energi matahari. Adapun salah satu teknologi yang memanfaatkan energi matahari adalah teknologi *DSSC* (*Dye Sensitized Solar Cell*).

*DSSC* adalah teknologi surya yang mampu mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik secara langsung dengan bantuan *photosensitizer*, *DSSC* pertama kali dikembangkan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991 (Ardianto *et al.*, 2015). *DSSC* termasuk sel surya generasi baru yang berkembang oleh kebutuhan sel surya yang rendahnya biaya produksi, macam-macam substrat yang bisa digunakan, dan ramah lingkungan dalam fabrikasinya. Adapun *DSSC* bekerja berdasarkan prinsip fotoelektrokimia dengan dye sebagai agen penyerap cahaya dan semikonduktor sebagai tempat separasi muatan (Amrullah *et al.*, 2017). Sebuah *DSSC* terdiri dari kaca transparan (TCO), pasta titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ), Dye, elektrolit redoks katalisator, dan kaca TCO (Hardeli *et al.*, 2013). *DSSC* terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori bahan

semikonduktor, molekul dye yang terabsorpsi di permukaan bahan semikonduktor dan katalis yang dideposisi diantara dua kaca konduktif (Firmanilla, 2016).

Performa dari sebuah *solar cell* mempengaruhi besar tidaknya arus listrik yang dihasilkan, performa tersebut bisa ditentukan dari beberapa hal, yang paling utama adalah efisiensi dan fill factor dari solar cell tersebut, dimana kedua parameter ini bisa dipengaruhi oleh banyak factor misalnya dari konstruksi solar cell itu sendiri maupun faktor dari luar seperti intensitas cahaya, temperatur dan faktor lainnya (Taqwa dan Dwiyanoro, 2015).

Zat warna alami digunakan sebagai sensitizer alternatif karena memiliki keunggulan, yaitu dapat diekstraksi dari bahan alam dengan menggunakan prosedur sederhana tanpa harus mengekstraksi bahan alam yang dari tahap awal hingga tahap pemurnian. Kelebihan lain dari zat warna alami, yaitu harga produksi murah, dapat terdegradasi secara alami, bahan baku mudah diperoleh, ramah lingkungan, mengurangi penggunaan logam mulia dan tidak memerlukan sintesis bahan kimia yang mahal (Pujilestari, 2015). Saat ini, *photosensitizer* pada *DSSC* yang banyak digunakan berasal dari zat warna alami, seperti klorofil, karotenoid, antosianin, flavonoid, sianin dan tanin.

*Dye* yang ramah lingkungan dan melimpah di alam, seperti *dye* dari bagian daun, biji, buah, batang dan akar tanaman menjadi pilihan alternatif sebagai sensitizer pada *DSSC*, serta zat-zat seperti klorofil, betakaroten, antosianin, tanin, kurkumin, dan sebagainya pada tumbuhan juga dapat diaplikasikan sebagai sensitizer (Dahlan *et al.*, 2016).

Salah satu sumber klorofil yang dapat digunakan sebagai *dye* alami adalah daun eceng gondok, hal ini dapat dilihat dari warna daun eceng gondok itu sendiri berwarna hijau. Daun eceng gondok merupakan tumbuhan gulma yang hidup mengapung di perairan danau, sungai dan rawa yang memberikan dampak negatif pada lingkungan perairan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanggulangan untuk pertumbuhan daun eceng gondok. Daun eceng gondok itu sendiri mengandung klorofil yang terletak di sel epidermis, selain berfungsi sebagai fotosintesis kandungan klorofil tersebut dapat dimanfaatkan sebagai zat warna yang dapat digunakan untuk *DSSC* (Hasyim, 2016).

Untuk mendapatkan *dye* organik yang baik, perlu menggunakan metode ekstraksi yang tepat terkait lama waktu ekstraksi yang digunakan. Salah satu metode ekstraksi yang sering digunakan yaitu metode ekstraksi dengan menggunakan energi panas *microwave* dan gelombang suara (sonikasi).

Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) adalah salah satu metode ekstraksi bahan dengan bantuan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara yang memiliki frekuensi diatas pendengaran manusia ( $\geq 20$  kHz) (Sholihah *et al.*, 2017). Metode ekstraksi dengan menggunakan gelombang ultrasonik ini untuk memperoleh kandungan antioksidan yang lebih tinggi dengan waktu yang relatif singkat.

Gelombang ultrasonik yang dihasilkan akan menyebabkan terjadinya efek kavitasi yang berarti terjadinya pertumbuhan, pembentukan, dan pemecahan gelembung dalam suatu cairan akibat adanya panas yang dihasilkan getaran yang terjadi secara terus menerus. Teknologi ekstraksi ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya waktu yang digunakan untuk ekstraksi cenderung lebih singkat dan efisien dan bagus digunakan untuk sampel yang tidak tahan terhadap panas (Wardiyati, 2004).

Selain *dye*, 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). Pada umumnya elektrolit yang digunakan dalam DSSC berbentuk cair dan mengandung sistem redoks. Salah satu kelemahan elektrolit dengan iodin adalah mudah kering, oleh karena itu *dye* pada penelitian ini ditambahkan bahan pengental, bahan pengental yang akan digunakan adalah gum xhantan dan gum arabik.

Gum xhantan adalah polisakarida ekstraselular dari hasil sekresi dari bakteri *Xanthomonas campestris*. Gum xanthan memiliki beberapa keunggulan yaitu, viskositas yang tinggi pada konsentrasi yang rendah, bersifat pseudoplastik dan tidak peka terhadap temperatur, pH serta konsentrasi elektrolit (Gustiani *et al.*, 2017). Gum arab dapat meningkatkan stabilitas dengan peningkatan viskositas dan juga tahan pada proses pengolahan menggunakan panas. Gum arab dapat

digunakan untuk bahan pengental, pembentuk lapisan tipis dan pemantap emulsi (Praseptiangga, 2016). Gum arab terdapat protein yang memiliki gugus amino dan gugus hidroksil dan bersifat hidrofilik, gugus ini dapat membentuk ikatan hidrogen dengan satu atau lebih molekul air, sehingga dapat menyerap air dan menahannya dalam struktur molekul dan terbentuk koloid yang kental dengan struktur gel (Prasetyowati, 2014).

Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini akan mempelajari performa elektrik klorofil daun eceng gondok yang diekstrak dengan sonikasi dan dilakukan penambahan gum xhantan dan gum arabik pada larutan elektrolit.

## **1.2. Tujuan**

Adapaun tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari serta mengetahui Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Ekstrak Daun Eceng Gondok dengan Penambahan Gum Xhantan dan Gum Arabik.

## **1.3. Hipotesis**

Diduga penambahan gum xhantan dan gum arabik akan membuat elektrolit tidak mudah menguap.

## 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.
- Amrullah S., Darwis D., dan Iqbal. 2017. Dye Sensitized Solar Cell Nanokristal TiO<sub>2</sub> Menggunakan Ekstrak Antosianin *Melastoma malabathricum* L. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 6 (3):321 – 331.
- 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 TiO<sub>2</sub> dengan Pengemban Mg(OH)<sub>2</sub>.5H<sub>2</sub>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.
- 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.
- Dahlan, D., Leng, T. S., Aziz, H., 2016. Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Dengan Sensitizer Dye Alami Daun Pandan, Akar Kunyit Dan Biji Beras Merah (Black Rice). *Jurnal Ilmu Fisika*, 8(1): 1-8.

- 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.
- Ellis, H., 2014. Characterization of Dye-Sensitized Solar Cell. *Dissertation for the Licentiate of Philosophy in Pshysical Chemistry*. Uppsala University.
- Firmanila, V., 2016. Karakterisasi DSSC Pada Semikonduktor Zno-Sio<sub>2</sub> Dengan Pewarna Ekstrak Buah Mangsi Dan Daun Jati. *Skripsi*. Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- 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.
- Galliano, S. , Bella, F., Bonomo, M., Viscardi, G., Gerbaldi, C., Boschloo, G., dan Barolo, C., 2020. *Hydrogel Electrolytes Based on Xanthan Gum: Green Route towards Stable Dye-Sensitized Solar Cells*. *Nanomaterials*, 10(1585) : 1-19.
- 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.
- Gustiani, S., Helmy, Q., Kasipah, C., Novarini, E., 2017. Produksi Dan Karakterisasi Gum Xanthan Dari Ampas Tahu Sebagai Pengental Pada Proses Tekstil. *Arena Tekstil*, 32(2): 51-58.
- Hakim, A, R., dan Chamidah, A., 2013. Aplikasi Gum Arab Dan Dekstrin Sebagai Bahan Pengikat Protein Ekstrak Kepala Udang. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 8(1): 45-54.
- 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.

- Hasyim, N, A., 2016. Potensi Fitoremediasi Daun Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) Dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo. *Skripsi*. Universitas Alauddin Makassar.
- Istiqomah. 2013. Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi dan Sokletasi terhadap Kadar Piperin Buah Cabe Jawa (*Piperis retrofracti fructus*). *Skripsi*. Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Iwantono, T, E., Taslim, R. dan Lestari, L. R., 2014. Sel Surya Fotoelektrokimia dengan Menggunakan Nanopartikel Platinum sebagai Elektroda *Counter Growth*. *Artikel*. Universitas Riau.
- Jumansyah, H., Johan, V, S., Rahmayuni., 2017. Penambahan Gum Arab Terhadap Mutu Sirup Kulit Dan Buah Nanas (*Ananas Comosus L Merr.*). *Jom Faperta Ur*, 4(1): 1-15.
- Khalid, M., dan Hartono, A.M.B., 2017. *Ionically conducting and environmentally safe gum Arabic as a high-performance gel-like electrolyte for solid-state supercapacitors*. *J. Solid State Electrochem*, 21 : 2443–2447.
- 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.
- Liun, E., 2011. Potensi Energi Alternatif Dalam Sistem Kelistrikan Indonesia. *Artikel*. Pusat Pengembangan Energi Nuklir Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- 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.
- 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, M., Mulyani, N. K. C., dan Alvionita, E. A., 2020. Pengaruh Perbedaan Pelarut Asam Pada Ekstraksi Antosianin Bunga Dadap Merah (*Erythrina Crista-Galli*) 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, Yulianto, B., 2012. Pembuatan Sel Surya Berbasis *Dye-Sensitized* Menggunakan Substrat Fleksibel. *Artikel*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Ningsih, R.W., 2020. Performa *Dye Sensitized Solar Cell* Menggunakan Pemeka Cahaya dari Ekstraksi Klorofil Daun Eceng Gondok dengan Metode Ultrasonic Assisted Ekstraktion. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya.
- 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.
- Praseptiangga, D., Aviany, T, P., dan Parnanto, N, H R., 2016. Pengaruh Penambahan Gum Arab Terhadap Karakteristik Fisikokimia Dan Sensorisfruit Leathernangka (*Artocarpus Heterophyllus*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 9(1): 72-83.
- Prasetyowati, D, A., Widowati, E., dan Nursiwi, A., 2014. Pengaruh Penambahan Gum Arab Terhadap Karakteristik Fisikokimia Dan Sensoris Fruit Leather Nanas (*Ananas Comosus* L. Merr.) Dan Wortel (*Daucus Carota*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(2): 139-148.
- Pratama, A. J. dan Laily, A. N., 2015. Analisis Kandungan Klorofil Gandasuli (*Hedychium gardnerianum* Shephard ex Ker-Gawl) pada Tiga Daerah Perkembangan Daun yang Berbeda. *Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*, 216-219.
- 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.

- Pujilestari, T., 2015. Sumber Dan Pemanfaatan Zat Warna Alam Untuk Keperluan industri. *Dinamika Kerajinan dan Batik*, 32(2): 93-106.
- Purwoto, B, H., Jatmiko., Alimul, M, F., 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.
- Ranti, A. D., Amri, A. dan Yelmida., 2016. Pengaruh Ketebalan Koating 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.
- 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*, 58-64.
- 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.
- 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.
- 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.
- Taqwa, K, Z, dan Dwiyanoro, B, A., 2015. Studi Eksperimental Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Performa DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) Dengan Ekstrak Buah Dan Sayur Sebagai Dye Sensitizer . *Jurnal Teknik ITS*, 4(1): 20-24).

- Wardiyati, S., 2004. Pemanfaatan Ultrasonik dalam Bidang Kimia. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dan Teknologi Bahan*, 12(5), 419-425.
- Windi, S. D., Latief, T., & Pratama, F. 2017. Dye Sensitized Solar Cell Dengan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) Sebagai Pemeka Cahaya. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Yuliarosa, R., 2019. Dye Sensitized Solar Cell dengan Variasi Pemeka Cahaya dan Intensitas Cahaya. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Zainuddin, A., 2020. Aplikasi Xanthan Gum Terhadap Sifat Kehomogenan Dan Citarasa Kopi Pinogu. *Jurnal Agercolere*. 2(1): 1-5.