

SKRIPSI

**KINERJA KELISTRIKAN *DYE SENSITIZED SOLAR CELL*
DENGAN VARIASI KONSENTRASI *DYE BUBUK DAUN*
ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)**

***ELECTRICAL PERFORMANCE OF DYE SENSITIZED SOLAR
CELL WITH VARIED CONCENTRATIONS OF POWDERED-
DYE OF WATER HYACINTH (Eichhornia crassipes) LEAVES***



**Veni Carmelia Permata Sari Siagian
05021381722066**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

RINGKASAN

VENI CARMELIA PERMATA SARI SIAGIAN. Kinerja Kelistrikan *Dye Sensitized Solar Cell* Dengan Variasi Konsentrasi *Dye* Bubuk Daun Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) (Dibimbing oleh **TAMRIN**).

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan piranti yang berfungsi untuk mengubah cahaya matahari (foton) menjadi energi listrik dengan menggunakan *dye* sebagai media penyerap cahaya. *Dye* memiliki peranan penting terhadap performa *DSSC*. *Dye* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu zat klorofil dari ekstrak daun eceng gondok. Daun eceng gondok diekstrak menggunakan metode UAE selama 45 menit. Hasil ekstraksi daun eceng gondok kemudian dikeringkan dengan metode *foam mat drying* sehingga *dye* dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama dengan kualitas yang tetap baik. *Dye* bubuk ekstrak daun eceng gondok kemudian dibuat variasi konsentrasi untuk mengetahui pengaruh *dye* dengan kadar berbeda terhadap performa *DSSC*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh konsentrasi *dye* yang berbeda terhadap performa *DSSC*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2021 sampai dengan Juni 2021, di laboratorium Energi dan Elektrifikasi, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Penelitian ini terdiri atas tiga tahapan antara lain: penyusunan dan perangkaian *DSSC*, pengujian serta pengolahan data *DSSC*. Kaca TCO yang digunakan sebagai kedua elektroda *DSSC* penelitian ini memiliki resistensi antara 0,8 k Ω sampai 8,6 k Ω . *DSSC* diuji dengan variasi konsentrasi *dye* yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10% serta *DSSC* kontrol yang merupakan hasil ekstraksi daun eceng gondok murni (tanpa pembubukan). Parameter yang diamati diantaranya: perhitungan kadar klorofil dengan data absorbansi dititik 649 nm dan 665 nm menggunakan rumus Wintermans dan De Motz, arus dan tegangan, daya, faktor pengisian dan efisiensi *DSSC*. Kandungan klorofil terus bertambah seiring dengan pemekatan konsentrasi. Kandungan klorofil tertinggi terdapat pada *DSSC* EG V dengan konsentrasi 10% yakni sebesar 8,3405 mg/L. Nilai efisiensi *DSSC* terbaik secara umum ditunjukkan pada *DSSC* EGK VI yang merupakan *DSSC* menggunakan *dye* kontrol dengan efisiensi sebesar 5,82%. Adapun pada *dye* bubuk ekstrak daun eceng gondok dengan variasi konsentrasi, performa terbaik ditunjukkan oleh *DSSC* EG II dengan konsentrasi 4%. Hasil karakteristik kelistrikan pada parameter yang diuji antara lain V_{oc} : 647 mV, I_{sc} : 0,0364 mA, I_{max} : 0,0255 mA, V_{max} : 321 mV, P_{output} : 8,1855 mW, FF : 0,347 dan Efisiensi: 4,92%.

Kata kunci : daun eceng gondok, *dye* bubuk, efisiensi, *foam-mat drying*, konsentrasi *dye*.

SUMMARY

VENI CARMELIA PERMATA SARI SIAGIAN. Electrical Performance of Dye Sensitized Solar Cell With Varied Concentrations of Powdered-Dye of Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) Leaves (Guided by **TAMRIN**).

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a device that functions to convert sunlight (photons) into electrical energy by using *dye* as a light-absorbing medium. *Dye* has an important role in performance *DSSC*. The dye used in this study was chlorophyll from water hyacinth leaf extract. Water hyacinth leaves were extracted using the method *UAE* for 45 minutes. The extracted water hyacinth leaves are then dried using the method of foam *mat drying* so that the *dye* can be stored for a longer time with good quality. *Dye* powder of water hyacinth leaf extract was then varied in concentration to determine the effect of different levels of dye on the performance of *DSSC*. The purpose of this research was to study the effect of concentrations *dye* different on the performance of *DSSC*. This research was conducted from April 2021 to June 2021, in the Energy and Electrification Laboratory, Department of Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University, Indralaya. This research consists of three stages, among others: the preparation of *assembly DSSC*, testing and processing of data *DSSC*. The *TCO* glass used as the second electrode *DSSC* in this study has a resistance of 0.8 k Ω to 8.6 k. *DSSC* was tested with variations in dye concentration, namely 2, 4, 6, 8, and 10% as well as *DSSC* control which was extracted from pure water hyacinth leaves (without powder). Parameters included: calculation of chlorophyll content with absorbance data at 649 nm and 665 nm using the Wintermans and De Motz formula, current and voltage, power, charging factor and efficiency of *DSSC*. The content of chlorophyll continues to increase along with the concentration. The highest chlorophyll content was found in *DSSC* EG V with a concentration of 10%, which was 8.3405 mg/L. The Efficiency value *DSSC* best is generally shown in *DSSC* EGK VI which is a *DSSC* using *dye* control with an efficiency of 5.82%. As for the *dye* powdered water hyacinth leaf extract with various concentrations, the best performance was shown by *DSSC* EG II with a concentration of 4%. The results of the electrical characteristics on the parameters tested include V_{oc} : 647 mV, I_{sc} : 0.0364 mA, I_{max} : 0.0255 mA, V_{max} : 321 mV, P_{output} : 8.1855 mW, FF : 0.347 and Efficiency: 4.92%.

Keywords : *Water hyacinth leaves, dye concentration, dye powder, efficiency, foam-mat drying.*

SKRIPSI

**KINERJA KELISTRIKAN *DYE SENSITIZED SOLAR CELL*
DENGAN VARIASI KONSENTRASI *DYE* BUBUK DAUN
ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)**

***ELECTRICAL PERFORMANCE OF DYE SENSITIZED SOLAR
CELL WITH VARIED CONCENTRATIONS OF POWDERED-
DYE OF WATER HYACINTH (Eichhornia crassipes) LEAVES***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian pada Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya**



**Veni Carmelia Permata Sari Siagian
05021381722066**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

KINERJA KELISTRIKAN *DYE SENSITIZED SOLAR CELL*
DENGAN VARIASI KONSENTRASI *DYE* BUBUK DAUN
ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)

SKRIPSI

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

Oleh:

Veni Carmelia Permata Sari Siagian
05021381722066

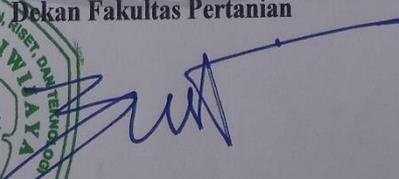
Indralaya, September 2021

Pembimbing

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

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian



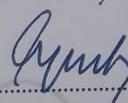

Dr. Ir. A. Muslim, M. Agr.
NIP 196412291990011001

Skripsi dengan Judul “Kinerja Kelistrikan *Dye Sensitized Solar Cell* Dengan Variasi Konsentrasi *Dye* Bubuk Daun Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)” oleh Veni Carmelia Permata Sari Siagian telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Juli 2021 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

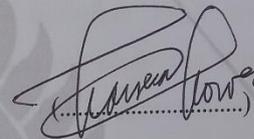
1. Prof. Dr. Ir. Tamrin, M.Si.
NIP. 196309181990031004

Ketua

()

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

Penguji

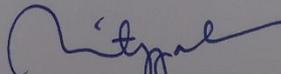
()

Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian



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

Indralaya, September 2021
Koordinator Program Studi
Teknik Pertanian

()
Dr. Ir. Tri Tunggal, M. Agr.
NIP. 196210291988031003

PERYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Veni Carmelia Permata Sari Siagian

NIM : 05021381722066

Judul : Kinerja Kelistrikan *Dye Sensitized Solar Cell* Dengan Variasi Konsentrasi *Dye* Bubuk Daun Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)

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

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



Indralaya. September 2021



Veni Carmelia Permata Sari Siagian

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Veni Carmelia Permata Sari Siagian merupakan salah satu mahasiswi Universitas Sriwijaya angkatan tahun 2017 yang menempuh pendidikan formal Strata-1 di Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara pasangan dari Jannus Siagian dan Helmina Sitompul, lahir di Palembang pada tanggal 04 Maret 1999. Penulis memiliki 2 saudara perempuan dan 1 saudara laki-laki.

Penulis telah menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Xaverius 9 Palembang pada tahun 2005, Sekolah Dasar di SD Xaverius 9 Palembang pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Xaverius 7 Palembang pada tahun 2014, Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 3 Palembang pada tahun 2017. Saat ini, penulis sedang melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Sriwijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Prodi Teknik Pertanian. Penulis mengikuti kegiatan Jurusan Teknologi Pertanian seperti pada LC IMATETANI Rayon B diadakan di Universitas Negeri Lampung pada tahun 2018.

Penulis telah melaksanakan kegiatan KKN Khusus pada tahun 2020 yang berkerja sama dengan Badan Standardisasi Nasional (BSN) di Kelurahan Lebung Gajah, Kecamatan Sematang Borang, Palembang. Selain itu penulis juga telah melakukan kegiatan Praktik Lapangan di Bioindustri Padi Terpadu Di Desa Telang Rejo Kecamatan Muara Telang Kabupaten Banyuasin dalam meninjau Proses Pengolahan Sekam Padi Menjadi Pupuk Biosilika Cair.

KATA PENGANTAR

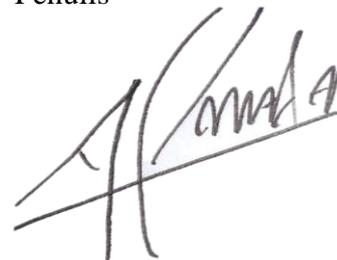
Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Kinerja Kelistrikan *Dye Sensitized Solar Cell* Dengan Variasi Konsentrasi *Dye* Bubuk Daun Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)”. Skripsi ini 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 selaku dosen pembimbing akademik serta pembimbing skripsi, yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Ungkapan terima kasih untuk orang tua yang telah membantu dengan doa dan dukungan, teman-teman seperjuangan yang telah memberi semangat serta semua pihak yang telah membantu penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga skripsi ini dapat memberikan informasi bagi kita semua yang membutuhkan.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bila ada kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga kedepannya dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca.

Indralaya, September 2021

Penulis



Veni Carmelia Permata SS

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan kasih dan karunia-Nya, serta orang-orang yang berdedikasi selama masa kuliah penulis. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

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 sebagai pembimbing akademik dan juga pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, dorongan, pengetahuan, dukungan, motivasi, nasehat kebaikan yang jadi pembelajaran serta menjadi bekal dan ilmu yang semoga bermanfaat untuk kedepannya bagi penulis.
6. Orang tua yang penulis sayangi dan cintai yang selalu mengingatkan penulis, memberikan motivasi, kasih sayang, nasehat, dukungan, semangat serta doa yang tidak henti-hentinya mengalir demi kelancaran dan kesuksesan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Ir. Haisen Hower, M.P. yang telah bersedia dan menyempatkan waktu menjadi penguji dalam proses penyelesaian skripsi oleh penulis, yang telah memberikan arahan, saran, masukan, arahan kebaikan penulisan skripsi oleh penulis, dan nasehat kebaikan untuk penulis.
8. Saudaraku tersayang, kakak kandungku Desi Hilda Purnama Sari Siagian dan Jeni Oktavia Milasari Siagian yang selalu mendukung, memberikan motivasi, kasih sayang dan selalu ada untuk penulis.
9. Adiku tersayang, Riski Rivaldo Hamonangan Siagian yang selalu mendukung, memberikan motivasi, selalu mengantar jemput dan menunggu penulis selama pengambilan data, tempat keluh kesah, menemani penulis mencari

eceng gondok yang akan digunakan penulis dalam penelitian, dan teman makan serta nyanyi selama perjalanan pulang penelitian.

10. 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 apapun yang telah ibu sampaikan menjadi bermanfaat untuk kedepannya bagi penulis.
11. Staf administrasi Fakultas Pertanian Palembang (mbak siska dan mbak nike) dan staf administrasi akademik dan analis jurusan Teknologi Pertanian (kak john dan mbak desi) yang telah memberikan informasi, bantuan dalam mengurus berkas dan data yang berkaitan dengan kelancaran kegiatan perkuliahan penulis.
12. Mba Ratna Widia Ningsih terima kasih banyak atas segala apapun ilmu yang telah disampaikan, pertolongan, kesabaran mba dalam mengajar kami, motivasi, masukan, nasehat serta bantuan yang mba berikan kepada penulis sampai sekarang yang belum bisa penulis balas penulis ucapan terimakasih banyak mba. Semoga mba diberikan kesehatan, umur panjang, rezeki yang menimpah dan yang paling penting semoga dapat jodoh yang terbaik.
13. Teman-teman satu pembimbing dan satu penelitian Eni Yuniawati dan Irma Santika yang selalu membantu penulis, memberikan semangat, dan motivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Semoga kita bisa berkumpul kembali dalam keadaan sukses masing-masing.
14. Ghirana Hananita Dauratri yang menjadi teman seperjuangan yang senantiasa menemani penulis selama masa kuliah, menjadi tempat diskusi selama kuliah, menjadi tempat curhat, selalu memberikan motivasi, nasehat, penyemangat, memberikan semangat selama penulisan skripsi. Semoga kita bisa berkumpul kembali dalam keadaan sukses.
15. Teman-teman girlsquad TP17 Palembang mas rara, abang yayuk, ibuk enji, etak, winwin, heni, mbak indah, rani, nikita dan miftah yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
16. Keluarga besar Teknik Pertanian 2017, yang telah menemani penulis dari mulai awal masuk perkuliahan sampai selesai masa studi.

17. Semua pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu

Indralaya, September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Tujuan	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Energi Surya.....	7
2.2. Sel Surya berbasis Pewarna Tersensitisasi (SSPT).....	7
2.3. Struktur dan Prinsip Kerja <i>DSSC</i>	8
2.3.1. Struktur <i>DSSC</i>	8
2.3.1.1.Kaca Substrat	9
2.3.1.2.Pasta <i>Titanium dioksida</i>	10
2.3.1.3. <i>Dye</i> (Zat Warna).....	11
2.3.1.4.Larutan Elektrolit	12
2.3.1.5.Katalis pada Elektroda Pembanding	13
2.3.2. Prinsip Kerja <i>DSSC</i>	13
2.4. <i>Dye</i> Klorofil	15
2.5. Tanaman Eceng Gondok	17
2.6. Metode Ekstraksi <i>Ultrasonic Assisted Extraction</i>	18
2.7. Konsentrasi <i>Dye</i>	20
2.8. Metode <i>Foam Mat Drying</i>	21
2.9. Pengukuran dan Perhitungan Perfroma <i>DSSC</i>	23
2.9.1. Kandungan Klorofil Daun Eceng Gondok.....	23
2.9.2. Tegangan dan Arus	23
2.9.3. Daya yang Dihasilkan	24
2.9.4. <i>Fill Factor</i>	24

	Halaman
2.9.5. Efisiensi <i>DSSC</i>	25
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN	26
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	26
3.2. Alat dan Bahan.....	26
3.3. Metode Penelitian.....	27
3.4. Cara kerja	27
3.4.1. Persiapan Struktur <i>DSSC</i>	28
3.4.1.1.Pemotongan Kaca Substrat	28
3.4.1.2.Pembuatan Sensitizer	28
3.4.1.3.Pembuatan <i>Dye</i> Bubuk Daun Eceng Gondok	29
3.4.1.4.Pembuatan Konsentrasi <i>Dye</i>	29
3.4.1.5.Pembuatan Pasta <i>Titanium dioksida</i>	31
3.4.1.6.Pembuatan Elektroda Kerja dan Elektroda Pembanding	31
3.4.2. Penyusunan dan Perangkaian <i>DSSC</i>	32
3.4.3. Pengujian Rangkaian <i>DSSC</i>	32
3.5. Parameter Penelitian.....	33
3.5.1. Kandungan Klorofil Daun Eceng Gondok.....	33
3.5.2. Perhitungan Kadar Air <i>Dye</i> Daun Eceng Gondok	34
3.5.3. Pengukuran Arus dan Tegangan	34
3.5.4. Perhitungan Daya	34
3.5.5. Perhitungan <i>Fill Factor</i>	35
3.5.6. Perhitungan Efisiensi <i>DSSC</i>	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Pengukuran Kadar Klorofil.....	37
4.2. Kadar Air Daun Eceng Gondok	40
4.3. Pengukuran terhadap Arus dan Tegangan	41
4.3.1. <i>DSSC</i> I (Sampel EG I Konsentrasi 2%)	43
4.3.2. <i>DSSC</i> II (Sampel EG II Konsentrasi 4%)	44
4.3.3. <i>DSSC</i> III(Sampel EG III Konsentrasi 6%).....	45
4.3.4. <i>DSSC</i> IV (Sampel EG IV Konsentrasi 8%)	46
4.3.5. <i>DSSC</i> V (Sampel EG V Konsentrasi 10%)	47

	Halaman
4.3.6. <i>DSSC</i> VI (Sampel EG VIEkstraksi <i>UAE</i> selama 45 menit).....	47
4.4. Perhitungan Daya	48
4.5. Perhitungan <i>Fill Factor</i>	50
4.6. Perhitungan Efisiensi	50
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Susunan <i>DSSC</i>	9
Gambar 2.2. Prinsip kerja <i>DSSC</i>	14
Gambar 2.3. Eceng Gondok	18
Gambar 2.4. Karakteristik kurva I-V pada <i>DSSC</i>	24
Gambar 4.1. Kadar klorofil masing-masing sampel	37
Gambar 4.2. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> I <i>dye</i> bubuk ekstrak daun eceng gondok dengan konsentrasi 2%	43
Gambar 4.3. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> II <i>dye</i> bubuk ekstrak daun eceng gondok dengan konsentrasi 4%	44
Gambar 4.4. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> III <i>dye</i> bubuk ekstrak daun eceng gondok dengan konsentrasi 6%	45
Gambar 4.5. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> IV <i>dye</i> bubuk ekstrak daun eceng gondok dengan konsentrasi 8%	46
Gambar 4.6. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> V <i>dye</i> bubuk ekstrak daun eceng gondok dengan konsentrasi 10%	47
Gambar 4.7. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> VI <i>dye</i> ekstrak daun eceng gondok selama 45 menit dengan metode UAE	48
Gambar 4.8. Daya keluaran <i>DSSC</i> I-VI (P_{output})	49
Gambar 4.9. Daya Masukan <i>DSSC</i> I-VI (P_{input})	50
Gambar 4.10. Nilai efisiensi <i>DSSC</i> I-VI	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Nilai karakteristik pengukuran tegangan dan arus masing-masing <i>DSSC</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram alir penelitian	61
Lampiran 2. Diagram alir ekstrak bubuk <i>dye</i> daun eceng gondok.....	62
Lampiran 3. Tabel data basorbansi dan perhitungan kandungan klorofil.....	63
Lampiran 4. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> EG I (Sampel 1)	67
Lampiran 5. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> EG II (Sampel 2)	69
Lampiran 6. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> EG III (Sampel 3)	72
Lampiran 7. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> EG IV (Sampel 4)	75
Lampiran 8. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> EG V (Sampel 5)	77
Lampiran 9. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> EGK VI (Sampel 6)	79
Lampiran 10. Data pengukuran intensitas cahaya.....	82
Lampiran 11. Perhitungan daya (<i>input</i> dan <i>output</i>), faktor pengisian (<i>FF</i>) dan efisiensi <i>DSSC</i>	83
Lampiran 12. Perhitungan kadar air.....	93
Lampiran 13. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	94

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Manusia memiliki berbagai macam kebutuhan yang harus di penuhi untuk keberlangsungan hidup. Salah satunya yaitu energi. Energi menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi manusia dikarenakan setiap aktifitas yang dilakukan oleh manusia memerlukan energi. Energi dibutuhkan dalam kehidupan sebagai penerangan, panas pada setrika, lemari pendingin, *rice cooker*, dan lainnya. Hal tersebut juga termasuk seperti kegiatan transportasi, pelaku industri, pertanian, dan proses produksi. Suplai energi di alam yang sangatlah melimpah, sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut. Namun, seiring dengan berjalannya waktu dari tahun ketahun jumlah penduduk di dunia mengalami peningkatan, sehingga kebutuhan manusia pada energi juga ikut mengalami peningkatan. Hal tersebut dikarenakan jumlah kebutuhan energi berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Peningkatan kebutuhan manusia pada energi menyebabkan pasokan energi di alam menipis. Hal tersebut dikarenakan energi yang digunakan manusia dalam beraktifitas adalah energi fosil, yang membutuhkan waktu jutaan tahun untuk dapat diperbarui. Tidak hanya itu, penggunaan energi fosil dalam beraktifitas memiliki dampak buruk bagi lingkungan hidup (Musffa, 2018).

Oleh karena itu, manusia harus berpikir secara inovatif untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satunya yaitu dengan mengalihkan penggunaan energi fosil ke energi yang dapat diperbarui. Para peneliti mengusahakan energi alternatif tersebut ramah terhadap lingkungan, mudah didapatkan, murah serta dapat diperbarui. Selain energi fosil, di alam semesta berbagai sumber daya alam seperti sinar matahari, air, angin, pasang surut air laut, panas bumi, dan panas laut dapat dimanfaatkan menjadi energi yang terbaru untuk memenuhi kebutuhan energi pada manusia. Energi yang dihasilkan dengan memanfaatkan sumber daya alam tersebut merupakan energi yang bersih dan aman. Selain itu, ketersediaan

sumber daya tersebut dapat ditemui di seluruh penjuru dunia, sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia di seluruh penjuru dunia (Musffa, 2018).

Indonesia merupakan salah satu negara yang dilintasi garis khatulistiwa, sehingga Indonesia memiliki iklim tropis. Tidak hanya itu, berada dilintasan garis khatulistiwa Indonesia menerima sinar matahari lebih lama dibandingkan dengan negara-negara lain. Lama penyinaran matahari di Indonesia berkisar antara 10 sampai 12 jam perhari yang merata di seluruh wilayah Indonesia sepanjang tahunnya dengan total intensitas penyinaran rata-rata $4,5 \text{ kWh/m}^2$ (Widodo *et al.*, 2010). Berdasarkan uraian tersebut hal tersebut Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk memanfaatkan sinar matahari menjadi sebuah energi terbarukan. Salah satunya yaitu dengan memanfaatkan panas dari sinar matahari yang mengandung foton untuk dikonversi menjadi listrik dengan bantuan suatu rangkaian alat yang disebut *Solar Cell* (Sel Surya). Pada proses mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik tidak menimbulkan polusi sehingga tidak menimbulkan dampak negatif pada lingkungan hidup serta dapat menjadi sumber energi listrik yang menjanjikan untuk masa depan (Purworto *et al.*, 2016).

Seiring dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan sel surya terus mengalami perbaikan untuk mendapatkan hasil yang terbaik, sehingga sel surya terbagi menjadi 3 generasi. Generasi pertama adalah sel surya monokristal dan polikristal yang berbasis kristal silikon, yang dimana pada generasi pertama ini dapat menghasilkan efisiensi yang baik akan tetapi pada proses fabrikasinya membutuhkan biaya yang sangat besar karena menggunakan bahan dasar silikon. Generasi kedua adalah sel surya lapisan tipis yang menggunakan silikon yang murah serta menggunakan bahan semikonduktor, sel surya ini memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan sel surya generasi pertama akan tetapi bahan-bahan yang digunakan dalam fabrikasinya memberikan dampak buruk pada lingkungan karena mengandung senyawa yang berbahaya. Generasi ketiga adalah sel surya yang berbasis *dye* (zat warna) (Setyawan, 2018).

Sel surya generasi ketiga yang berbasis zat warna (*dye*) atau yang lebih dikenal dengan *Dye Sensitized Solar Cell* (*DSSC*) ini pertama kali diperkenalkan oleh Gratzel di tahun 1991. *Dye Sensitized Solar Cell* (*DSSC*) merupakan piranti yang berfungsi untuk mengubah cahaya matahari (foton) menjadi energi listrik

dengan menggunakan *dye* (zat warna) sebagai media penyerap cahaya. Menurut Muharam *et al.* (2018), sejak saat itu penelitian tentang *DSSC* telah berkembang hingga sekarang. Efisiensi yang diperoleh tercatat 10,4%, 11,1% dan terbaru *DSSC* berbasis elektrolit cair telah mencapai efisiensi sebesar 13%, hampir mendekati nilai efisiensi realistis secara komersial. *DSSC* (*Dye Sensitized Solar Cell*) tersusun dari 2 komponen yaitu elektroda kerja yang berupa kaca *TCO*, TiO_2 , *dye* (zat warna) dan elektrolit; dan elektroda pembanding yang berupa kaca *TCO* dan katalis (Mulyani dan Astuti, 2014).

Prinsip kerja dari *DSSC* (*Dye Sensitized Solar Cell*) yaitu ketika sinar matahari menimpa elektroda kerja, sinar matahari yang mengandung foton akan diserap oleh *dye*, sehingga elektron dari *dye* akan tereksitasi ke TiO_2 . Elektron yang tereksitasi tersebut akan diinjeksikan ke TiO_2 menuju sisi konduktif kaca, sehingga *dye* dalam keadaan teroksidasi. Elektron akan mengalir ke sirkuit luar menuju elektroda pembanding yang sudah dilapisi oleh katalis yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi elektron dengan larutan elektrolit. Elektron akan beraksi dengan larutan iodide menghasilkan iodida yang dimana larutan tersebut yang mengandung elektron akan mengisi *dye* yang teroksidasi. Prinsip kerja ini akan terus menerus terulang sampai *dye* mengering.

Zat warna (*dye*) dalam *DSSC* memiliki peranan penting dalam penyerapan energi foton dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Zat warna (*dye*) yang digunakan dalam *DSSC* yaitu *dye* sintetis seperti *Ruthenium Complex* dan *dye* alami seperti antosianin, cyanin, xantofil, tanin, maupun klorofil. Saat ini penggunaan *dye* sintesis pada *DSSC* sudah sangat jarang di temukan, hal tersebut dikarenakan *Ruthenium Complex* di alam terbatas dan harganya yang mahal serta dalam fabrikasinya menimbulkan dampak negatif pada lingkungan karena mengandung bahan kimia walaupun memiliki nilai efisiensi yang tinggi yaitu 13% (Dahlan *et al.*, 2016). Oleh karena itu, *dye* yang digunakan pada *DSSC* mulai dialihkan ke *dye* alami seperti antosianin, cyanin, xantofil, tanin, maupun klorofil yang terdapat pada bagian tubuh tumbuhan seperti daun, bunga, buah, dan batang. Ketersediaan *dye* alami yang begitu melimpah di alam menjadi salah satu faktor pemanfaatan tersebut. Selain itu, *dye* alami dalam

fabrikasinya tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan walaupun efisiensi yang dihasilkan masih jauh dari *dye* sintetis (Afandi *et al.*, 2019).

Daun eceng gondok merupakan tumbuhan gulma yang hidup mengapung di perairan danau, sungai dan rawa yang memberikan dampak negatif pada lingkungan perairan (Yuliantin *et al.*, 2018). Daun eceng gondok memiliki pertumbuhan yang pesat dan tidak dapat dikendalikan hal tersebut memberikan dampak negatif pada lingkungan perairan yang dimana dapat menyebabkan terjadinya banjir, mempercepat pendangkalan air, membuat pembendungan pada saluran irigasi, merusak pemandangan serta dinilai tidak memiliki nilai jual (Samsudin dan Husnussalam, 2017). Oleh karena itu, perlu dilakukan penanggulangan untuk pertumbuhan daun eceng gondok. Daun eceng gondok mengandung klorofil yang terletak di sel epidermis yang dimana selain berfungsi sebagai fotosintesis kandungan klorofil tersebut dapat dimanfaatkan sebagai zat warna yang dapat digunakan untuk *DSSC* (Hasyim, 2016). Pemanfaatan daun eceng gondok tersebut selain memberikan dampak positif bagi lingkungan air, juga memberikan dampak positif bagi manusia yaitu memberikan energi alternatif yang dapat digunakan untuk masa depan.

Zat warna (*dye*) alami seperti antosianin, cyanin, xantofil, tanin, maupun klorofil yang terdapat di batang, daun, buah dan bunga di dapat dengan proses ekstraksi (Afandi *et al.*, 2019). Adapun pada proses ekstraksi bahan *dye* terdapat beberapa metode ekstrak, salah satunya adalah *Ultrasonic-assisted extraction (UAE)*. Metode *Ultrasonic-assisted extraction (UAE)* merupakan proses ekstraksi dengan memberikan gelombang ultrasonik terhadap bahan yang akan diekstraksi. Keunggulan dari metode *Ultrasonic-assisted extraction (UAE)* dibandingkan dengan metode konvensional lainnya yaitu dapat menghasilkan rendemen yang tinggi dan tidak membutuhkan waktu yang banyak dalam pengekstrakan (Febriana, 2016).

Menurut Sholihah *et al.* (2017), *Ultrasonic-assisted extraction (UAE)* adalah salah satu metode ekstraksi berbantu ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang suara yang memiliki frekuensi di atas pendengaran manusia (≥ 20 kHz). Metode ekstraksi ini digunakan untuk memperoleh kandungan antioksidan yang lebih tinggi dengan waktu yang relatif singkat. Ultrasonik

bersifat *non-destructive* dan *non-invasive* sehingga dapat dengan mudah diadaptasikan dalam berbagai aplikasi.

Berdasarkan penelitian Dewi dan Romadhoni (2018), pembuatan zat warna alami dari mikroalga hijau dan daun suji dapat dilakukan dengan metode UAE. Hasil ekstraksi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi etanol, konsentrasi etanol memiliki titik optimum untuk menghasilkan yield tertinggi. Waktu optimum setiap variabel berbeda-beda karena tergantung dari kondisi operasi ketika proses ekstraksi berlangsung. Rasio (w/v), yield akan semakin tinggi seiring dengan semakin tingginya rasio (w/v).

Pada umumnya zat warna (*dye*) yang diperoleh dari proses ekstraksi adalah dalam bentuk konsentrat yang langsung diaplikasikan langsung ke TiO₂. Zat warna dalam bentuk konsentrat memiliki kandungan air yang sangat tinggi sehingga memiliki masa penyimpanan yang tidak lama. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengatasi hal tersebut salah satunya yaitu dengan membuat zat warna dalam bentuk bubuk. Hal tersebut dikarena bubuk memiliki kandungan air yang rendah, memiliki masa penyimpanan yang panjang dan mudah dalam pengaplikasiannya (Permatasari dan Afifah, 2020).

Metode yang digunakan untuk proses pengeringan zat warna yaitu *foam mat drying*. *Foam mat drying* merupakan teknik pengeringan bahan berbentuk cair sebelumnya diberikan zat pembusa (*foaming agent*) yang berfungsi untuk memperluas permukaan sehingga dapat mempercepat proses pengeringan dengan menggunakan suhu yang rendah serta tidak merusak bahan (Santi *et al.*, 2018). Menurut T *et al.* (2014), Metode pengeringan busa mempunyai kelebihan antara lain prosesnya relatif sederhana dan murah, proses pengeringan dapat dilakukan pada suhu yang rendah yaitu sekitar 50°C-80°C sehingga warna, rasa, vitamin, dan zat gizi lain dapat dipertahankan. Selain itu, produk bubuk yang dihasilkan juga memiliki karakteristik nutrisi dan mutu organoleptik yang baik.

Menurut Setiawan *et al.* (2015), performa DSSC dipengaruhi oleh konsentrasi *dye*. Serapan optik secara konsisten menurun seiring dengan pengurangan konsentrasi *dye*. Semakin kecil konsentrasi maka senyawa pigmen yang terkandung dalam *dye* semakin kecil, oleh karena itu puncak serapan optik semakin menurun. Pengaruh konsentrasi *dye* juga terlihat dari arus maksimum

dan tegangan maksimum. Nilai arus maksimum yang dihasilkan semakin meningkat dengan meningkatnya nilai konsentrasi *dye*. Dengan demikian daya maksimum yang dihasilkan juga tergantung pada nilai konsentrasi. Semakin besar nilai konsentrasi maka semakin besar peluang terbentuknya ikatan antara *dye* dengan molekul TiO_2 . Konsentrasi *dye* yang digunakan dalam *DSSC* berpengaruh terhadap nilai arus maksimum (daya maksimum), konsistensi serapan optik *dye*, dan efisiensi *DSSC*.

Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini akan dilakukan dengan melakukan pengekstrakan pada daun eceng gondok menggunakan metode *Ultrasonic-assisted extraction (UAE)*, kemudian dilakukan pengeringan dengan melalui metode *Foam Mat Drying* untuk menghasilkan *dye* bubuk daun eceng gondok. Pengaplikasian *dye* bubuk daun eceng gondok terhadap *DSSC* dilakukan dengan variasi konsentrasi *dye* untuk memperoleh performa *DSSC* yang terbaik dengan konsentrasi tertentu.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini mempelajari kinerja *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan variasi konsentrasi *dye* dari bubuk ekstrak daun eceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) yang dikeringkan dengan metode *foam-mat drying*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, S. R., Puspitasari, N., 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.
- Adi, A. S., 2016. Analisa Performa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Melalui Rancangan Bangun Serta Pengukuran dengan Sensor Solar *Irradiance* dan Temperatur. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Afandi, I., Iswadi, Aisyah, dan Hernawati, 2019. Studi Awal Fabrikasi Sel Surya Berbasis *Dye Sensitized Solar Sel (DSSC)* dengan Menggunakan Ekstrak Buah dan Daun Sirsak (*Annona muricata L*) Sebagai Fotosensitizer. *Jurnal Fisika dan Terapannya*, 2(6), 176-187.
- Agustinus, Fernando Martua dan Poespawati, Nji Raden, 2013. Fabrikasi dan Analisis Sel Surya Tersensitisasi *Dye* Berbasis TiO_2 Dengan Pengaruh Ekstrak Daun Bayam Merah Sebagai *Dye* Alami. *Skripsi*. Universitas Indonesia
- Alfidharisti, S. R., Nurosyid, F., dan Iriani, Y, 2018. Pengaruh Waktu Terhadap Efisiensi *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 8(1), 1–5.
- Andari, R., 2017. Sintesis dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* dengan Sensitizer Antosianin dari Bunga Rosella. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 13(2), 88.
- 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 TiO_2 . *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(3), 325–337.
- Arifin, Zainal, Soeparman, Sudjito, Widhiyanuriyawan, Denny, Sutanto, Bayu and Suyitno, 2017. Performance Enhancement of Dye-sensitized Solar Cells (DSSCs) using a Natural Sensitizer. *American Institute of Physics*, 1-6.
- Candani, D., Ulfah, M., Noviana, W. dan Zainul, R., 2018. Pemanfaatan Teknologi Sonikasi. *Skripsi*. Universitas Negeri Padang.
- Dahlan, D., Leng, T. S., dan Aziz, H., 2016. *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* dengan Sensitiser *Dye* Alami Daun Pandan, Akar Kunyit dan Biji Beras Merah (*Black Rice*). *Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas*, 8(1), 1–8.

- Damayanti, R., Hardeli, dan Sanjaya, H., 2014. Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas L.*). *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(2), 148–157.
- Darwis, D., Basri, S. A., dan Iqbal, 2017. Pengawetan Klorofil Daun Katuk Sebagai Zat Pewarna Untuk Bahan *DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)* Dengan Menggunakan *Freeze Drying*. *Jurnal Gravitasi*, 15(1), 1-6.
- Dewi , Aisyah Triana Chintiyah dan Romadhoni, Fitria, 2018. Ekstraksi Zat Warna Alami Dari Daun Suji (*Pleomele angustifolia*) Dan Mikroalga Hijau (*Chlorella sp*) Untuk Bahan *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)*. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Dewi, P. A., Gunawan, dan Haris, A., 2010. Pengaruh Pelarut Metanol dan Pelarut Metanol-Asam Asetat-Air Terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* dari Ekstrak Bunga Rosela (*Hibiscus sabdariffa*). *Jurnal Sains Dan Matematika (JSM)*, 18(4), 132–138.
- Erni, N., Kardiman, R. Fadillah., 2018. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan terhadap Sifat Kimia dan Organoleptik Tepung Umbi Talas (*Colocasia esculanta*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, (4), 95-105.
- Febriana, Ike Dayi, 2016. Ekstraksi Zat Warna Alami Dari Kayu Mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan Kayu Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) Menggunakan Metode *Ultrasound Assisted Extraction (UAE)* Dan *Air – Ultrasound Assisted Reflux Extraction (AURE)*. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopembersurabaya.
- Fistiani, M. D., Nurosyid, F., dan Suryana, R., 2017. Pengaruh Komposisi Campuran Antosianin-Klorofil sebagai Fotosensitizer terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell*. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 13(1), 19-22.
- Gibson, M., Kasman, dan Iqbal., 2017. Analisa Kualitas Klorofil Daun Jarak Kepyar (*Ricinus comunis L*) Sebagai Bahan Pewarna Pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Gravitasi*, 16(2), 31–40.
- Handaratri, A., dan Yuniati, Y., 2019. Kajian Ekstraksi Antosianin dari Buah Murbei dengan Metode Sonikasi dan Microwave. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 4(1), 63-67.
- Hani, A. M., 2012. Pengeringan Lapisan Tipis Kentang (*Solanum tuberosum. L*) Varietas Granola. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Hardjanti, S., 2008. Potensi Daun Katuk Sebagai Sumber Zat Pewarna Alami Dan Stabilitasnya Selama Pengeringan Bubuk Dengan Menggunakan Binder Maltodekstrin. *Jurnal Penelitian Saintek*, 13(1), 1–18.

- Hasyim, Nur Azizah, 2016. Potensi Fitoremediasi Daun Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) Dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo. *Skripsi*. Universitas Alauddin Makassar.
- Hikmah, I., dan Prajitno, G., 2015. Pengaruh Penggunaan *Gel-Electrolyte* pada *Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* berbasis TiO₂ Nanopartikel dengan Ekstrak Murbei (*Morus*) sebagai *Dye Sensitizer* pada Substrat Kaca ITO. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(1), 2337–3520.
- Indrasti, D., Andarwulan, N., Purnomo, E. H., dan Wulandari, N., 2019. Klorofil Daun Suji : Potensi dan Tantangan Pengembangan Pewarna Hijau Alami. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(2), 109–116.
- Kurniasari, F., Hartati, I., dan Kurniasari, L., 2019. Aplikasi Metode *Foam Mat Drying* Pembuatan Bubuk Jahe (*Zingiber officinale*). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(1), 7-10.
- Kusumawardani, L. J., dan Gunlazuardi, J., 2016. Fabrikasi Sel Surya Tersensitasi Zat Warna Alizarin Red S Berbasis TiO₂ - Nanotube Berbentuk Serbuk yang diperoleh Dari Teknik *Rapid Breakdown Anodization (RBA)*. *Jurnal Ekologia*, 16(2), 11-16.
- Lahsmin, Y. K., Iswadi, I., Aisyah, A., dan Rahmaniah, R., 2019. Pengaruh Konsentrasi Pigmen Warna dari Daun Pacar Kuku (*Lawsonia inermis L.*) Terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 12(2), 189–202.
- Lahsmin, K. Y., Rahmaniah, dan Iswad., 2017. Pengaruh Konsentrasi Pigmen Warna dari Daun Pacar Kuku (*Lawsonia Inermis L.*) Terhadap Efisiensi *Dye Sensitizer Sollar Cell (DSSC)*. *Jurnal Fisika dan Terapan*, 1(4), 61-72.
- Maulina, A., Hardeli, dan Bahrizal., 2014. Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell* Menggunakan Ekstrak Antosianin Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana L.*). *Jurnal Sainstek*, 6(2), 158–167.
- Muchammad dan Setiawan, H., 2011. Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 Wp dengan Penambahan Reflektor. *Prosiding Seminar nasional Sains dan Teknologi. UWH, Semarang*, 45-50.
- Muharam, A., Arsyad, W. S., Usman, I., dan Hidayat, R., 2018. Fabrikasi Sel Surya Tersensitisasi *Dye (Dye Sensitized Solar Cell)* Dengan Variasi Lapisan *Scattering*. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 08(02), 13–20.
- Mulyani, O., dan Astuti., 2014. Sintesis Sel Surya Tersensitisasi Pewarna (SSTP) Ekstrak Antosianin Buah Delima (*Punica granatum*) dengan Metode *Sol-Gel-Spin-Coating*. *Jurnal Fisika Unand*, 3(2), 84-89.

- Mursalim, P. D., 2019. Pengaruh Konsentrasi Larutan Dye Daun Tarum (*Indigofera Tinctoria*) Terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Skripsi*. UIN Alauddin Makassar.
- Musaffa, Q. S., 2018. Uji Performansi Dssc Dengan Variasi Dye Dan Katalis. *Jurnal Stator*, 1(1), 124-127.
- Pangestuti, D. H., Gunawan, dan Haris, A., 2008. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan Sensitizer. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 11(3), 70–77.
- Permana, Joko Amin, 2020. Pengaruh Waktu Perendaman Elektroda Kerja Dengan Bahan Semikonduktor ZnO Terhadap Karakteristik *DSSC*. *Skripsi*. Universitas Jember.
- Permatasari, N. A., dan Afifah, F., 2020. Pembuatan dan Pengujian Stabilitas Bubuk Pewarna Alami dari Daun Bayam Merah (*Alternanthera amoena Voss.*). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 3, 409-422.
- 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.
- Purbasari, D., 2019. Aplikasi *Metode Foam-Mat Drying* dalam Pembuatan Bubuk Susu Keledai Instan. *Jurnal Agroteknologi*, 13(1), 52-61.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, F. M. A., dan Huda, I. F., 2016. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknik Elektro*, 18(01), 10-14.
- Putera, R. Di. H., 2012. Ekstraksi Serat Selulosa Dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Dengan Variasi Pelarut. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Putri, Widya Dwi Rukmi, Zubaidah, Elok, dan Sholahudin, N., 2013. Ekstraksi Pewarna Alami Daun Suji, Kajian Pengaruh Blanching dan Jenis Bahan Pengekstrak. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 4(1), 13-24.
- Qibtiya, M. A., Muliani, L., dan Hidayat, J., 2014. Karakteristik Pasta TiO₂ Suhu Rendah untuk Aplikasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 14(1), 1-5.
- 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.

- Ratnani , R. D., Hartati, I., dan Kurniasari, L., 2011. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Untuk Menurunkan Kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*) pH, Bau, dan Warna Pada Limbah Cair. *Momentum*, 7(1), 41-47.
- Samsudin, A., dan Husnussalam, H., 2017. IbM Pemanfaatan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) untuk Kerajinan Tas. *Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 3(1), 34-39.
- Santi, A. W., Septianti, N. A., dan Nurjanah, S., 2018. Pengaruh Penambahan Maltodektrin Terhadap Karakteristik Fisikokimia Bubuk Tomat Hasil Pengeringan Pembusaan (*Foam Mat Drying*). *Jurnal Penelitian Pertanian*, 22(1), 22-38.
- Setiari, N., dan Nurchayati, Y., 2009. Eksplorasi Kandungan Klorofil pada beberapa Sayuran Hijau sebagai Alternatif Bahan Dasar *Food Supplement*. *Bioma*, 11(1), 6–10.
- Setiawan , A., Fatayati, I., dan Aliah, H., 2015. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) Terhadap Efisiensi DSSC. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(1), 1-7.
- Setyawan, L. B., 2018. Perkembangan dan Prospek Sel Fotovoltaik Organik: Sebuah Telaah Ilmiah. *Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 17(2), 93-100.
- Shanmugam, Vinoth, Manoharan, Subbaiah, Anandan, Sambandam, and Murugan, Ramaswamy, 2013. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. *SciVerse ScienceDirect*, 35–40.
- Sholihah, M., Ahmad, U., dan Budiastira, I. W., 2017. Aplikasi Gelombang Ultrasonik untuk Meningkatkan Rendemen Ekstraksi dan Efektivitas Antioksidan Kulit Manggis. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 5(2), 161-168.
- Sidopekso, S., dan Febtiwiyanti, A. E., 2010. Studi Peningkatan Output Modul Surya dengan menggunakan Reflektor. *Berkala Fisika*, 12(3), 101–104.
- Suprianto, B., Rustana, C. E., Fahdiran, R., Matematika, F., Alam, P., dan Jakarta, U. N., 2018. *Sifat kelistrikan pada Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Coating dengan Dye menggunakan ekstraksi kulit buah rambutan (Nephelium lappaceum)*. 25, 620–625.
- T, Mulyani., R, Yulistiani., dan M, Nopriyanti. 2014. Pembuatan Bubuk Buah Markisa Dengan Metode *Foam Mat Drying*. *Jurnal Rekapangan*, 8(1), 22-38.
- Widodo, Djoko Adi , Suryono, A, Tatyantoro. 2010. Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengaturan Lalu Lintas. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 133-138.

- Wijaya, D., Yanti, P. P., A, R. S., Rizal, M., dan A, R. S. 2015. *Screening Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Daun Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)*. *Jurnal Kimia VALENSI*, 1(1), 65–69.
- Winata, E. W., dan Yunianta. 2015. Ekstraksi Antosianin Buah Murbei (*Morus alba L.*) Metode *Ultrasonic Bath* (Kajian Waktu Dan Rasio Bahan : Pelarut). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(2), 773-783.
- Yuliatin, E., Sari, Y. P., dan Hendra, M. 2018. Efektivitas Pupuk Organik Cair dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes (Mart), Solm*) untuk Pertumbuhan dan Kecerahan Warna Merah Daun *Aglaonema* „Lipstik. *Jurnal Biotropika*, 6(1), 29-34.