

SKRIPSI

**PERFORMA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL*
DENGAN PEMECA CAHAYA EKSTRAK DAUN
ECENG GONDOK YANG DIEKSTRAK DENGAN
KOMBINASI *MICROWAVE* DAN *ULTRASONIC*
*ASSISTED EXTRACTION***

***DYE SENSITIZED SOLAR CELL PERFORMANCE
WITH DYE SENSITIZER OF WATER HYACINTH LEAF
EXTRACTED WITH A COMBINATION OF
MICROWAVE AND ULTRASONIC ASSISTED
EXTRACTION***



**Ayu Islah
05021181621089**

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

SUMMARY

AYU ISLAH. *Dye Sensitized Solar Cell* Performance with Dye Sensitizer of Water Hyacinth Leaf Extracted with a Combination of Microwave and Ultrasonic Assisted Extraction. (Supervised by **TAMRIN LATIEF** and **FILLI PRATAMA**).

Dye Sensitized Solar Cell is a solar technology that is able to convert solar energy into electrical energy with organic materials as light absorbers. DSSC performance could be affected by many factors, one of which is dye sensitizer. This research used dye of water hyacinth leaves extracted by the combination methods of Microwave and Ultrasonic Assisted Extraction (MAE and UAE). The temperature and power used in MAE were 40°C and 450 Watt for the extraction times of 30 seconds, 1 minute and 1,5 minutes. The temperature and frequency used in UAE were 35°C and 40 kHz for the extraction times of 45, 50 and 55 minutes. The research consisted of three stages namely: assembling the DSSC structure, applying dye and electrolyte solution, measuring and processing of DSSC data. The TCO glass used in this research had a resistance between 0,5 k Ω to 17,2 k Ω . DSSC was tested with variations in the extraction times of the *UMAE* combinations namely: 45, 50, 55 minutes for UAE and 30, 1, and 1,5 minutes for MAE. The parameters observed including chlorophyll content that was analyzed at the absorbance at the wavelength of 649 and 665 nm based on the formula of Wintermans and De Motz, current and voltage, power, Fill Factor, and DSSC efficiency. The highest value of electrical performance were found in the DSSC 3 namely $V_{oc} = 769$ mV, $I_{sc} = 0,0275$ mA, $I_{max} = 0,0148$ mA, $V_{max} = 517$ mV, $P_{max} = 7,6516$ mW, $FF = 0,3618$ and $Efficiency = 4,69\%$ with the highest chlorophyll content of = 3,82 mg/L.

RINGKASAN

AYU ISLAH. Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Pemeka Cahaya Ekstrak Daun Eceng Gondok yang Diekstrak dengan Kombinasi *Microwave* dan *Ultrasonic Assisted Extraction* (Dibimbing oleh **TAMRIN LATIEF** dan **FILLI PRATAMA**).

Dye Sensitized Solar Cell adalah teknologi surya yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan bantuan bahan organik sebagai penyerap cahaya. Banyak faktor yang mempengaruhi performa *DSSC*, salah satunya adalah *dye sensitizer*. Penelitian ini menggunakan *dye* dari ekstrak daun eceng gondok yang diekstraksi dengan metode kombinasi *Microwave* dan *Ultrasonic Assisted Extraction* (*MAE* dan *UAE*). Suhu dan daya yang digunakan dalam *microwave* untuk proses ekstraksi yakni 105°C dan 450 Watt dengan lama waktu ekstraksi 30 detik, 1 menit dan 1,5 menit, sedangkan suhu dan frekuensi yang digunakan untuk ekstraksi menggunakan sonikator yakni 35°C dan 40 kHz dengan lama waktu ekstraksi 45, 50 dan 55 menit. Penelitian dilaksanakan dengan tiga tahapan yakni: persiapan struktur *DSSC*; penyusunan dan perangkaian *DSSC*; pengujian dan pengolahan data *DSSC*. Kaca TCO yang digunakan memiliki nilai resistensi antara 0,5 k Ω sampai 17,2 k Ω . *DSSC* diuji dengan variasi lama waktu ekstraksi kombinasi *UMAE* yakni: 45, 50, 55 menit *UAE* dan 30, 1, dan 1,5 menit *MAE*. Parameter yang diamati diantaranya perhitungan kadar klorofil berdasarkan data absorbansi Panjang gelombang 649 dan 665 nm menggunakan rumus Wintermans dan De Motz, arus dan tegangan, daya, *Fill Factor*, dan efisiensi *DSSC*. Karakterisasi kelistrikan tertinggi diperoleh pada *DSSC* 3 dengan perlakuan 1,5 menit *MAE* dan 45 menit *UAE* dengan nilai karakteristik kelistrikan yaitu $V_{oc} = 769$ mV, $I_{sc} = 0,0275$ mA, $I_{max} = 0,0148$ mA, $V_{max} = 517$ mV, $P_{max} = 7,6516$ mW, $FF = 0,3618$ dan Efisiensi = 4,69% dengan kadar klorofil total 3,82 mg/L.

SKRIPSI

PERFORMA DYE SENSITIZED SOLAR CELL DENGAN PEMEKA CAHAYA EKSTRAK DAUN ECENG GONDOK YANG DIEKSTRAK DENGAN KOMBINASI MICROWAVE DAN ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION

DYE SENSITIZED SOLAR CELL PERFORMANCE WITH DYE SENSITIZER OF WATER HYACINTH LEAF EXTRACTED WITH A COMBINATION OF MICROWAVE AND ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION

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



Ayu Islah
05021181621089

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

LEMBAR PENGESAHAN

**PERFORMA DYE SENSITIZED SOLAR CELL DENGAN
PEMEKA CAHAYA EKSTRAK DAUN ECENG GONDOK
YANG DIEKSTRAK DENGAN KOMBINASI
MICROWAVE DAN ULTRASONIC ASSISTED
EXTRACTION**

SKRIPSI

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

Oleh:

Ayu Islah
05021181621089

Indralaya, Agustus 2020

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Prof. Ir. Filli Pratama, M.Sc. (Hons), Ph.D
NIP. 196606301992032002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Pertanian



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

Skripsi dengan Judul "Performa Dye Sensitized Solar Cell dengan Pemeka Cahaya Ekstrak Daun Eceng Gondok yang Diekstrak dengan Kombinasi *Microwave* dan *Ultrasonic Assisted Extraction*" oleh Ayu Islah telah dipertahankan di hadapan komisi penguji skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Juli 2020 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan dari tim penguji.

Komisi Penguji

- | | | |
|---|------------|--------------------------|
| 1. Prof. Dr. Ir. Tamrin, M.Si.
NIP. 196309181990031004 | Ketua | (<u>Ayu Islah</u>) |
| 2. Prof. Ir. Filli Pratama, M.Sc. (Hons), Ph.D
NIP. 196606301992032002 | Sekretaris | (<u>Filli Pratama</u>) |
| 3. Dr. Ir. Hersyamsi, M.Agr.
NIP. 196008021987031004 | Anggota | (<u>Hersyamsi</u>) |
| 4. Ir. Haisen Hower, M.P.
NIP. 196612091994031003 | Anggota | (<u>Haisen Hower</u>) |

Mengetahui,
Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian

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

Indralaya, Agustus 2020

Koordinator Program Studi
Teknik Pertanian

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

PERYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ayu Islah

NIM : 05021181621089

Judul : *Performa Dye Sensitized Solar Cell dengan Pemeka Cahaya Ekstra Daun Eceng Gondok yang Diekstrak dengan Kombinasi Microwave dan Ultrasonic Assisted Extraction*

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

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



Indralaya, Agustus 2020



Ayu Islah

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan mahasiswa program studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Penulis lahir di desa Tanjung Muning pada 9 Agustus 1998 dari pasangan bapak Samsir Alam dan ibu Susliana. Penulis merupakan anak ke dua dari lima saudara. Penulis juga termasuk salah satu mahasiswi penerima manfaat beasiswa bidikmisi.

Riwayat pendidikan penulis antara lain SDN 9 Gunung Megang, SMPN 4 Gunung Megang, SMAN 1 Gunung Megang, dan saat ini penulis sedang menyelesaikan pendidikan pada program studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Penulis pernah melaksanakan Praktik Lapangan di PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim di Satuan Kerja Pengelolaan Lingkungan Tambang Air Laya pada tahun 2019 dan kemudian dilanjutkan dengan pelaksanaan kegiatan Kuliah Kerja Nyata Reguler di Desa Kedaton Kecamatan Pagar Gunung Kabupaten Lahat selama 40 hari pada tahun 2019.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan kenikmatan yang melimpah serta berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Performa Dye Sensitized Solar Cell dengan Pemeka Cahaya Ekstrak Daun Eceng Gondok yang Diekstrak dengan Kombinasi Microwave dan Ultrasonic Assisted Extraction “**. Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Tamrin, M. Si selaku dosen pembimbing satu dan tidak lupa juga kepada dosen pembimbing dua ibu Prof. Ir. Filli Pratama, M.Sc. (Hons), Ph.D yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Kepada kedua orang tua yang telah membantu dengan doa, teman-teman yang telah memberi semangat dan semua pihak yang telah membantu penulis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Indralaya, Agustus 2020
Penulis

Ayu Islah

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah segala puji bagi Allah atas nikmat dan karunianya sehingga penelitian ini dapat terselaesaikan dengan baik. Dan tak lupa juga ucapan terima kaish juga dihaturkan kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini yang 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 Latief dan Ibu Prof. Ir. Filli Pratama, M.Sc. (Hons), Ph.D. sebagai dosen pembimbing 1 dan 2 yang membimbing, mendukung dan memfasilitasi penulis dalam melaksanakan penelitian. Semoga kebaikan Bapak dan Ibu menjadi amal dan bekal untuk menuju surga-Nya. Aamiin.
6. Dosen penguji Bapak Dr.Ir. Hersyamsi, M. Agr dan bapak Ir. Haisen Hower, M.P yang telah mengarahkan, member masukan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Kedua orang tua tercinta yang telah memberi dukungan, semangat dan doa untuk menyelesaikan penelitian ini baik itu dukungan moril maupun materi semoga selalu diberi kesehatan dan mendapat surganya Allah. Aamiin
8. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar prodi Teknik Pertanian atas pelajaran dan ilmu yang diberikan.
9. Staf administrasi jurusan Teknologi Pertanian yang telah membantu menyediakan peralatan dan bahan-bahan penelitian.
10. Teman-teman satu pembimbing dan teman-teman penelitian *DSSC*, kak Riska, kak Izul, kak Ardila, kak Ibnu, Ratna Widya Ningsih, Meri Suranti, Feri Amanda, Juniansyah, serta adik-adik 2018 dan 2019 yang telah membantu menyemangati penulis dalam menyelesaikan penelitian.

11. Sahabat-sahabat terbaik yang selalu ada dalam suka dan duka penulisan skripsi ini (Prisila Jane, Era Oktarisa, Tiara Lezetra, Anna Syahara) yang selalu memberi dukungan dan semangat semoga kita semua dipertemukan kembali dalam kesuksesan Aamiin.
12. Teman dekat teman berkeluh kesah yang selalu ada dalam keadaan apapun (Yoanda Musina Rosa) terima kasih atas segala kesempatan dan waktu yang telah diberikan untuk penulis semoga dipermudah segala urusan kita aamiin.
13. Keluarga besar Teknik Pertanian 2016 yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Semoga segala ilmu yang kita peroleh membawa kita menuju kesuksesan, baik dunia maupun akhirat. Aamiin.
14. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah membalas semua kebaikan kalian. Aamiin.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
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 Matahari.....	5
2.2. <i>Dye Sensitized Solar Cell</i>	5
2.3. Prinsip Kerja <i>DSSC</i>	6
2.4. Struktur Penyusun <i>Dye Sensitized Solar Cell</i>	7
2.4.1. Kaca TCO.....	7
2.4.2. Pasta Titanium Dioksida (TiO ₂).....	8
2.4.3. <i>Dye</i>	9
2.4.4. Eceng Gondok	10
2.4.5. Elektrolit.....	11
2.4.6. Katalisator	12
2.5. Ekstraksi Bahan Organik.....	12
2.5.1. <i>Microwave Assisted Extraction (MAE)</i>	13
2.5.2. <i>Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)</i>	15
2.6. Klorofil sebagai <i>Dye</i>	17
2.7. Kemampuan Kerja <i>DSSC</i>	17
2.7.1. Kandungan Klorofil Daun Eceng Gondok.....	17
2.7.2. Arus dan Tegangan	18
2.7.3. Pengukuran Daya	18
2.7.4. <i>Fill Factor</i>	19
2.7.5. Efisiensi <i>DSSC</i>	19

BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	20
3.1. Waktu dan Tempat	20
3.2. Alat dan Bahan.....	20
3.3. Metode Penelitian.....	21
3.4. Prosedur Kerja.....	22
3.4.1. Persiapan Struktur <i>Dye Sensitized Solar Cell</i>	22
3.4.1.1. Pembuatan Kaca Substrat.....	22
3.4.1.2. Pembuatan <i>Dye</i> atau <i>Sensitizer</i>	23
3.4.1.4. Pembuatan Pasta Titanium Dioksida	24
3.4.1.5. Pembuatan Elektroda Kerja dan Elektroda Pembanding	24
3.4.2. Perangkaian dan Penyusunan <i>DSSC</i>	25
3.4.3. Pengujian <i>DSSC</i>	25
3.5. Parameter Pengujian <i>DSSC</i>	26
3.5.1. Pengukuran Kadar Klorofil Daun Eceng Gondok	26
3.5.2. Pengukuran Arus dan Tegangan	26
3.5.3. Pengukuran Daya	27
3.5.4. Pengukuran <i>Fill Factor</i>	27
3.5.5. Perhitungan Efisiensi <i>DSSC</i>	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1. Pengukuran Jumlah Kadar Klorofil	29
4.2. Pengukuran Data Arus dan Tegangan.....	34
4.2.1. Pengukuran Arus dan Tegangan pada <i>DSSC</i>	39
4.3. Pengolahan Data.....	48
4.3.1. Perhitungan Daya.....	48
4.3.2. Perhitungan <i>Fill Factor</i>	51
4.3.3. Efisiensi <i>DSSC</i>	51
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tumbuhan Eceng Gondok.....	11
Gambar 4.1. Kadar Klorofil Total Dalam Ekstrak Daun Eceng Gondok	31
Gambar 4.1. Kurva Karakteristik (I-V) <i>DSSC</i> 1	39
Gambar 4.2. Kurva Karakteristik (I-V) <i>DSSC</i> 2	40
Gambar 4.3. Kurva Karakteristik (I-V) <i>DSSC</i> 3	41
Gambar 4.4. Kurva Karakteristik (I-V) <i>DSSC</i> 4	42
Gambar 4.5. Kurva Karakteristik (I-V) <i>DSSC</i> 5	43
Gambar 4.6. Kurva Karakteristik (I-V) <i>DSSC</i> 6	44
Gambar 4.7. Kurva Karakteristik (I-V) <i>DSSC</i> 7	45
Gambar 4.8. Kurva Karakteristik (I-V) <i>DSSC</i> 8	46
Gambar 4.9. Kurva Karakteristik (I-V) <i>DSSC</i> 9	47
Gambar 4.10. Daya <i>Output DSSC</i>	48
Gambar 4.11. Daya <i>Input DSSC</i>	49
Gambar 4.12. Nilai Efisiensi <i>DSSC</i>	52

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram alir penelitian	62
Lampiran 2. Tabel pengukuran kadar klorofil ekstrak daun eceng gondok.....	63
Lampiran 2.1. Data absorbansi ekstrak daun eceng gondok.....	64
Lampiran 2.2. Perhitungan kadar klorofil ekstrak daun eceng gondok	65
Lampiran 3. Data perhitungan arus dan tegangan <i>DSSC</i> 1	69
Lampiran 4. Data perhitungan arus dan tegangan <i>DSSC</i> 2	71
Lampiran 5. Data perhitungan arus dan tegangan <i>DSSC</i> 3	74
Lampiran 6. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 4	79
Lampiran 7. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 5	82
Lampiran 8. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 6	85
Lampiran 9. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 7	90
Lampiran 10. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 8	93
Lampiran 11. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> 9	97
Lampiran 12. Data Pengukuran intensitas cahaya pada lampu halogen	102
Lampiran 13. Data perhitungan daya, <i>Fill factor</i> dan efisiensi	103
Lampiran 14. Dokumentasi penelitian	116

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam kehidupan manusia, energi mempunyai peranan penting untuk keberlangsungan hidup. Ketersediaan energi saat ini masih bergantung pada minyak, gas dan bahan bakar fosil lainnya yang membuat semakin menipisnya persediaan sumber energi tak terbarukan seiring dengan bertambahnya pengguna energi di seluruh dunia. Oleh karena itu diperlukan energi alternatif yang dapat diperbaharui seperti pemanfaatan energi matahari atau sel surya.

Energi listrik merupakan kebutuhan mendasar dalam kehidupan manusia yang menyebabkan penggunaan energi listrik semakin meningkat sehingga diperlukan sumber energi alternatif yang dapat mengurangi penggunaan sumber energi fosil. Salah satunya dengan mengembangkan pemanfaatan energi matahari yang dinilai sebagai salah satu upaya yang paling baik dilakukan karena Indonesia sendiri terletak di daerah tropis sehingga sangat berpotensi dalam pengembangan energi listrik yang bersumber dari energi matahari. 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* yang dikembangkan pertama kali oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991 (Ardianto *et al.*, 2015). *DSSC* merupakan sel surya generasi baru yang berkembang karena kebutuhan akan sel surya yang murah dan ramah lingkungan. *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 (TiO₂), *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). Salah

satu hal penting yang harus diperhatikan dalam *DSSC* adalah penyinaran matahari yang dapat mempengaruhi kinerja *Dye Sensitized Solar Cell*. Konversi energi matahari menjadi energi listrik bergantung pada keberlangsungan penyinaran matahari. Dalam hal ini pada *DSSC* menggunakan lampu halogen yang digunakan sebagai pengganti energi matahari dikarenakan spektrum cahaya yang dihasilkan lampu halogen sama halnya dengan sinar matahari.

Zat warna alami digunakan sebagai sensitizer alternatif karena memiliki keunggulan, yaitu dapat diekstraksi dari bahan alam dengan menggunakan prosedur sederhana tanpa harus menggunakan prosedur ekstraksi bahan alam yang dari tahap awal hingga tahap pemurnian (Fernando, 2008). 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 (Sinha dan Puspita, 2012). 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 sensitiser pada *DSSC*. Zat-zat seperti klorofil, betakaroten, antosianin, tanin, kurkumin, dan sebagainya pada tumbuhan dapat diaplikasikan sebagai sensitiser (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 yang hijau. Senyawa klorofil yang dihasilkan daun eceng gondok berasal dari pigmen kloroplas yang terdapat dalam daun eceng gondok. Kemampuan tumbuhan eceng gondok menyerap energi pada cahaya tampak yang besar yaitu sebesar 420 nm hingga 660 nm menjadikan eceng gondok sebagai salah satu tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai *sensitizer* pada *DSSC* (Yuliarosa, 2019). Untuk mendapatkan hasil *dye* organik yang baik, harus menggunakan metode ekstraksi yang tepat terkait dengan lama waktu ekstraksi yang digunakan. Salah satu metode ekstraksi yang sering digunakan adalah metode ekstraksi menggunakan energi panas *microwave* dan gelombang suara (sonikasi).

Microwave Assisted Extraction (MAE) merupakan teknologi yang digunakan untuk mengekstrak suatu bahan dengan memanfaatkan gelombang mikro dengan frekuensi 0,3 hingga 300 GHz dalam bentuk radiasi non pengion yang berarti reaksi yang terjadi dalam *microwave* tidak menimbulkan ionisasi. Metode ekstraksi ini memiliki kelebihan dibandingkan metode ekstraksi secara konvensional seperti hemat pelarut, laju ekstraksi lebih tinggi, suhu lebih terkontrol, dan ekstraksi dapat dilakukan dalam waktu yang relatif singkat. Suhu dan tekanan, waktu ekstraksi, volume dan jenis pelarut yang digunakan merupakan komponen atau faktor utama yang dapat mempengaruhi hasil ekstraksi menggunakan *microwave* (Purwanto, 2010).

Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) merupakan proses ekstraksi suatu bahan dengan bantuan gelombang ultrasonik yang dihasilkan oleh alat sonikator. Gelombang ultrasonik berfungsi untuk mempercepat proses pemisahan zat atau bahan aktif yang dihasilkan dari senyawa sehingga proses ekstraksi dapat lebih efektif. 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. Panas tersebut melibatkan energi yang tinggi yang dapat meningkatkan tegangan permukaan gelembung sehingga sampai akhirnya gelembung pecah yang disebut sebagai ledakan kavitasi. Frekuensi yang biasa digunakan yaitu berkisar antara 20 kHz hingga 2 MHz. 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). Penelitian ini menggabungkan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* dan *Microwave Assisted Extraction* yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas rendemen ekstrak klorofil sehingga dapat meningkatkan kinerja *DSSC*.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan kombinasi perlakuan ekstraksi metode *MAE* dan *UAE*.

1.3. Hipotesis

Diduga penggunaan alat *microwave* dan sonikator dengan waktu terlalu lama akan menghasilkan rendemen atau klorofil dengan tingkat yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah S., Darwis D., dan Iqbal. 2017. *Dye Sensitized Solar Cell* Nanokristal TiO₂ Menggunakan Ekstrak Antosianin *Melastoma malabathricum* L. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 6 (3), 321 – 331.
- 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 Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(3), 325-337.
- Arfandi A., Ratnawulan., Yenni D. 2013. Proses Pembentukan Feofitin Daun Suji Sebagai Bahan Aktif *Photosensitizer* Akibat Pemberian Variasi Suhu. *Pillar Of Physics*, 1 (6), 67-68.
- Arifin M., Margareta O., D., dan Trimaryana F., O. 2017. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Integrasi*, 9(1), 24-27.
- Aryanti N., Nafiunisa A., dan Wilis M., F. 2016. Ekstraksi dan Karakterisasi Klorofil dari Daun Suji (*Pleomele Angustifolia*) sebagai Pewarna Pangan Alami. *Jurnal Aplikasi dan Teknologi Pangan*, 5(4), 1-7.
- Baharuddin, A., Aisyah., Saokani. J. dan Ayu, R., 2015. Karakteristik Zat Warna Daun Jati (*Tectona grandis*) Fraksi Metanol ; *n*-Heksana Sebagai *Photosensitizer* Pada *Dye Sensitized Solar Cell*. *Jurnal Chimica et Natural Acta*, 3(1), 37-41.
- Bintari Y., R., Haryadi W., dan Rahardjo J T. 2018. Ekstraksi Lipida Dengan Metode *Microwave Assisted Extraction* Dari Mikroalga yang Potensial Sebagai Biodiesel. *Jurnal Ketahanan Pangan*, 2(2) 180-189.
- Cahaya, E., 2013. Studi Performansi Natural *Dye Sensitized Solar Cell* Menggunakan Fotoelektrode TiO₂ Nanopartikel. Tesis. Institut Teknologi Bandung.
- 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 (Jif)*, Vol 8 No 1.
- Daniswara F., E., Rohadi I., T., dan Mahfud. 2017. Ekstraksi Minyak Akar Wangi dengan Metode *Microwave Hydrodistillation* dan *Soxhlet Extraction*. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 380-385

- Desima, S., 2017. *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Sebagai Pemeka Cahaya. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Dharma, I. 2014. Proses Pembuatan *DSSC (Dye-Sensitized Solar Cell)* Menggunakan TiO_2 (Titanium Dioksida) Partikel Nano. Skripsi. Jurusan Elektro Universitas Diponegoro. Semarang.
- Dirga, R., 2012. Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan Variasi Pelarut. Skripsi. Universitas Indonesia.
- Fahyuan H., D., Samsidar., Farid F., Heriyanti., dan Pakpahan S. 2015. Disain Prototipe Sel Surya *DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)* Lapisan Grafit/ TiO_2 Berbasis Dye Alami. *JoP*, 1(1), 5 – 11.
- Firdaus R. 2016. Pengaruh Variasi Elektrolit Terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Ekstrak Daun Mengkudu (*Morinda Citrifolia*) sebagai *Dye Sensitizer*. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(3), 427-437.
- Firmanilla V., 2016. Karakteristik *DSSC* Pada Semikonduktor ZnO-SiO_2 Dengan Pewarna Ekstrak Buah Mangsi Dan Daun Jati. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- 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.
- Handayani H., Sriherfyna F., H dan Yunianta. 2016. Ekstraksi Antioksidan Daun Sirsak Metode *Ultrasonic Bath* (Kajian Rasio Bahan : Pelarut Dan Lama Ekstraksi). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, (4)(1), 262-272.
- Hardeli., Suwardani., dan Ridwan S., 2013. *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* Berbasis Nanopori TiO_2 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. Departemen Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar.
- Hartati, E., Uranus, H.P. dan Darma, J., 2017. Fabrikasi Dan Karakterisasi Solar Cell Oksida Tembaga yang Dibuat dengan Teknologi Sederhana. *Jurnal Elektro*, 10(1), 51-60.

- Iwantono I., Angelina F., Nurrahmawati P., Naumar F., Y., dan Umar A., 2016. Optimalisasi Efisiensi Dye Sensitized Solar Cells Dengan Penambahan Doping Logam Aluminium Pada Material Aktif Nanorod Zno Menggunakan Metode Hidrotermal. *Jurnal Material dan Energi Indonesia* Vol. 6 No. 1, 36–43.
- Iqbal, J., dan Theegala, C., 2013, Microwave assisted lipid extraction from microlagae using biodiesel as co solvent, *Algal Research*, 5(2), 34-42.
- Juarni. 2017. Pengaruh Pupuk Cair Eceng Gondok (*Eichornia crassipess*) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Seledri (*Apium graveolens*) sebagai Penunjang Praktikum Fisiologi Tumbuhan. Skripsi. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam.
- Kosakih, F. 2017. Pengaruh Jenis Pelarut, Suhu dan Lama Waktu Ekstraksi Terhadap Aktivitas Antioksidan pada Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata L.*) Serta Aplikasinya dalam Produk Hard Candy. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Soegija Pranata, Semarang.
- Kumara, M.S.W. dan Prajitno, G., 2012. Studi Awal Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan Menggunakan Ekstraksi Daun bayam (*Amaranthus hybridus L.*) sebagai *Dye Sensitizer* dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada *DSSC*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mabruroh, I., 2019. Performa *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Variasi Lama Perendaman Pasta Titanium Dioksida (TiO_2) Dalam Dye dan Intensitas Cahaya. Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Maddu A., Mahfuddin Z, dan Irmansyah. 2007. Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya TiO_2 Nanokristal Tersensitisasi Dye. Bogor: Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Makara, Teknologi*, 11(2), 78-84
- Miryanti A, Sapei L, Budiono K, Indra S. 2011. Ekstraksi antioksidan dari kulit manggis (*Garcinia mangostana L.*). Bandung: LPPM Universitas Katolik Parahyangan.
- Muharam A., Arsyad S., W., Usman I., dan Hidayat R. 2018. Fabrikasi Sel Surya Tersensitisasi Dye (*Dye Sensitized Solar Cell*) dengan Variasi Lapisan *Scattering*. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 8(2), 13-20.
- Muliani, L., Hidayat, J. dan Qibtiya, A., 2014. Karakteristik Pasta TiO_2 Suhu Rendah untuk Aplikasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 14(1), 24-28.

- Nasukhah, T. dan Prajitno, G., 2012. Fabrikasi dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Dengan Menggunakan Ekstraksi Daging Buah Naga Merah *Polyrhizus* Sebagai (*Hylocereus Dye Sensitizer*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 1(1), 1-6.
- Nio S., A., dan Banyo Y. 2010. Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Tanaman. *Program Studi Biologi FMIPA Universitas SamRatulangi Manado*.
- Nurbaya R., S., Putri W., R dan Murtini S., E. 2018. Pengaruh Campuran Pelarut Aquades Etanol Terhadap Karakteristik Ekstrak Betasianin Dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(3), 153-160.
- Prananto, H.D., Tyaswuri, A., Stefphanie, C., dan Bahriarto, Yusro. 2013. *Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC)* Berbahan dasar Klorofil Daun Cincau Sebagai *Fotosensitiser*. Seminar Nasional Fisika UNJ. Jakarta.
- Prayogo A., F., Pramono S., H., dan Maulana E., 2015. Pengujian dan Analisis Performansi Dye-sensitized Solar Cell(DSSC) terhadap Cahaya. *Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang*.
- Pangestuti D., L., Gunawan., dan Haris A., 2008. Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Sensitizer Antosianin dari Buah Buni (*Antidesma bunius L*). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11(3) 70 – 77.
- Purwanto, H. 2010. Pengembangan *Microwave Assisted Extractor (MAE)* pada Produksi Minyak Jahe dengan Kadar Zingiberene Tinggi. *Jurnal Momentum*, 6(2) 9-16.
- Putri, B., 2016. Pembuatan *Prototype Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Dengan Memvariasikan Lama Perndaman Dari Ekstrak Buah Bit (*Beta vulgaris L*). Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Qibtiya M., A., Muliani L., dan Hidayat J. 2012. Karakteristik Pasta TiO₂ Suhu Rendah untuk Aplikasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) Bandung.
- Rachmaniah, O., Setyarini, R.D., dan Maulida, L., 2010, *Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari Chlorella sp. dan Prediksinya sebagai Biodiesel*, Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo, ITS.
- Rakhman F., D. Pramono S., H., dan Maulana E. 2015. Pengaruh Variasi Konsentrasi Klorofil Terhadap Daya Keluaran *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang*.

- Risnah I., A. 2016. Karakterisasi Zat Warna Kulit Terong Ungu (*Solanum Melongona L.*) Dalam Suasana Basa Sebagai *Photosensitizer* Pada *Dye Sensitized Solar Cell*. *Skripsi*. Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Alauddin Makassar.
- Sari K., D., Wardhani H., D., dan Prasetyanigrum A. 2012. Pengujian Kandungan Fenol dengan Metode Ekstraksi Ultrasonik dengan Variasi Suhu dan Waktu. *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP*.
- Sasongko A., Nugroho W., R., Setiawan E., C., Utami W., I., dan Puspitasari M. 2017. Aplikasi Metode Non Konvensional pada Ekstraksi Bawang Dayak. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 6(1), 8-14.
- Sholeh, P., Maulana, E., Julius, M., Utomo, T. 2013. Solar Sel Organik dengan Pewarna Klorofil pada *DSSC (dye-sensitized solar cell)* dari Ekstraksi Daun Jarak Pagar dan Daun Pepaya. *Laporan Penelitian*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Sholihah M., Ahmad U., dan Budiastira W., I. 2017. Aplikasi Gelombang Ultrasonik untuk Meningkatkan Rendemen Ekstraksi dan Efektivitas Antioksidan Kulit Manggis. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 5(2) 161-168.
- Sinha, K., dan Puspita D. 2012. Extraction of Natural Dye from Flame of Forest Flower: Artificial Neural Network Approach". *Textiles and Light Industrial Science and Technology* 1, 25(1) 1-5.
- Subodro, R., 2012. Ekstrak Pewarna Antosianin Bunga Mawar Merah Sebagai Pewarna Alami Pada Sel Surya *Dye Sensitized Solar Cell*. *Jurnal Politeknosains*, 11(2), 1-10.
- Sunaryo. 2007. Optimasi Hasil Percobaan Yang Mengandung Data Pencilan (Studi Kasus Stabilitas Antosianin Buah Buni, *Antidesma Bunius*). *Jurnal Undergraduate Theses*, 7(3), 321-342.
- Supriyanto A., Darmawan I., M., Hardani., dan Darmaja H. 2013. Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)* Menggunakan Ekstraksi Bahan-bahan Organik Alam *Celosia Argentums* dan *Lagerstromia sp.* Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Veera, G.G, Patil, P., Gueera, E.M., Dheng, S., dan Nirmalakhandan, N., 2013, Microwave Energy Potential for Biodiesel Production. *Sustainable Chemical Process*, 1-5.
- Wardiyati, S. 2004. Pemanfaatan Ultrasonik dalam Bidang Kimia. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dan Teknologi Bahan*, 12(5), 419-425.

- Widyasanti A., Halimah T., dan Rohdiana D. 2018. Ekstraksi Teh Putih Berbantu Ultrasonik pada Berbagai Amplitudo. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7 (3), 111-117.
- Wijaya D., Purnama P., Y., Setya R., dan Rizal M. 2015. Screening Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Daun Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 1(1), 65-69.
- Yuliarosa R., 2019. *Dye Sensitized Solar Cell Dengan Variasi Pemeka Cahaya Dan Intensitas Cahaya. Skripsi. Universitas Sriwijaya, Palembang.*
- Yuri M., D., dan Dwandaru B., W. 2016. Uji Beda Kestabilan Tegangan Dan Arus Antara *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Yang Menggunakan *Counter Electrode* Jelaga Lilin Dan Grafit Pensil. *Jurnal Fisika*, 5(5), 318-328.
- Zahroh F. 2013. Pengaruh Pembebanan pada Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* TiO₂ Orde Nano dengan Metode *Spin Coating* Menggunakan Kulit Manggis sebagai *Dye Sensitizer*. *Institut Teknologi Surabaya.*