

SKRIPSI

**PERFORMA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL*
MENGUNAKAN PEMEKA CAHAYA DARI EKSTRAKSI
KLOROFIL DAUN ECENG GONDOK DENGAN METODE
*ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION***

***PERFORMANCE OF DYE SENSITIZED SOLAR CELL WITH
PHOTOSENSITIZER OF WATER HYACINTH CHLOROPHYLL
WITH ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION METHOD***



**Ratna Widia Ningsih
05021181621082**

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

RINGKASAN

RATNA WIDIA NINGSIH. Performa *Dye Sensitizer Solar Cell* Menggunakan Pemeka Cahaya dari Ekstraksi Klorofil Daun Eceng Gondok dengan Metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (Dibimbing oleh **TAMRIN LATIEF** dan **FILLI PRATAMA**).

Dye Sensitized Solar Cell merupakan sel surya generasi ketiga yang memanfaatkan bahan organik sebagai absorban foton dari cahaya matahari. Performa *DSSC* ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya adalah *dye sensitizer*. *Dye* diperoleh dari hasil ekstraksi klorofil daun eceng gondok melalui metode *Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)*. Ekstraksi dengan metode *UAE* meningkatkan kadar klorofil sebagai bahan utama *dye*. *Dye* dengan kadar klorofil tinggi mampu mengonversikan energi cahaya menjadi arus listrik sehingga dapat meningkatkan performa *DSSC*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa elektrik *Dye Sensitized Solar Cell* dengan beberapa perlakuan waktu ekstraksi metode *Ultrasonic Assisted Extraction*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2019 sampai dengan Januari 2020, di Laboratorium Energi Elektrifikasi dan Laboratorium Kimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Penelitian ini terdiri atas tiga tahapan antara lain: penyusunan dan perangkaian *DSSC*; pengujian dan pengolahan data *DSSC*. Kaca *TCO* yang digunakan sebagai kedua elektroda *DSSC* penelitian ini memiliki resistensi antara 0,8 k Ω sampai 14,9 k Ω . *DSSC* diuji dengan variasi lama waktu ekstraksi metode *UAE* yaitu : 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 dan 55 menit. Suhu dan frekuensi alat ditetapkan dalam titik tertentu yakni 35°C dan 40 kHz. 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 tertinggi terdapat pada sampel 8 yakni dengan ekstraksi metode *UAE* selama 45 menit yakni 1,75 mg/L klorofil a, 4,79 mg/L klorofil b, dengan jumlah keseluruhan adalah 6,53 mg/L klorofil total. Nilai tertinggi dari karakterisasi kelistrikan diperoleh dari *DSSC* VIII (sampel 8) yakni V_{oc} : 679 mV, I_{sc} : 0,0471 mA, I_{max} : 0,0289 mA, V_{max} : 457 mV, P_{output} : 13,2651 mW, FF : 0,4148 dan Efisiensi: 8,26%.

SUMMARY

RATNA WIDIA NINGSIH. Performance of Dye Sensitized Solar Cell with Photosensitizer of Water Hyacinth Chlorophyll with Ultrasonic Assisted Extraction Method (Guided by **TAMRIN LATIEF** and **FILLI PRATAMA**).

Dye Sensitized Solar Cell is third generation solar cells that utilize organic material as a photon absorbent in sunlight. Performance of DSSC is determined by many factors, one of which is dye sensitizer. Dye is obtained from the extraction of water hyacinth chlorophyll through the method Ultrasonic Assisted Extraction (UAE). Extraction by the UAE method increases the chlorophyll content as the main ingredient in dye. Dye with high chlorophyll content is able to convert light energy into an electric current so that it can improve DSSC performance. This research aimed to determine the electrical performance of Dye Sensitized Solar Cell with several extraction treatments of time using method Ultrasonic Assisted Extraction. This research was conducted in November 2019 until January 2020, at the Electrification Energy Laboratory and Agricultural Product Chemistry Laboratory, Department of Agricultural Technology, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University, Indralaya. This research consists of three stages including: the preparation and sequencing of DSSC; testing and processing of DSSC data. The TCO glass used as the second DSSC electrode in this study has a resistance between 0.8 k Ω to 14.9 k Ω . DSSC was tested with variations in the extraction time of the UAE method, namely: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 and 55 minutes. The temperature and frequency of the device are set at a specific point that is 35°C and 40 kHz. The parameters observed include: calculation of chlorophyll content with absorbance data at 649 nm and 665 nm using the formulas Wintermans and De Motz, current and voltage, power, fill factor and DSSC efficiency. The highest chlorophyll content was also found in sample 8 with the UAE method extraction for 45 minutes namely 1.7507 mg/L chlorophyll a, 4.793 mg/L chlorophyll b, with the total amount being 6.5335 mg/L total chlorophyll. The highest value of the electrical characterization was obtained from DSSC VIII (sample 8) namely V_{oc} : 679 mV, I_{sc} : 0.0471 mA, I_{max} : 0.0289 mA, V_{max} : 457 mV, P_{output} : 13.2651 mW, FF: 0.4148 and Efficiency: 8.26%.

SKRIPSI

PERFORMA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* MENGUNAKAN PEMEKA CAHAYA DARI EKSTRAKSI KLOOROFIL DAUN ECENG GONDOK DENGAN METODE *ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION*

PERFORMANCE OF DYE SENSITIZED SOLAR CELL WITH PHOTOSENSITIZER OF WATER HYACINTH CHLOROPHYLL WITH ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION METHOD

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



**Ratna Widia Ningsih
05021181621082**

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

LEMBAR PENGESAHAN

PERFORMA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL*
MENGUNAKAN PEMECA CAHAYA DARI EKSTRAKSI
KLOORIFIL DAUN ECENG GONDOK DENGAN METODE
ULTRASONIC ASSISTED EXTRACTION

SKRIPSI

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

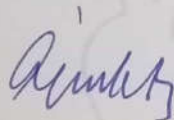
Oleh:

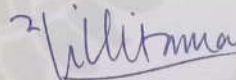
Ratna Widia Ningsih
05021181621082

Indralaya, Mei 2020

Pembimbing I

Pembimbing II

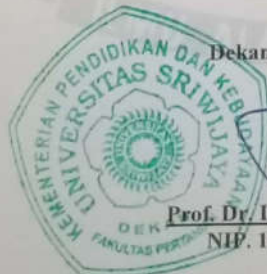
1



2


Prof. Dr. Ir. Tamrin Latief
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* Menggunakan Pemeka Cahaya dari Ekstraksi Klorofil Daun Eceng Gondok dengan Metode *Ultrasonic Assisted Extraction*" oleh Ratna Widia Ningsih telah dipertahankan di hadapan komisi penguji skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 04 Maret 2020 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

1. Prof. Dr. Ir. Tamrin Latief
NIP. 196309181990031004

Ketua



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

Sekretaris



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

Anggota



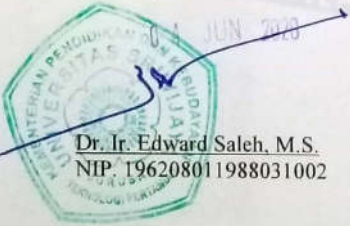
4. Dr. Ir. Hersyamsi, M. Agr.
NIP. 196008021987031004

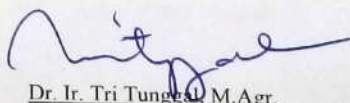
Anggota



Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian

Indralaya, Mei 2020
Koordinator Program Studi
Teknik Pertanian


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


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

PERYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ratna Widia Ningsih
NIM : 05021181621082
Judul : Performa *Dye Sensitized Solar Cell* Menggunakan Pemeka Cahaya dari Ekstraksi Klorofil Daun Eceng Gondok dengan Metode *Ultrasonic Assisted Extraction*

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 kesarjanaan 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, Mei 2020



Ratna Widia Ningsih

RIWAYAT HIDUP

Ratna Widia Ningsih adalah salah satu mahasiswi Universitas Sriwijaya angkatan tahun 2016 yang menempuh pendidikan formal Strata-1 di Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Penulis berasal dari Desa Ulak Buntar, Kecamatan Belitang Mulya yang merupakan salah satu daerah di Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur. Daerah ini juga sekaligus sebagai tempat tinggal orang tua dan tempat kelahiran penulis.

Penulis adalah anak ke lima dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Ismail dan Ibu Nurleha rahimahalloh, yang dilahirkan pada Sabtu, 27 Juni 1998. Adapun riwayat pendidikan yang pernah ditempuh adalah di SDN 01 Srimulya, SMPN 02 Belitang Mulya, kemudian SMAN 01 Semendawai Suku III dan melanjutkan S1 jalur undangan di Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Indralaya.

Penulis telah melaksanakan kegiatan KKN reguler di desa Tanjung Raya, Kecamatan Penjalang Suku Empayang Kikim Saling Ulu, Kabupaten Lahat pada tahun 2019 angkatan ke 91. Selain itu penulis juga telah melakukan kegiatan Praktik Lapangan di kandang percobaan Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya dalam meninjau pengolahan limbah padat ternak menjadi pupuk organik.

Penulis juga tercatat sebagai sekretaris umum Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Sriwijaya, kabinet Bersama Kita Bisa periode 2018-2019. Selama kuliah, penulis merupakan Koordinator Asisten (Ko-As) Praktikum Mata Kuliah Biologi periode tahun ajaran 2018/2019 dan 2019/2020, serta Asisten responsi Mata Kuliah Kalkulus. Penulis termasuk salah satu finalis Lomba MBF (*Mechanical Biosystem Fair*) dan juara Harapan Lomba AESAP (*Agricultural Engineering for Sustainable Agricultural Production*) di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2017.

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* Menggunakan Pemeka Cahaya dari Ekstraksi Klorofil Daun Eceng Gondok dengan Metode *Ultrasonic Assisted Extraction*“. 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 Latief dan Ibu Prof. Ir. Filli Pratama, M.Sc. (Hons), Ph.D. 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, Mei 2020

Penulis

Ratna Widia Ningsih

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian ini tentunya telah dapat dilalui penulis atas izin dan rahmat Allah ‘Azza wa Jalla. Sesungguhnya bagi-Nya lah segala pujian, tidak ada illah yang berhak diibadahi dengan benar kecuali Allah subhanahu wa ta’ala. Robbul’alamin yang memiliki kuasa dan keagungan serta kemuliaan. Kepada Nabi yang Mulia Muhammad shallallohu ‘alaihi wa sallam yang telah menjadi perantara penyampai ajaran islam yang haq dan menjadi teladan ummat hingga akhir zaman, semoga sholawat dan salam yang terucap menjadi syafaat dan penolong ummatnya di hari perhitungan 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 Latief sebagai pembimbing akademik dan pembimbing skripsi yang telah memberikan material, dukungan, doa, nasehat kebaikan yang penuh hikmah yang menjadi pembelajaran serta bekal dan tentunya ilmu yang semoga bermanfaat dan dapat menjadi amal jariyah bagi beliau. Semoga ilmu, amal dan doa yang tercurah untuk penulis menjadi penyebab pintu-pintu keberkahan dan kebaikan selalu diridhoi Allah ‘Azza wa Jalla untuk terbuka bagi beliau dan malaikat kebaikan mencatat sebagai pahala di sisi-Nya. Aamiin Allohmma Aamiin.
6. Ibu Prof. Ir. Filli Pratama, M.Sc. (Hons), Ph.D. sebagai dosen pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan motivasi penuh kebaikan, semangat untuk terus menyelesaikan apa yang telah dimulai, penuh hikmah dan pembelajaran disetiap kalimat yang tersampaikan. Semoga apapun yang telah beliau sampaikan demi kebaikan penulis dan ilmu yang penulis peroleh dari

beliau diberikan balasan kebaikan yang lebih dan keberkahan serta mendatangkan ridho Allah ‘Azza wa Jalla dalam setiap langkah dan perjalanan hidup beliau di dunia fana ini. Semoga selalu istiqomah untuk menjalankan amanah apapun dalam koridor kebaikan dan kebenaran. Insha Allah, doa dan harapan kebaikan serta hidayah islam yang haq terus penulis panjatkan dalam setiap doa kepada ibu dan bapak. Aamiin Allohmma Aamiin.

7. Orang tua hebat yang tak dapat penulis ungkapkan dengan kalimat apapun (umak dan abah) yang telah memberikan apapun demi kelangsungan kegiatan perkuliahan penulis. Semoga Allah ‘Azza wa Jalla mengampuni kesalahan dan dosa kedua orangtua penulis, mengampuni dosa-dosa Ibu Rahimahalloh, melapangkan kuburannya, menjauhkannya dari fitnah dan siksa kubur, memberikan derajat tinggi di sisi-Nya dan mengumpulkan kembali bersama keluarga terbaik di Jannah-Nya kelak. Aamiin Allohmma Aamiin. Teruntuk bapak yang telah memperjuangkan apapun demi penulis, semoga Allah ‘Azza wa Jalla selalu melindungi beliau, memberikan hidayah islam yang haq, menjauhkan beliau dari siksa fitnah dunia dan fitnah akhirat, meridhoi setiap langkah kebaikan dan dicatat sebagai amal pahala di sisi-Mu ya Robb. Semoga segala apa yang telah diusahakan demi menjaga amanah dan titipan-Mu (anak-anaknya termasuk penulis) menjadi amal jariyah, penyebab beliau dimasukkan dalam Jannah-Mu yang tertinggi kelak. Semoga Allah selalu memberikan kebaikan dunia wal akhirat untuk beliau dan keluarga. Aamiin ya Robbal’alamin.
8. Bapak Ir. Haisen Hower, M.P. dan Bapak Dr. Ir. Hersyamsi, M.Agr. 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 Allohmma Aamiin.
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 Allah selalu meridhoi langkah bapak dan ibu sekalian dalam kebaikan dan jalan-Nya. Aamiin Allohmma Aamiin.

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. Semoga Allah subhana wa ta'ala memberikan limpahan berkah, rahmat dan ridho kepada staf dan analis sekalian. Aamiin Allohmma Aamiin.
11. Kakak, teman dan adik satu pembimbing, kak Riska, kak Ardila, kak Ibnu, kak Izul, Ayu Islah, Meri Suranti, Feri Amanda, Juniansyah, adik-adik 2018 dan 2019 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. Semoga Allah subhana wa ta'ala sang pemilik hati, menetapkan hati kita dalam kebaikan dan kebenaran. Semoga Allah selalu menjaga dan melindungi kakak, teman dan adik sekalian. Aamiin ya robbal'alam.
12. Keluarga besar Teknik Pertanian 2016, yang telah menemani penulis dari mulai awal masuk perkuliahan sampai selesai masa studi. Kepada seluruhnya baik akhwat maupun ikhwan, yang insyaAllah ikhlas telah saling berbagi pengalaman, kebaikan, menjadi bagian cerita perjalanan hidup selama masa perkuliahan, berbagi ilmu dan waktu dalam kebersamaan yang singkat di dunia fana ini, semoga Allah memberikan kebaikan dan keberkahan dalam perjalanan hidup, memberikan ridho-Nya pada tiap-tiap langkah untuk menyelesaikan tugas di dunia yang singkat ini. Penulis berpesan untuk terus menebar kebaikan dan kebenaran sekalipun hal itu pahit. Semoga kebersamaan di dunia yang singkat ini dapat berlanjut di akhirat (di Jannah-Nya kelak). Tetaplah saling mengingatkan dalam kebenaran. Semoga Allah merahmati kita sekalian. Aamiin ya robbal'alam.

13. Kepada seluruh teman-teman selama perkuliahan yang terus mengajak kepada taqwa dan kebaikan, untuk terus berusaha istiqomah meniti jalan kebenaran dalam manhaj salafus sholih (firqotun najiyah), saudara wa saudari satu kajian Ogan Ilir Mengaji, satu asrama, satu kedaerahan, semoga Alloh merahmati, memberkahi dan meridhoi langkah kita semua untuk menuju kebaikan dan kebenaran. Aamiin Allohumma Aamiin.
14. Keluarga besar Asrama MUBA, tempat bernaung selama kegiatan perkuliahan, tempat kembali ketika rindu ingin pulang namun belum terlaksanakan, keluarga yang memberikan teladan untuk dapat bekerja sama dengan baik, saling menghormati, belajar untuk menghargai, yang telah menjadi rumah kedua dengan kasih sayang dan perlindungan seperti orangtua kepada penulis. Semoga Alloh selalu memberkahi keluarga Asrama MUBA dengan kebaikan. Aamiin ya robbal'amin.
15. Seluruh pihak yang telah dijadikan sebagai perantara dari Alloh untuk membantu penulis dalam menyelesaikan studinya, yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya. Semoga Alloh menjadikan kita hamba yang senantiasa bersabar dan bersyukur atas seluruh ketetapan dan takdir-Nya. BarokAllohu fiikum.

Indralaya, Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	7
1.3. Hipotesis.....	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Energi Alternatif.....	8
2.2.1. Sel Surya sebagai Energi Alternatif	8
2.2. <i>Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)</i>	9
2.2.1. Struktur <i>DSSC</i>	9
2.2.1.1. Lapisan <i>Transparent Conductive Oxide (TCO)</i>	11
2.2.1.2. Lapisan TiO_2 sebagai Semikonduktor.....	11
2.2.1.3. <i>Dye (Zat Warna)</i>	13
2.2.1.3.1. Pigmen Warna Klorofil	14
2.2.1.3.2. Tumbuhan Eceng Gondok (<i>Euchhornia crassipes</i>).....	15
2.2.1.3.3. Metode Ekstraksi.....	16
2.2.1.4. Larutan Elektrolit	21
2.2.1.5. Katalis Karbon pada Elektroda Pembanding	22
2.2.2. Prinsip Kerja <i>DSSC</i>	23
2.2.3. Pengukuran dan perhitungan Performa <i>DSSC</i>	25
2.2.3.1. Kandungan Klorofil Daun Eceng Gondok.....	25
2.2.3.2. Tegangan dan Arus	25
2.2.3.3. Daya yang Dihasilkan	26
2.2.3.4. Faktor Pengisian.....	27
2.2.3.5. Efisiensi <i>DSSC</i>	27

	Halaman
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	28
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	28
3.2. Alat dan Bahan.....	28
3.3. Metode Penelitian.....	29
3.4. Cara Kerja	30
3.4.1. Persiapan Struktur <i>DSSC</i>	30
3.4.1.1. Pemotongan Kaca Substrat	30
3.4.1.2. Pembuatan Sensitizer	30
3.4.1.3. Pembuatan Pasta TiO_2	31
3.4.1.4. Pembuatan Elektroda Kerja dan Elektroda Pembanding	32
3.4.2. Penyusunan dan Perangkaian <i>DSSC</i>	32
3.4.3. Pengujian Rangkaian <i>DSSC</i>	33
3.5. Parameter Penelitian.....	34
3.5.1. Kandungan Klorofil Daun Eceng Gondok.....	34
3.5.2. Pengukuran Arus dan Tegangan	35
3.5.3. Perhitungan Daya.....	35
3.5.4. Perhitungan <i>Fill Factor</i>	36
3.5.5. Perhitungan Efisiensi <i>DSSC</i>	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1. Pengukuran Kadar Klorofil.....	38
4.2. Pengukuran terhadap Arus dan Tegangan.....	40
4.2.1. <i>DSSC</i> I (Sampel 1, <i>UAE</i> 10 Menit).....	44
4.2.2. <i>DSSC</i> II (Sampel 2, <i>UAE</i> 15 Menit)	45
4.2.3. <i>DSSC</i> III (Sampel 3, <i>UAE</i> 20 Menit)	45
4.2.4. <i>DSSC</i> IV (Sampel 4, <i>UAE</i> 25 Menit).....	46
4.2.5. <i>DSSC</i> V (Sampel 5, <i>UAE</i> 30 Menit)	47
4.2.6. <i>DSSC</i> VI (Sampel 6, <i>UAE</i> 35 Menit).....	48
4.2.7. <i>DSSC</i> VII (Sampel 7, <i>UAE</i> 40 Menit).....	48
4.2.8. <i>DSSC</i> VIII (Sampel 8, <i>UAE</i> 45 Menit)	49
4.2.9. <i>DSSC</i> IX (Sampel 9, <i>UAE</i> 50 Menit).....	50
4.2.10. <i>DSSC</i> X (Sampel 10, <i>UAE</i> 55 Menit)	51

	Halaman
4.3. Perhitungan Daya	55
4.4. Perhitungan Faktor Pengisian (<i>Fill Factor</i>)	57
4.5. Perhitungan Efisiensi <i>DSSC</i>	57
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	72

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Struktur lapisan <i>DSSC</i>	10
Gambar 2.2. Pita energi pada semikonduktor	13
Gambar 2.3. Tumbuhan eceng gondok	16
Gambar 2.4. Sonikator merk Cole-Parmer.....	17
Gambar 2.5. Kavitasi akustik.....	18
Gambar 2.6. Prinsip kerja <i>DSSC</i>	24
Gambar 2.7. Kurva arus dan tegangan.....	26
Gambar 2.8. Kurva arus dan tegangan maksimum	26
Gambar 4.1. Kadar klorofil masing-masing sampel ekstrak.....	38
Gambar 4.2. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> I ekstraksi <i>UAE</i> 10 menit.....	44
Gambar 4.3. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> II ekstraksi <i>UAE</i> 15 menit	45
Gambar 4.4. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> III ekstraksi <i>UAE</i> 20 menit.....	46
Gambar 4.5. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> IV ekstraksi <i>UAE</i> 25 menit.....	46
Gambar 4.6. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> V ekstraksi <i>UAE</i> 30 menit	47
Gambar 4.7. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> VII ekstraksi <i>UAE</i> 35 menit	48
Gambar 4.8. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> VII ekstraksi <i>UAE</i> 40 menit	49
Gambar 4.9. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> VIII ekstraksi <i>UAE</i> 45 menit.....	49
Gambar 4.10. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> IX ekstraksi <i>UAE</i> 50 menit.....	50
Gambar 4.11. Kurva (I-V) <i>DSSC</i> X ekstraksi <i>UAE</i> 55 menit.....	51
Gambar 4.12. Daya keluaran <i>DSSC</i> I-X (P_{output}).....	52
Gambar 4.13. Daya masukan <i>DSSC</i> I-X (P_{input})	53
Gambar 4.14. Perubahan nilai efisiensi <i>DSSC</i> 1-X.....	54

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Nilai karakteristik kelistrikan DSSC dengan perlakuan lama waktu ekstraksi berbeda metode <i>UAE</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram alir penelitian	68
Lampiran 2. Tabel data absorbansi dan perhitungan kandungan klorofil..	69
Lampiran 3. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> I (Sampel 1)	75
Lampiran 4. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> II (Sampel 2)	77
Lampiran 5. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> III (Sampel 3)....	79
Lampiran 6. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> IV (Sampel 4) ...	81
Lampiran 7. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> V (Sampel 5).....	84
Lampiran 8. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> VI (Sampel 6) ...	87
Lampiran 9. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> VII (Sampel 7) ..	91
Lampiran 10. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> VIII (Sampel 8)	94
Lampiran 11. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> IX (Sampel 9)	97
Lampiran 12. Data pengukuran arus dan tegangan <i>DSSC</i> X (Sampel 10)	100
Lampiran 13. Data pengukuran intensitas cahaya lampu.....	103
Lampiran 14. Perhitungan daya (<i>input</i> dan <i>output</i>), faktor pengisian (<i>FF</i>) dan efisiensi <i>DSSC</i>	104
Lampiran 15. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	118

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bumi memiliki banyak sumber daya energi yang dapat dimanfaatkan untuk menunjang keberlangsungan hidup manusia. Selama ini energi yang diperoleh masih bersumber dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui. Penggunaan energi terus bertambah banyak dan berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk, namun tidak diiringi dengan pertambahan jumlah bahan baku energi. Bahan baku fosil untuk energi di bumi ini secara perlahan semakin sedikit, sehingga manusia harus dapat berpikir kreatif untuk menemukan alternatif pengganti energi sebagai sumber energi utama kehidupan. Pembaruan energi sejauh ini terus mengutamakan energi yang bersifat ramah lingkungan, murah, dan bersifat dapat diperbarui. Salah satu potensi terbesar energi yang dapat dimanfaatkan adalah energi matahari (Agustini *et al.*, 2013).

Indonesia terletak pada bidang garis khatulistiwa yakni 11° lintang selatan, 6° lintang utara, 95° bujur timur dan 141° bujur barat. Letak geografis Indonesia inilah yang menyebabkan negara ini memiliki durasi penyinaran matahari kurang lebih selama 12 jam setiap harinya dalam kondisi normal dan merata di seluruh daerah. Berdasarkan hasil kajian menteri Energi dan Sumber Daya Mineral yang menyatakan bahwa seluruh daerah di Indonesia mempunyai potensi yakni energi surya dapat diolah menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan dapat menghasilkan sekitar kurang lebih 4,8 kWh/m²/hari, yang terdiri atas kawasan barat Indonesia mencapai 4,5 kWh/m²/hari dan kawasan timur sebesar 5,1 kWh/m²/hari. Oleh karena itu, pengembangan energi alternatif dengan memanfaatkan energi surya cocok diterapkan di Indonesia (Putra, 2018).

Cahaya matahari dapat dikonversi menjadi energi alternatif yang menguntungkan. Energi cahaya matahari yakni foton dapat dikonversi menjadi energi listrik menggunakan sel surya. Perkembangan ilmu dan teknologi juga seiring dengan pembaruannya membuat sel surya telah terbagi menjadi tiga generasi antara lain generasi pertama yakni sel surya berbasis monokristal dan

polikristal, generasi kedua yakni sel surya lapis tipis, dan generasi ketiga yakni sel surya berbasis nanokristal, polimer serta zat warna (Fistiani *et al.*, 2017).

Matahari mempunyai potensi energi yang dapat dikelola sehingga menjadi hal bermanfaat. Pemanfaatan sel surya masih menggunakan silikon untuk bahan baku utama. Namun penggunaannya masih terbatas dikarenakan harga yang cukup mahal. Walaupun dua generasi pertama sel surya memiliki keunggulan berupa nilai efisiensi yang dihasilkan tinggi (Putra, 2018).

Generasi ketiga yang berupa zat warna dibedakan menjadi dua jenis, yakni zat warna sintetik dan organik. Zat warna sintesis berasal dari bahan ruthenium yang telah mencapai efisiensi tertinggi lebih dari 13% (Simon *et al.*, 2014). Kelemahan *DSSC* dengan bahan *dye* dari jenis *ruthenium* adalah jumlahnya yang sedikit di alam dan tidak ramah lingkungan dikarenakan bahan ini beracun, sehingga terus dipertimbangkan ketika akan diaplikasikan pada *DSSC* dalam skala besar (Dahlan *et al.*, 2016).

Dye selanjutnya mulai dibuat menggunakan bahan-bahan organik sebagai bahan baku utama. Zat warna alami tersebut dapat juga dikombinasikan dengan zat warna lain. Penemuan ini pertama kali digunakan oleh Gratzel tahun 1991, yang dikenal sebagai *DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)* (Maming, 2016). *Dye* jenis ini tersedia melimpah di alam dan dapat diperoleh dari berbagai bagian tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga dan buah. Hal ini menjadi pilihan alternatif sebagai sensitizer *DSSC* (Kimpa *et al.*, 2012). Zat warna yang dapat diperoleh dari hasil ekstrak bagian-bagian tumbuhan ini seperti klorofil, antosianin, karoten, tanin, kurkumin dan betakaroten serta zat warna lain dapat diaplikasikan sebagai sensitizer *DSSC* (Dahlan *et al.*, 2016).

DSSC memiliki komponen penyusun berlapis (mirip seperti tumpukan roti lapis). Lapisan-lapisan ini terdiri atas elektroda kerja berupa kaca konduktif transparan, kemudian lapisan semikonduktor dengan nilai *band gap* tinggi seperti titanium dioksida (TiO_2), SnO_2 , Nb_2O_5 , ZnO (Graetzel, 2003a) dan diaplikasikan dengan berbagai metode antara lain *doctor blade*, *screen printing* (Maheswari dan Venkatachalam, 2013), elektroposisi, *spin coating* (Fahd *et al.*, 2012), *tape coating*, *dip coating* (Byung *et al.*, 2013), *liquid phase deposition (LPD)*, *metal organic chemical vapour deposition (MOCVD)* dan *Mix-solvent-thermal method*

(Chunfeng *et al.*, 2005). Lapisan *dye* atau sensitizer sebagai absorber foton (cahaya matahari), larutan elektrolit serta lapisan kaca *TCO* (*Transparent Conductive Oxide*) dilapisi oleh katalis karbon yang berasal dari jelaga lilin (Fahyuan *et al.*, 2015).

DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) merupakan sel surya berbasis *dye* (zat warna) dengan bahan dasar organik. Prinsip kerja *DSSC* ini sendiri berupa transfer elektron dengan bantuan komponen penyusun *DSSC* (struktur *sandwich*). *Dye* yang berada pada struktur tersebut berfungsi sebagai penangkap (absorber) foton dan elektron yang ada pada *dye* akan tereksitasi untuk selanjutnya elektron berdifusi (oksidasi) menuju TiO_2 . Elektron tersebut akan masuk ke elektroda kerja dan akan menuju elektroda pembanding (kaca *TCO*) melalui sirkuit luar. Katalis karbon yang berada pada lapisan tersebut akan mempercepat penyerapan dan penghantaran elektron ke larutan elektrolit yang mengandung triiodida. Triiodida yang bergabung dengan elektron (reaksi reduksi berupa penambahan ion negatif) akan menghasilkan iodin. Iodin inilah yang akan menuju *dye* yang tereksitasi dan mengisi kembali *dye* yang berlubang (*hole*). Reaksi redoks (reduksi oksidasi) ini akan terus berlangsung sampai larutan elektrolit tersebut habis ataupun kering (Damayanti dan Hardeli, 2014).

Zat warna secara umum dapat berasal dari tiga bahan utama seperti antosianin, karoten dan klorofil. Terdapat banyak sumber yang dapat diolah menjadi *dye*. Hal ini juga menjadi dasar untuk dapat memanfaatkan bahan-bahan yang ada di sekitar lingkungan. Bahan baku tersebut seperti buah senduduk, bunga kuning rawa, daun eceng gondok, kulit buah naga dan kulit buah manggis (Mabruroh, 2019).

Beberapa jenis bahan organik yang ramah lingkungan dan mudah diperoleh untuk dimanfaatkan menjadi bahan baku *dye* antara lain bunga dan buah senduduk (senggani), daun eceng gondok dan bunga kuning rawa. Hal ini dikarenakan beberapa bahan tersebut sebelumnya hanya diketahui sebagai gulma yang mengganggu perkembangan ekosistem lain, juga sering disebut sebagai tumbuhan liar serta belum adanya pengolahan lebih lanjut terkait pemanfaatan zat warna hasil ekstraksi agar lebih berdaya guna dan memiliki nilai lebih, mengingat bahan organik ini memiliki kandungan zat warna yang dapat dimanfaatkan.

Bahan organik ini mengandung ketiga pigmen warna antara lain antosianin, kurkumin dan klorofil. Antosianin merupakan suatu kelas senyawa flavonoid yang secara umum terdapat dalam polifenol tumbuhan dan dapat larut secara alami (Sundari, 2008). Dalam rujukan lain, antosianin merupakan pigmen larut air yang secara alami terdapat pada berbagai jenis tumbuhan dan buah-buahan. Pigmen tersebut akan memberikan warna merah, biru dan ungu pada buah, bunga dan daun yang masuk ke dalam kelas *flavonoids*. Terdapat beberapa jenis senyawa antosianin yang sering ditemukan antara lain *pelargonidin* (orange), *cyanidin* (orange-merah), *peonidin* (orange-merah), *delphinidin* (biru-merah), *petunidin* (biru-merah) dan *malvidin* (biru-merah) (Fernando dan Senadeera, 2008).

Pada penelitian Handaratri dan Yuaniati (2019) menyatakan bahwa jenis pelarut tertentu berpengaruh terhadap proses ekstraksi buah murbei yang akan diambil zat aktif berupa antosianin di dalamnya. Pelarut yang paling baik pada pembahasan jurnal tersebut adalah menggunakan air dan asam. Hal ini disebabkan oleh air memiliki sifat konsisten (konstan) pada dielektriknya dan cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk proses ekstraksi metode *UAE (Ultrasonic Assisted Extraction)* dan *MAE (Microwave Assisted Extraction)*. Penambahan asam bertujuan untuk memperoleh kondisi seimbang (stabil) pada pigmen antosianin. Asam yang digunakan berupa asam sitrat.

Sedangkan kurkumin umumnya memiliki absorbansi yang baik saat berada pada panjang gelombang cahaya tampak kurang lebih 400-580 nm (Kim *et al.*, 2013). Kurkumin memiliki senyawa hidrokarbon yang berikatan rantai jenuh, menyebabkan terbentuknya warna kuning sampai *orange* (jingga), mempunyai dua isomer *trans* dan *cis* serta secara fisiologis zat warna ini umumnya digunakan sebagai provitamin A (Mabruroh, 2019). Sedangkan klorofil mempunyai panjang gelombang cahaya tampak 500-600 nm (Putra, 2018).

Berdasarkan tingkat pengujian *dye* pada penelitian Prayogo (2014), jenis klorofil yang berasal dari daun pepaya dan daun jarak memiliki karakteristik tingkat penyerapan yang hampir sama yakni pada panjang gelombang cahaya tampak rentang 450-500 nm dan 650 nm. Secara umum klorofil daun pepaya memiliki tingkat absorbansi yang lebih tinggi.

Tingkat absorbansi klorofil sangat dipengaruhi oleh konsentrasi klorofil yang bergantung pada banyaknya daun yang diekstraksi, takaran atau konsentrasi pelarut baik akuades atau etanol serta waktu untuk proses pengeluaran zat aktif klorofil (Maulana *et al.*, 2014).

Seperti diketahui kegiatan fotosintesis telah berkembang dimana material dari fotosintesis seperti pigmen klorofil dan karotenoid sangat efektif untuk menyerap foton yang terdapat dalam cahaya matahari. Pengembangan dari *DSSC* menggunakan pigmen sebagai *dye* menjadi sebuah pilihan yang kompeten, melihat pigmen tersebut juga tersedia secara melimpah di alam. Selain itu, dalam keadaan tertentu pigmen tersebut juga dapat berfungsi sebagai penginjeksi elektron yang baik (Bahtiar *et al.*, 2015). Sejauh ini pemanfaatan bahan organik yang berasal dari alam terus dikembangkan. Salah satu jenis tumbuhan gulma yang mengandung banyak klorofil diantaranya adalah eceng gondok (Wijaya *et al.*, 2015).

Selain pigmen warna, proses pengambilan zat aktif atau senyawa tertentu dari bahan organik yang akan dijadikan sebagai *dye* juga berpengaruh dalam meningkatkan performansi *DSSC* yang dihasilkan. Oleh karena itu terdapat beberapa metode ekstraksi yang dapat dilakukan dalam proses pemurnian zat warna utama *dye*. Seperti yang telah disebutkan pada beberapa penjelasan sebelumnya, bahwa terdapat beberapa metode ekstraksi yang dapat dilakukan antara lain metode *Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)* (Sholihah *et al.*, 2017), *Microwave Assisted Extraction (MAE)* (Handaratri dan Yuaniati, 2019) dan Maserasi (Andari dan Abrini, 2018).

Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) dapat disebut juga sebagai metode sonikasi yang merupakan jenis metode terbaru dalam proses ekstraksi suatu bahan. Metode sonikasi berbasis ultrasonik dengan menghantarkan gelombang ultrasonik atau gelombang suara yang memiliki tingkat frekuensi tinggi yakni lebih dari 20 kHz. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan kadar antioksidan dalam waktu singkat (Sholihah *et al.*, 2017).

Penelitian terhadap pengaplikasian metode *UAE* untuk meningkatkan kuantitas rendemen (hasil) dan efisiensi waktu ekstraksi telah banyak dilakukan seperti Xia *et al.* (2006) menunjukkan proses ekstraksi metode *UAE* dapat

meningkatkan rendemen teh hijau (berupa kandungan polifenol, asam amino dan kafein). Sedangkan di Indonesia sendiri, Supardan *et al.* (2011) mengaplikasikan proses sonikasi untuk mendaur ulang limbah minyak pabrik kelapa sawit yang terbukti dapat meningkatkan hasil rendemen dibandingkan dengan perlakuan tanpa gelombang ultrasonik. Dalam hal fabrikasi sel surya menggunakan *DSSC* terdapat penelitian Sholihah *et al.* (2017) yang telah melakukan metode sonikasi terhadap proses ekstraksi buah manggis sebagai *dye sensitizer*.

MAE (Microwave Assisted Extraction) merupakan metode ekstraksi dengan memanfaatkan derajat panas pada alat *microwave* sebagai perantara untuk mengeluarkan zat aktif pada bahan organik. Proses didalamnya dapat berupa absorpsi gelombang panas (*microwave*) oleh bagian bahan yang diekstrak sehingga akan terjadi pembukaan sel secara tiba-tiba dengan tumbukan (ledakan) dan sel kemudian akan melepas berbagai komponen pada fase cair. Energi gerak yang dibentuk selama proses termal mendorong seluruh massa pada fase cair untuk meningkatkan laju difusi yang ada (Alupului *et al.*, 2009).

Metode ke tiga adalah metode maserasi, yang umumnya banyak digunakan dalam proses pengambilan bahan aktif berupa zat warna tanaman. Haq *et al.* (2016) dalam penelitiannya menggunakan metode maserasi untuk memperoleh ekstrak tanaman buah senduduk dengan merendam buah senduduk sebanyak 20 gram dalam campuran 40 mL etanol, 8 mL asam asetat dan 52 mL aquades. Ekstrak *dye* kemudian didiamkan selama 2 x 12 jam di daerah yang tidak terkena cahaya.

Berdasarkan ketiga metode yang ada, metode *Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)* merupakan metode yang paling mudah dan memiliki nilai rendemen lebih tinggi dibanding menggunakan metode lain. Selain itu suhu yang lebih rendah dibanding dengan metode *MAE* memungkinkan bahan aktif berupa zat warna tidak terdegradasi akibat suhu. Waktu yang digunakan juga relatif lebih efisien atau tidak berlangsung lama seperti pada metode maserasi. Oleh karena itu berdasarkan beberapa percobaan penelitian yang telah dilakukan, maka dalam penelitian ini akan dilakukan ekstraksi daun eceng gondok menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)* untuk memperoleh zat klorofil sebagai *dye sensitizer* dengan perlakuan lama waktu berbeda pada suhu dan frekuensi tertentu.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari performa kelistrikan *Dye Sensitized Solar Cell* yang menggunakan pemeka cahaya dari ekstraksi klorofil daun eceng gondok yang diekstraksi menggunakan metode *ultrasonic assisted extraction* dengan variasi lama waktu ekstraksi.

1.3. Hipotesis

Diduga performa kelistrikan *Dye Sensitized Solar Cell* yang menggunakan pemeka cahaya dari ekstraksi klorofil daun eceng gondok yang diekstraksi menggunakan metode ekstraksi *ultrasonic assisted extraction* akan optimal dengan lama waktu ekstraksi tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisti, R. A., 2007. Fungsi Alat Tubuh Tumbuhan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Adnane, M., H. Cachet, G. Folcher, and S. Hamzaoui. 2005. Beneficial Effects of Hydrogen Peroxide on Growth, Structural and Electrical Properties of Sprayed Fluorine-Doped SnO Films. *Thin Solid Film*. 492 (1-2), 240-247.
- 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.
- Agustini, S., Risanti, D. D., dan Sawitri, D., 2013. Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Berdasarkan Fraksi Volume TiO₂ Anatase-Rutile dengan *Garcinia mangostosa* dan *Rhoeo Spathacea* sebagai *Dye* Fotosensitizer. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), B131-B136.
- Ai, N. S. dan Banyo, Y., 2011. Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(2), 166-173.
- Alupului, A., Calinescu, I. and Lavric, V., 2009. Ultrasonic vs Microwave Extraction Intensification of Active Principles From Medicinal Plants. *AIDIC Conference Series*, 8, 1023.
- Andari, R., 2017. Sintesis dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan Sensitizer Antosianin dari Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa*). *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 1(2), 61-71.
- Andari, R. dan Abrini, D., 2018. Pengaruh Waktu Perendaman TiO₂ dalam Larutan Ekstrak Antosianin Bunga Rosella pada Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Jurnal Teras Fisika*, 1(2), 24-29.
- Andesna, Y. dan Elida., 2019. Pengaruh Penambahan Ekstrak Daun Pandan dan Daun Suji terhadap Kualitas Keripik Sanjai Lado Hijau. *Jurnal Kapita Selektu Geografi*, 2(2), 90-100.
- Anggistia, M. D., Widiyandari, H. dan Anam, K., 2016. Identifikasi dan Kuantifikasi Antosianin dari Fraksi Bunga Rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dan Pemanfaatannya sebagai Zat Warna *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(2), 50-57.
- Ardiani, P., 2010. Efektivitas Katalis TiO₂ dengan Pengemban Mg(OH)₂.5H₂O pada Fotodegradasi Zat Warna Rhodamine B. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengathuan Alam. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

- Ardianto, R., Nugroho, W. A., dan Sutan, S. M., 2015. Uji Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Lapisan Capacitive Touch Screen sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil *Nanochloropsis Sp.* sebagai *Dye Sensitizer* dengan Variasi Ketebalan Pasta TiO_2 . *Jurnal Keteknikaan 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.
- Astuti dan Sriwulandari., 2010. Biodiesel dari Mikroalga: Perbanyak Biomassa melalui Penambahan Nutrisi secara Bertahap. *Jurnal Ilmu Hayati dan Fisik*. Pusat Penelitian LIPI. Bandung.
- Bahri, S., 2010. Klorofil. *Diktat Kuliah Kapita Selekt Kimia Organik*. Universitas Lampung.
- Bahtiar, H., Wibowo, N. A. dan Rondonuwu, F. S., 2015. Konstruksi Sel Surya Bio Menggunakan Campuran Klorofil-Karotenoid sebagai Sensitizer. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 11(1), 19-23.
- Byung ,H.M., Youl, M.S. and Chi, H.H., 2013. Titanium oxide Films Prepared by Sputtering, Sol Gel and Dip Coating Methods for Photovoltaic *Application*. *Energy Procedia*, 34, 589-596.
- 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.
- Carrato, V., 2011. Synthesis of TiO_2 Rutile Nanoparticles by PLA in Solution. Department of Chemistry. University of Gonova. Italia.
- 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.
- Chunfeng, L., Yutao, C., Li, S., Xiao, L., Lan, H., Humin, C. and Dechun, Z., 2005. Mixsolvent-thermal method for the synthesis of anatase nanocrystalline titanium dioxide used in dye-sensitized solar cell. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 8, 457-465.
- Dahlan, D. dan Fahyuan, H. D., 2014. Pengaruh Beberapa Jenis *Dye* Organik terhadap Efisiensi Sel Surya *Dye Sensitized Solar Cell*. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(2), 74-79.

- Dahlan, D., Leng, T. J., dan 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.
- Damayanti, R. dan Hardeli, H. S., 2014. Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (Ipomea batatas L.)*. *Jurnal Saintek*, 6(2), 148-157.
- Darwis, D., Basri, S. A. dan Iqbal., 2015. Pengaweta Klorofil Daun Katuk sebagai Zat Pewarna untuk Bahan *DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)* dengan Menggunakan *Freeze Drying*. *Jurnal Gravitasi*, 15(1), 1-6.
- Dengyuan, S. 2005. *Zinc Oxide TCOs (Transparent Conductive Oxides) and Polycrystalline Silicon Thin-Films for Photovoltaic Applications*. *Article*. University of New South Wales. Sydney.
- Dewi, N. A., Nurosyid, F., Supriyanto, A. dan Suryana, R., 2016. Pengaruh Ketebalan Elektroda Kerja TiO_2 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 Pysical Chemistry*. Uppsala University.
- Fahd, A. J., Amar, M., Fouad, A. W. and Mohamed, A.A., 2012. ZnO Spin-Coating of TiO_2 Photo-Electrodes to Enhance the Efficiency of Associated Dye-Sensitized Solar Cells. *World Journal of Condensed Matter Physics*, 2, 192-196.
- Fahyuan, D. H., Samsidar, F., Heriyanto, Sampe, N. dan Sarina, 2015. Desain Prototipe Sel Surya DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) Lapisan Grafit/ TiO_2 Berbasis Dye Alami. *JoP*, 1(1), 5-11.
- Fernando, J. M. R. C. dan Senadeera, G. K. R., 2008. *Current Science*, 95(5), 663-666.
- Fistiani, M., Nurosyid, F. dan Risa., S., 2017. Pengaruh Campuran Komposisi Antosianin-Klorofil sebagai Fotosensitizer terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell*. *Jurnal Ilmu Fisika*, 2, 246-468.
- Fitriya, H. Handayani, R.D. dan Lesmono, A.D. 2017. Pengaruh Lama Perendaman TiO_2 Dalam Dye Sentitized Ekstrak Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum L*) Terhadap Efisiensi *Dye Sentitized Solar Cells (DSSC)*. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(4), 343-350.
- Fuadi, A., 2012. Ultrasonik sebagai Alat Bantu Ekstraksi Oleoresin Jahe. *Jurnal Teknologi*, 12(1), 14-21.

- Garcia, J. L. L. and Castro, M. L. L., 2003. Ultrasound: A Powerfull for Leaching, *Trends in Anal. Chem*, 22, 41-47.
- Gemeiner, P., Kulicek, J., Mikula, M., Hatala, M., Svorc, L., Hlavata, L., Misucik, M. and Omstova, M., 2015. Polyprriole-coated Multi-walled Carbon Nanotubes for the Simple Preparation of Counter Electrodes in Dye-Sensitized Solar Cells. *Synthetic Metals*, 210, 323-331.
- 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.
- Gleue, A., 2008. Building the Gratzel Solar Cell. *The Gratzel Solar Cell Project Summer NSF*, 9-16.
- Gotama, B., Rahman, D. F. dan Anjarwadi, A. F., 2017. Intensifikasi Proses Penyulingan Minyak Atsiri dari Daun Jeruk Purut dengan Metode *Ultrasound following Microwave Assisted Extraction* (US-MAE). *Indonesian Journal of Essential Oil*, 2(1), 29-37.
- Graetzel, M., 2003a. Dye Sensitized Solar Cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology C, Photochemistry reviews*, 4, 145-153.
- Gratzel, M., 2003b. Dye-sensitized Solar Cell. Japanese Photochemistry Association Elsevier B. V., 1389-5567.
- Hagfeldt, A., Didriksson, B., Palmqwist, T., Lindstrom H., Sodergren S., Rensmo H. and Lindquist S-E., 1994. *Solar Energy Mater and Solar Cells*, 31, 481-488.
- Handaratri, A. dan Yuaniati, Y., 2019. Kajian Ekstraksi Antosianin dari Buah Murbei dengan Metode Sonikasi dan *Microwave*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia (Reka Buana)*, 4(1), 63-67.
- Handoko, P. dan Fajariyanti, Y., 2008. Pengaruh Spektrum Cahaya Tampak terhadap Laju Fotosintesis. *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Haq, A., Amri, A. dan Fadli, A., 2016. Pengaruh Fraksi Etanol dalam Pelarut dan Ketebalan Coating TiO₂ terhadap Kinerja Prototip *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)* Berbasis dari Buah Tumbuhan Senduduk (*Melastoma malabathricum*). *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1-6.
- 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.

- Hilman, C. dan Sa'diah, A., 2013. Analisis Pemanfaatan Anthocyanin Tumbuhan Tropis sebagai Sensitizer pada *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Seminar Nasional Material Fisika*. Institut Teknologi Bandung.
- Iwantono, Taer, E., Taslim, R. dan Lestari, L. R., 2014. Sel Surya Foelektrokimia dengan Menggunakan Nanopartikel Platinum sebagai Elektroda *Counter Growth*. *Artikel*. Universitas Riau.
- Jamalullail, N., Mohamad, I. S., Norizan, M. N., Baharum, N. A. and Mahmed, N., 2017. Short Review: Natural Pigments Photosensitizer for Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *IEEE 15th Student Conference on Research and Development (SCORED)*. Universiti Malaysia Perlis, 344-349.
- Ji, J., Lu, X., Cai, M. and Xu, Z., 2006. Improvement of Leaching Process of Geniposide with Ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 43-48.
- Jusnita, N., 2014. Produksi Nanoemulsi Ekstrak Temulawak dengan Metode Homogenisasi. *Thesis*. Institut Pertanian Bogor.
- Kim, H. J., Kim, D. J., Karthick, S. N., Hemalatha K.V., Justin, C., Sunseong, O., and Youngson, C., 2013. *Curcumin Dye Extracted from Curcuma longa L. Used as Sensitizers for Efficient Dye Sensitized Solar Cells*. *Internasional Journal Electrochemical and Science*, 8, 320-328.
- Kimpa, I.M., Momoh, M. and Isah, U. K., 2012. Photoelectric Characterization of Dye sensitized Solar Cells Using Natural Dye from Pawpaw Leaf dan Flame Tree Flower as Sensitizers. *Materials Sciences and Applications*, 3, 281-286.
- Kiswanti, E. A. Dan Pratapa, S., 2013. Sintesis Titanium Dioksida (TiO₂) Menggunakan Metode Logam Terlarut Asam. *Jurnal Sains dan Seni pomits*, 2(1), 18-21.
- Kumar, A. dan Chongwu, Z., 2010. The Race to Replace Tin-Doped Indium Oxide: Which Material Will Win, *ACS Nano*, 4(1), 11-14.
- Kumara, . S. W. dan Prajitno., 2012. Studi Awal Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus hybridus* L.) sebagai *Dye Sensitizer Solar Cell* dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC. *Tugas Akhir SI*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Kurniawan, M., Izzati, M. dan Nurchayati, Y., 2010. Kandungan Klorofil, Karotenoid dan Vitamin C pada Beberapa Spesies Tumbuhan Akuatik. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 18(1), 28-40.

- Lee, C. P., Chen, Y. P., Vital, R. and Ho, K. C., 2010. Iodine Free High Efficient Quasi Solidstate Dye-Sensitized Solar Cell Containing Ionic Liquid and Polyaniline-Iodated Carbon Black. *Journal of Materials Chemistry*, 20, 2356-2361.
- Lee, J. K. dan Mengjin, Y., 2011. Progress In Light Harvesting and Charge Injection of Dye-Sensitized Solar Cell. *Material Science and Engineering B* 176, 1142-1160.
- Mabruroh, I., 2019. Performa Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Variasi Lama Perendaman Pasta Titanium Dioksida (TiO_2) dalam Dye dan Intensitas Cahaya. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Maheswari, D. and Venkatachalam, P., 2013. Sol Gel Synthesis and Characterization of TiO_2 Nano Films in the Building of DSSC. *Journal of Electronics and Communication Engineering*, 4, 29-33
- Maming, M. S., 2016. Karakterisasi Zat Warna Cabe merah (*Capsicum annum* L.) Fraksi Metanol: N-Heksana Sebagai Photosensitizer dalam Aplikasi *Dye Sensitized Solar Cell*. *Skripsi*. UIN Alauddin Makassar.
- Marinado, 2009. The Effect of UV-Irradiation (Under short-circuit Condition) on Dye-Sensitized Solar Cells. *International Journal of Photoenergy*, 471828.
- 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.
- Maulana, E., Pramono, S., Fanditya, D. dan Julius, M., 2014. Effect of Chlorophyll Concentration Variations from Extract of Papaya Leaves on Dye-Sensitized Solar Cell. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index, Electrical Engineering*, 2(10), 388.
- Muchammad dan Setiawan, H., 2011. Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 Wp dengan Penambahan Reflektor. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. UWH, Semarang, 45-50.
- Mukarromah., 2016. Pengaruh Waktu Perendaman Nanokomposit MgO-SnO_2 pada Larutan Ekstrak Daun Jati dan Buah Mangsi terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

- Mulyadi, A. F., Dewi, I. A., Wignyanto., Sucipto. Dan Prayudi, R., 2015. Pengaruh Frekuensi dan Waktu *Pretreatment Ultrasound Assisted Extraction (UAE)* Terhadap Rendemen dan Kualitas Virgin Coconut Oil. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 16(3), 167-172.
- Nadeak, S. M. R. dan Susanti, D., 2012. Variasi Temperatur dan Waktu Tahan Kalsinasi terhadap Unjuk Kerja Semikonduktor TiO₂ sebagai *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan Dye Ekstrak Buah Naga Merah. *Jurnal Teknik ITS*, 1, F81-F86.
- Ngaderman, H., Srivajawaty, E. dan Fitrim, Y., 2017. Fabrikasi Sel Surya dengan Menggunakan Buah Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.) sebagai Sensitizer dan Pembuatan Nanomaterial TiO₂ Menggunakan Teknik Sol-Gel. *Jurnal Photon*, 8(1), 37-41.
- Nurosyid, F. dan Kusumandari., 2010. Penumbuhan Lapisan Tipis *Cooper Phthalocyanine (CuPc)* sebagai Bahan Dasar Sel Surya Organik. *Jurnal Nature Indonesia*, pp 186-190.
- Nurussaniah, Supriyanto, C. A., Suryana, R. dan Boisandi, A., 2013. Studi Pengaruh Penggunaan Poly (3-Hexylthiophene) P3HT dan Grafit terhadap Kinerja Sel Surya. *Jurnal Fisika*, 3(1), 9-14.
- Nyananyo, B. L., Ekeke, C. and Mensah, S. I., 2005. The Morphology and Phytochemistry of Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Family (Ponterderiaceae). *Journal of Creativity and Scientific Studies (JOCSS)*, 1 (2 and 3), 20-30.
- 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.
- 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.
- Pataya, S. A., Gareso, P. L. dan Juarlin, E., 2016. Karakterisasi Lapisan Tipis Titanium Dioksida (TiO₂) yang Ditumbuhkan dengan Metode *Spin Coating* Di atas Substrat Kaca. *Artikel*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- 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.

- Prasetyo, S., Sunjaya, H. dan Yanuar N. Y., 2012. Pengaruh Rasio Massa Daun Suji/Pelarut, Temperatur dan Jenis Pelarut pada Ekstraksi Klorofil Daun Suji secara *Batch* dengan Pengontakan Dispersi. *Research Report-Engineering Science*.
- Prasetyo, Y. H., Wahyuningsih, S. dan Suryana, R., 2014. Studi Variasi Elektrolit Kinerja *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Fisika Indonesia*, 53(18): 47-49.
- 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.
- Prayogo, A. F., 2014. Pengujian dan Analisis Performansi *Dye-sensitized Solar Cell* terhadap Cahaya. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Prihantini, M., Zulfa, E., Prastiwi, L. D. dan Yulianti, I. D., 2019. Pengaruh Waktu Ultrasonikasi terhadap Karakteristik Fisika Nanopartikel Kitosan Ekstrak Etanol Daun Suji dan Uji Stabilitas Fisika Menggunakan Metode *Cycling Test*. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik (JIFFK)*, 16(2), 40-48.
- Prima, E. C., 2013. Studi Performansi *Natural Dye Sensitized Solar Cell* Menggunakan Fotoelektrode TiO_2 Nanopartikel. *Thesis*. Institut Teknologi Bandung.
- Puspitasari, N., Adawiyah, S. R., Fajar, M. N., Yudoyono, G., Rubiyanto, A. dan Endarko., 2017. Pengaruh Jenis Katalis pada Elektroda Pembanding terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* dengan Klorofil sebagai *Dye Sensitizer*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 13(1), 30-33.
- Puspitasari, N., Silviyanti, N. A., Yudoyono, G., Prajitno, G., Rubiyanto, A. dan Endarko., 2018. Pengaruh Ketebalan Lapisan TiO_2 terhadap Performansi *Dye Sensitized Solar Cell*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 14(1), 12-15.
- Putra, D. A., 2018. Pengaruh Komposisi Campuran Kurkumin-Klorofil sebagai Fotosensitizer terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Rahayu, O. U., Malahayati. dan Harnelly, E., 2018. Studi Serapan Cahaya *Dye* Alami Hasil Ekstrak Daun Suji dan Buah Senduduk. *Jurnal Aceh Phys. Soc*, 7(2), 106-109.

- 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.
- Ranti, A. D., Amri, A. dan Yelmida., 2016. Pengaruh Ketebalan Coating TiO₂ 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.
- Rifa'i, A., Hidayah, H., Narudi, dan Ibrahim, M., 2019. Peran Ekstrak Klorofil Dari Daun Kedondong (*Spondias dulcis Forst*) pada *Dye Sensitized Solar Cell*. *Jurnal ITEKIMIA*, 6(2), 24-34.
- Rinaldi, R., Amri, A. dan Khairat., 2016. Sintesa *Fluorinated Tin Oxide (FTO)* Menggunakan Prekursor Ramah Lingkungan dan Penambahan *Graphene* dengan Metode Deposisi *Spray Coating* untuk Aplikasi Material Konduktif Transparan. *Jom FTEKNIK*, 3(2), 1-10.
- Ruan, B. dan Jacobi, A. M., 2012. Ultrasonication Effects on Thermal and Rheological Properties of Carbon Nanotube Suspensions. *Nanoscale Research Letters*, 7(1), 127.
- Sari, D. K., Wardhani, D. H. dan Prasetyaningrum, A., 2012. Pengujian Kandungan Total Fenol *Kappahycus alvarezzi* dengan Metode Ekstraksi Ultrasonik dengan Variasi Suhu dan Waktu. *Prosiding SNST ke-3*. Fakultas Teknik. Universitas Wahid Hasyim Semarang, 40-44.
- Sasongko, A., Nugroho, R. W., Setiawan, C. E., Utami, I. W. dan Pusfitasari, M. D., 2018. Aplikasi Metode Non Konvensional pada Ekstraksi Bawang Dayak. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 6(1), 8-13.
- Sholihah, M., 2016. *Ultrasonic-Assisted Extraction* Antioksidan dari Kulit Manggis. *Thesis*. Program Studi Teknologi Pasca Panen. Institut Pertanian Bogor.
- 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.
- Sima, C., C. Grigoriu, dan S. Antohe. 2010. Comparison of the Dye-Sensitized Solar Cells Performances Based on Transparent Conductive ITO and FTO, *Thin Solid Film*. 519(2): 595- 597.

- Simon, M., Aswani, Y., Peng, G., Robin, H.B., Basile, F.E.C., Negar, A.A., Ivano, T., Ursula, R., Nazeeruddin, K. and Gratzel, M., 2014. Dye-sensitized solar cells with 13% efficiency achieved through the molecular engineering of porphyrin sensitizers. *Nature Chemistry*, 1861, 1-7.
- Subodro, R., 2016. Preparasi Elektrolit sebagai Pentransfer Elektron pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal AUTINDO Politeknik Indonusa Surakarta*, 1(3), 29-32.
- Sundari, U., 2008. Uji Banding Metode Ekstraksi Karotenoid dan Tokoferol Sari Buah Merah. *Skripsi*. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Supardan, M. D., Asnawi, T. M., Putri, Y. dan Wahyuni, S., 2011. Metode Ekstraksi Pelarut Berbentuan Ultrasonik untuk *Recovery* Minyak dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Agritech*, 31(4), 368-373.
- 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.
- Susilo, B., Sumarlan, S. H., Wibisono, Y. dan Puspitasari, N., 2016. Pengaruh Pretreatment dan Lama Waktu Ekstraksi terhadap Karakteristik Ekstrak Kulit Jeruk Purut (*Citrus hystrix* D.C.) Menggunakan *Ultrasonic Assisted Extraction (UAE)*. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 4(3), 230-241.
- Tran, Q. P., J.S. Fang, T.S. Chin. 2015. Properties of Fluorine-Doped SnO₂ Thin Films by a Green Sol-Gel Method, *Materials Science in Semiconductor Processing*, 40, 664- 669.
- Wibowo, D. A., 2006. Modifikasi Permukaan Semikonduktor Lapis Tipis Grafit/Komposit TiO₂-SiO₂ dengan Penempelan Logam Tembaga (Cu) secara Elektrodeposisi. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Wijaya, D., Yanti, P. P., A., Raffty, S. dan Rizal, M., 2015. *Screening* Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Daun Eceng Gondok (*Euchhornia crassipes*). *Jurnal Kimia Valensi*, 1(1), 65-69.
- Xia, T., Shi, S. dan Wan, X., 2006. Impact of Ultrasonic-asissted Extraction on the Chemical and Sensory Quality of Thea Infusion. *J. Food Eng*, 74, 557-560.
- Zahrok, Z. L. dan Prajitno, G., 2015. Ekstrak Buah Muerbei (Morus) sebagai Sensitizer Alami *Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Substrat Kaca ITO dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating*. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(1), B26-B31.