

*Skripsi*

**PENGARUH PELARUT TERHADAP KINERJA DYE SENSITIZED  
SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN KLOOROFIL DARI DYE DAUN  
PALILI (*Cordyline fruticosa*)**

**STANIA MARSELA BASSO'**

**H021 19 1033**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**PENGARUH PELARUT TERHADAP KINERJA DYE SENSITIZED  
SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN KLOROFIL DARI DYE DAUN  
PALILI (*Cordyline fruticosa*)**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*

**STANIA MARSELA BASSO'**

**H021 19 1033**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH PELARUT TERHADAP KINERJA DYE SENSITIZED  
SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN KLOROFIL DARI DYE DAUN  
PALILI (*Cordyline fruticosa*)**

Disusun dan diajukan Oleh:

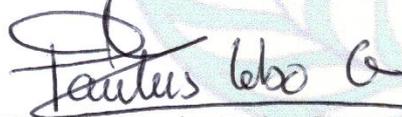
**STANIA MARSELA BASSO\*,  
H021 19 1033**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam Rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
Pada 15 Januari 2024

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan:

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.  
NIP. 19650305 199103 1 008

Pembimbing Pertama



Prof. Dr. Dahlang Tahir, S.Si., M.Si.  
NIP. 19750907 200003 1 006

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Arifin, M.T.  
NIP. 19670520 199403 1 002



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Stania Marsela Basso'  
NIM : H021191033  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulisan saya yang berjudul:

**PENGARUH PELARUT TERHADAP KINERJA DYE SENSITIZED  
SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN KLOROFIL DARI DYE DAUN  
PALILI (*Cordyline fruticosa*)**

Adalah karya tulis berdasarkan hasil pemikiran dan penelitian saya, bukan merupakan hasil pengambilalihan tulisan maupun pemikiran orang lain. Jika terdapat karya orang lain dalam skripsi ini, maka akan dicantumkan sumber yang benar dan jelas. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, jika dikemudian hari terdapat ketidakbenaran dan penyimpangan dalam pernyataan ini, maka saya berhak menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 15 Januari 2024

Yang menyatakan,



Stania Marsela Basso'  
H021 19 1033

## ABSTRAK

Pemanfaatan energi terbarukan menggunakan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan pewarna alami menjadi salah satu alternatif yang tepat, guna mengurangi pemakaian energi fosil yang berlebih. Penelitian ini menggunakan tanaman Daun Palili sebagai pewarna yang akan memengaruhi kinerja dari sel DSSC. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui absorbansi penyerapan spektrum warna yang akan diserap, serta mengetahui efisiensi daya yang dihasilkan menggunakan pewarna alami dengan memvariasikan penggunaan pelarut dalam proses ekstraksi. Hasil penelitian berdasarkan spektrum serapan warna yang mampu diserap tanaman Daun Palili pada rentang 500 nm -700 nm dari tiga pelarut yaitu aseton, asam asetat dan etanol. Berdasarkan pengujian efisiensi, diperoleh hasil yang baik diantara tiga pelarut sebesar  $0,68 \times 10^{-4} \%$  yang dihasilkan oleh Daun Palili dengan pelarut aseton.

**Kata Kunci:** *efisiensi; Dye Sensitized Solar Cell; daun palili; pelarut.*

## ABSTRACT

The use of renewable energy using Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) with natural dyes is one of the right alternatives, in order to reduce the use of excess fossil energy. This study uses the Palili Leaf plant as a dye that will affect the performance of DSSC cells. The purpose of this study was to determine the absorbance of the colour spectrum absorption to be absorbed, as well as to determine the power efficiency produced using natural dyes by varying the use of solvents in the extraction process. The results of the study are based on the colour absorption spectrum that can be absorbed by Palili Leaf plants in the range of 500 nm -700 nm from three solvents, namely acetone, acetic acid and ethanol. Based on efficiency testing, good results were obtained among the three solvents of  $0.68 \times 10^{-4}\%$  produced by Palili Leaf with acetone solvent.

**Keywords:** *efficiency; Dye Sensitized Solar Cell; palili leaf; solvent.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ Pengaruh Pelarut Terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Klorofil dari *Dye* Daun Palili (*Cordyline fruticosa*) ”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Fisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan yang diberikan oleh berbagai pihak yang secara konsisten memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perkenankanlah penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Kepada Orang tua, Ibunda tercinta **Suria** dan ayahanda terkasih **Suleman Taruk** yang tidak pernah berhenti untuk memberikan kasih sayang dan doa untuk kelancaran dan kemudahan bagi penulis, yang selalu memberikan semangat saat putus asa serta yang memberikan dukungan moral dan material, semoga Tuhan senantiasa Memberkati dalam hari-harinya.
2. Kepada saudaraku **Satrio Silvester Basso** dan **Swendy Junisius Basso** yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis agar tidak putus asa dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Kepada seluruh keluarga besar yang selalu mendukung dan memberikan saran dan dukungan berupa moril maupun material, semoga Tuhan senantiasa Memberkati.
4. Kepada Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T** selaku ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
5. Kepada Bapak **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc** selaku pembimbing utama dan Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si** selaku pembimbing

pertama yang telah banyak memberikan waktunya untuk membimbing, mendukung serta memberi saran selama proses penelitian, penulisan hingga penyelesaian skripsi ini. Terima Kasih Semoga Tuhan senantiasa Memberkati.

6. Kepada Ibu **Prof. Dr. Nurlela Rauf, M.Sc** dan Ibu **Dr. Sri Dewi Astuti, S.Si, M.Si** selaku tim penguji dalam melaksanakan seminar proposal penelitian, seminar hasil penelitian dan ujian sidang skripsi fisika.
7. Kepada seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah mendidik dan membagi ilmunya kepada penulis.
8. Kepada seluruh staf akademik Departemen Fisika Fakultas MIPA yang dengan tulus hati membantu penulis dalam menyelesaikan urusan-urusan akademik.
9. Kepada teman seperjuangan dalam penelitian ini **Rati B** dan **Nur Alya** yang selama penelitian hingga penyusunan skripsi senantiasa memberi saran dan semangat yang sangat membantu dalam suksesnya penelitian dan penulisan ini. Terima kasih teman-teman.
10. Teman-teman Crazy Rich (**Enjelin, Maria Antoinet, Yoriska Patrisia, Gunawan**) yang sudah menemani penulis selama kurang lebih 4 tahun terima kasih untuk omelan, canda gurau, semangat dan moment berharga yang terjadi selama ini. Sukses selalu untuk teman-teman, dilancarkan penelitiannya.
11. Kepada teman-teman OMA2K20 (**Mely, Grace, Iin, Gloria**) yang telah menemani penulis selama kurang lebih 7 tahun terima kasih telah menjadi support system dalam segala hal. Semangat untuk penelitiannya, semangat yang dalam proses mencari pekerjaan, dan semangat untuk yang diperantauan. Tuhan Memberkati.
12. Teman-teman OCB (**Anggy, Desry, Devi, Grace, Chyntia, Chelsea, Chrisavelin**) yang selama ini telah menemani, telah berbagi suka dan dukanya, menjadi supporter terbaik. Sukses selalu teman-teman,

dilancarkan penelitiannya dan semangat untuk yang mencari pekerjaan. Tuhan Memberkati.

13. Teman-teman Material 2019 (**Abdul Razak, Muh. Agung, Hajrul Farawansyah, Yusri, Nurlela, Ririn Annur**) yang sudah menemani penulis selama berada di Lab. Material dan Energi. Terima kasih teman-teman.
14. Kepada teman-teman KKNT Gelombang 108, Kabupaten Bantaeng, Desa Kadangkunyi, terkhusus teman-teman posko 06 ( **Kak Arcy, Kak Agus, Kak Joe, Hilkia, Atho, Fierly, Rika, Dian, Yanti, Nada, Windi**) sukses selalu untuk kalian.
15. Kepada teman-teman 18<sup>-</sup> (**Rama, Diza, Jaja, Adi, Angga, Bida, Indra**) yang telah menemani penulis sejak SMA, sukses selalu untuk kalian.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu kritik dan yang bersifat membangun sangatlah di harapkan. Akhir kata penulis mengharapkan semoga penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak lain membutuhkan.

Makassar, Januari 2024



Stania Marsela Basso'  
H021/19 1033

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
II.1 DSSC .....	4
II.1.1 Komponen Utama DSSC .....	4
II.1.2 Prinsip Kerja DSSC .....	5
II.2.3 Material DSSC .....	7
II.2.3.1. Kaca Substrat (FTO).....	7
II.2.3.2. Semikonduktor TiO <sub>2</sub> .....	7
II.2.3.3. Sensitizer ( <i>Dye</i> ) .....	7
II.2.3.3. Elektrolit .....	10
II.2.3.3. <i>Counter</i> Elektroda Karbon .....	11
II.2 Pelarut .....	11
II.2.1 Etanol.....	11
II.2.2 Asam Asetat .....	12
II.2.3 Aseton .....	13
II.3 Daun Palili .....	13

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	15
III.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	15
III.2.1 Alat Penelitian .....	15
III.2.2 Bahan Penelitian.....	15
III.3 Prosedur Penelitian .....	16
III.3.1 Ekstrak <i>Dye</i> .....	16
III.3.2 Pembuatan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	16
III.3.3 Pelapisan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	17
III.3.4 Perendaman Lapisan TiO <sub>2</sub> .....	18
III.3.5 Pembuatan Larutan Elektrolit .....	18
III.3.6 Pembuatan <i>Counter Electroda</i> Karbon .....	18
III.3.7 Fabrikasi DSSC .....	19
III.3.8 Karakterisasi Sampel.....	19
III.3.8.1 <i>UV-Vis Spectrophotometer</i> .....	20
III.3.8.2 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	20
III.3.8.3 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD) .....	20
III.3.8.4 Efisiensi .....	21
III.4 Bagan Alir Penelitian.....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
IV.1 Hasil Pengujian UV-Vis.....	23
IV.2 Hasil Pengujian <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR).....	24
IV.3 Hasil Pengujian <i>X-ray Diffraction</i> (XRD) .....	25
IV.4 Hasil Pengukuran Efisiensi .....	27
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>29</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>35</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Struktur DSSC .....	4
<b>Gambar 2.2</b> Prinsip Kerja DSSC .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Klorofil a dan Klorofil b .....	10
<b>Gambar 2.4</b> Struktur Kimia Etanol .....	12
<b>Gambar 2.5</b> Struktur Kimia Asam Asetat .....	13
<b>Gambar 2.6</b> Struktur Kimia Aseton .....	13
<b>Gambar 2.7</b> Tanaman Palili .....	14
<b>Gambar 3.1</b> Ekstraksi <i>Dye</i> .....	16
<b>Gambar 3.2</b> Pembuatan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	17
<b>Gambar 3.3</b> Pelapisan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	17
<b>Gambar 3.4</b> Perendaman Lapisan TiO <sub>2</sub> .....	18
<b>Gambar 3.5</b> Pembuatan Larutan Elektrolit .....	18
<b>Gambar 3.6</b> Pembuatan <i>Counter</i> Elektroda Karbon .....	19
<b>Gambar 3.7</b> Ilustrasi <i>sandwich</i> DSSC .....	19
<b>Gambar 3.8</b> Instrument spektrofotometer UV-Vis .....	20
<b>Gambar 3.9</b> Bagan Alir Penelitian .....	22
<b>Gambar 4.1</b> Spektrum UV-Vis Daun Palili-Etanol (Biru), Daun Palili-Asam Asetat (Merah), Daun Palili-Aseton (Hitam) .....	23
<b>Gambar 4.2</b> Spektrum FTIR dari TiO <sub>2</sub> (Merah) dan Daun Palili (Hitam) .....	24
<b>Gambar 4.3</b> Kurva <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) dari TiO <sub>2</sub> (Abu-abu), TiO <sub>2</sub> + As. Asetat (Merah), TiO <sub>2</sub> +Aseton (Biru), TiO <sub>2</sub> +Etanol (Hijau).....	26

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Tumbuhan sebagai Sensitizer pada DSSC.....	8
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian Arus-Tegangan pada DSSC .....	27

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1</b> Pengujian Spektrum UV-Vis .....	35
<b>Lampiran 2</b> Pengujian Spektrum FTIR .....	36
<b>Lampiran 3</b> Dokumentasi Penelitian .....	37
<b>Lampiran 4</b> Data Pengujian Arus-Tegangan .....	39
<b>Lampiran 5</b> Perhitungan Nilai Efisiensi .....	41
<b>Lampiran 6</b> Tabel Ukuran Kristal Pewarna dan TiO <sub>2</sub> .....	43

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi fosil memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Peranan energi fosil tentunya dapat menopang keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Mirisnya, persediaan energi fosil dimuka bumi beberapa tahun belakangan semakin berkurang. Penyebab kurangnya persediaan energi fosil dimuka bumi tidak lepas dari konsumsi dalam jumlah yang sangat besar, penambahan penduduk yang terus meningkat [1], dan kurangnya pengembangan akan pemanfaatan energi terbarukan yang tersedia.

Energi terbarukan merupakan energi yang bersumber dari alam berupa panas bumi, angin, dan sinar matahari. Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan ialah energi matahari atau energi surya. Energi surya merupakan salah satu energi yang sangat tepat untuk dimanfaatkan di Indonesia. Hal ini bukan tanpa alasan, mengingat Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak di garis khatulistiwa dan memiliki iklim tropis sehingga jumlah pancaran sinar matahari yang diterima sangatlah banyak [2]. Menurut R. Hasrul, jumlah energi surya yang dapat digunakan di semua daratan Indonesia dengan luas 2 juta km<sup>2</sup> ialah sebesar 4,8 kWh/m<sup>2</sup> [3]. Ketersediaan energi surya yang begitu melimpah di Indonesia tentunya harus di kelola dengan baik agar dapat menjadi energi alternatif yang bermanfaat. Salah satu cara pemanfaatan energi surya ialah dengan menggunakan sel surya.

Sel surya memanfaatkan energi matahari dengan mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik berdasarkan mekanisme fotovoltaiik. Adapun beberapa jenis dari sel surya, yaitu sel surya organik, sel surya silikon sel, sel surya film tipis (*thin film*), sel surya yang peka pewarna (*Dye Sensitized Solar Cell*), dan sel surya perovskite. Salah satu jenis sel surya yang menarik perhatian para peneliti sejak diperkenalkan pertama kali ditahun 1991 oleh O' Regan dan Gratzel ialah *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)[4].

*Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* merupakan sel surya generasi ketiga yang prinsip kerjanya menggunakan pewarna baik itu pewarna alami ataupun pewarna sintesis sebagai sensitizer untuk mengubah cahaya tampak menjadi arus listrik [5]. DSSC tersusun dari beberapa bagian: substrat kaca TCO (*Transparent Conductive Oxide*), lapisan semikonduktor, pewarna (*dye*), elektrolit dan elektroda lawan [6].

Penelitian terkait DSSC beberapa tahun sebelumnya menggunakan pewarna sintesis yaitu *ruthenium polypyridyl* dan diperoleh efisiensi konversi yang tinggi sebesar 11-12%. *Ruthenium polypyridyl* merupakan material yang mengandung logam berat yang dapat memicu kerusakan bagi lingkungan [7]. Beberapa tahun belakangan Mahmoud dkk, muncul dengan membawa penemuan baru menggunakan pewarna atau pigmen alami yang diekstraksi dari daun, bunga, buah maupun biji [8]. Pigmen alami yang digunakan klorofil, betalain, karotenoid, antosianin, flavonoid dan tanin [5-6]. Menurut Al-Alwani dkk, parameter yang digunakan dalam menentukan efisiensi konversi sel surya ialah penyerapan zat warna dan jangkauan zat warna pada permukaan semikonduktor. Berdasarkan parameter tersebut ditemukan pada Al-Alwani, pigmen alami yang mengandung gugus fungsi hidroksil atau karboksil dapat mengikat kuat permukaan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  [8].

Berdasarkan uraian diatas, maka dikembangkan penelitian ini dengan mengekstraksi Daun Palili (*cordyline fruticosa*) sebagai sensitizer dalam DSSC dengan tujuan mempelajari proses ekstraksi dan karakteristik penyerapan yang dihasilkan. Adapun analisis absorbansi menggunakan *UV-Vis Spectrophotometer*, ikatan antar atom menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, analisis sifat struktur kristal menggunakan spektrum *X-ray Diffraction (XRD)*, dan efisiensi daya yang dihasilkan dari data uji karakteristik I-V menggunakan *Solar Simulator*.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah untuk penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat *Prototype* DSSC dengan *dye* klorofil dari Daun Palili (*cordyline fruticosa*) ?

2. Bagaimana efisiensi daya yang dihasilkan dari *dye* klorofil dari Daun Palili (*cordyline fruticosa*) menggunakan pelarut yang berbeda?

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Membuat *Prototype* DSSC dengan *dye* klorofil dari Daun Palili (*cordyline fruticosa*).
2. Menganalisis efisiensi daya yang dihasilkan *dye* klorofil dari Daun Palili (*cordyline fruticosa*) menggunakan variasi pelarut yang berbeda.

## BAB II

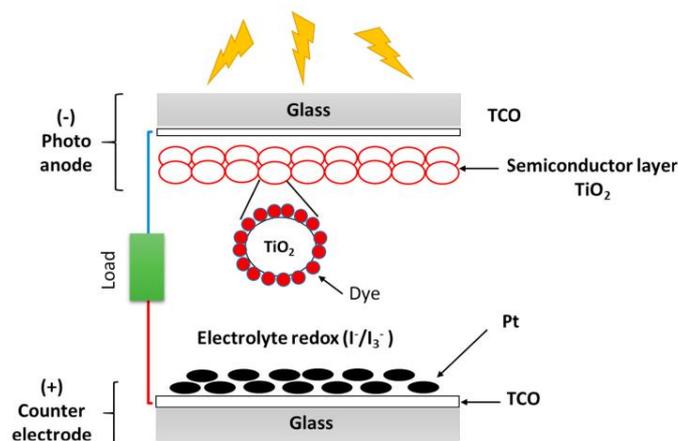
### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Dye Sensitized Solar Cell

DSSC atau *Dye Sensitized Solar Cell* pertama kali diperkenalkan pertama kali oleh O'Regan dan Grätzel pada tahun 1991. DSSC tergolong dalam sel surya generasi ketiga yang cara kerjanya menggunakan prinsip fotoelektrokimia [9]. DSSC mewakili potensi teknologi fotovoltaik yang relatif baru karena proses fabrikasinya yang mudah, biaya rendah, dan bahan baku tersedia dalam jumlah yang sangat banyak [10]. Kelebihan dari DSSC telah menarik perhatian begitu banyak peneliti untuk lebih mengkaji terkait DSSC yang nantinya akan sangat membantu dalam bidang energi terbarukan.

##### II.1.1 Komponen DSSC

DSSC didasarkan pada efek fotolistrik terhadap bahan semikonduktor. Hal ini membuktikan bahwa pada kondisi tertentu, elektron dalam suatu material dapat menyerap foton [11]. Komponen penyusun DSSC terdiri dari lima bagian: konduktor transparan, substrat oksida kaca (FTO), lapisan semikonduktor, sensitizer (pewarna), elektrolit, dan *counter* elektroda (substrat kaca FTO) yang tampak seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur DSSC [6].

Adapun fungsi dari setiap komponen DSSC yaitu, zat warna sebagai fotosensitizer, elektrolit untuk menyumbangkan elektron pada zat warna, katalis (counter elektroda) untuk menarik elektron ke dalam elektrolit, dan lapisan

semikonduktor yang menggunakan  $\text{TiO}_2$  sebagai zat untuk mengadsorpsi warna dan menyerap transmisi elektronik. Adapun struktur dari DSSC seperti gambar dibawah ini:

### II.1.2 Prinsip Kerja DSSC

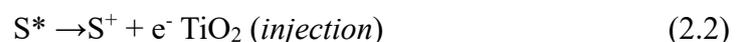
Prinsip kerja DSSC pada dasarnya adalah mengubah energi cahaya menjadi energi listrik berskala molekul melalui bentuk reaksi transfer elektron [12]. DSSC bekerja secara berbeda dengan sel surya konvensional yang menggunakan silikon yang proses penyerapan cahaya dan transfer muatan disebabkan oleh bahan yang sama. Proses ini terjadi pada berbagai macam bahan, dan tujuannya adalah untuk mencegah elektron dan *hole* tidak dapat bergabung kembali. Penyerapan cahaya dan transfer muatan tidak terjadi pada material yang sangat murni, namun cukup pada material yang kurang murni agar DSSC dapat berfungsi secara optimal [13]. Adapun prinsip kerja dari DSSC melalui tahapan-tahapan berikut [6]:

1. Tahapan pertama terjadi ketika pemeka pewarna akan tereksitasi ketika terkena cahaya ( $S^*$ ), yang secara energetik berada di atas tepi pita konduksi  $\text{TiO}_2$ , kemudian elektron disuntikkan ke pita konduksi  $\text{TiO}_2$



Setelah pewarna mengumpulkan foton, elektron tereksitasi ( $S^*$ ) pada orbital tertinggi pita valensi pada keadaan dasar hingga orbital terendah pada pita konduksi pada keadaan tereksitasi dihasilkan. Variasi energi antara tingkat orbital tertinggi pita valensi dan orbital terendah pada pita konduksi dari molekul pewarna menentukan jumlah arus foton yang dihasilkan oleh DSSC. Perbedaan antara orbital tertinggi pita valensi dan orbital terendah pada pita konduksi sama dengan energi celah pita  $\text{TiO}_2$ .

2. Tahapan kedua terjadi ketika oksidasi fotosensitizer terjadi ketika pewarna menyuntikkan elektron tereksitasi ke  $\text{TiO}_2$



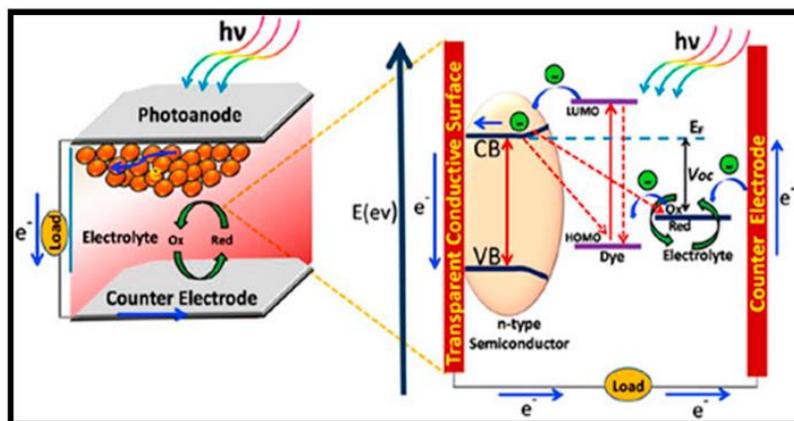
Energi orbital terendah pada pita konduksi harus lebih tinggi dari tepi bawah pita konduksi setelah injeksi elektron dari LUMO ke pita konduksi TiO<sub>2</sub>. Agar elektron dapat disuntikkan ke dalam pita konduksi TiO<sub>2</sub> yang menguntungkan secara kinetik, energi orbital terendah pada pita konduksi pewarna harus cukup negatif dibandingkan ke pita konduksi TiO<sub>2</sub>. Injeksi elektron yang efektif disebabkan oleh hubungan elektronik yang kuat antara pita konduksi TiO<sub>2</sub> dan tingkat orbital terendah pada pita konduksi, yang dapat ditingkatkan dengan menggunakan gugus penahan seperti karboksilat, hidroksamat, atau fosfonat.

- Tahapan ketiga terjadi ketika I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup> sebagai perantara antara fotoanoda dan elektroda lawan (katoda). Oleh karena itu redoks ion I<sup>-</sup> memberikan elektron pada pewarna teroksidasi untuk menggantikan elektron yang hilang



Elektron yang disuntikkan bergerak melalui TiO<sub>2</sub> berpori ke lapisan FTO. Dalam DSSC, pengangkutan elektron dilakukan oleh nanokristalin struktur dan lubang transportasi dalam elektrolit.

- Tahapan keempat terjadi ketika I<sub>3</sub><sup>-</sup> mencapai katoda dan mengkompensasi elektron yang hilang dari elektroda lawan, maka I<sub>3</sub><sup>-</sup> adalah direduksi menjadi I<sup>-</sup> [13].



Gambar 2.2 Prinsip Kerja DSSC [6].

### II.1.3 Material DSSC

Material penyusun DSSC terdiri dari kaca substrat, *Transparent Conducting Layer*, berupa TCO (Transparent Conductive Oxide) termasuk *Flourine-doped Tin Oxide* (FTO) serta *Indium Tin Oxide* (ITO) sebagai penghantar elektron yang dieksitasi *dye*, semikonduktor  $\text{TiO}_2$ , material anode yang sensitive terhadap cahaya serta memiliki struktur yang stabil pada bawah radiasi mentari, sensitizer sebagai pewarna digunakan tempat berlangsungnya eksitasi elektron waktu terkena sinar matahari, elektrolit sebagai pengantar elektron antara  $\text{TiO}_2$  elektroda fotoanoda dengan *counter* elektroda berupa pasangan  $\text{I}^-/\text{I}_3^-$  dan elektroda lawan merupakan material katoda yang paling efisien merupakan Platinum (Pt) [9].

#### II.1.3.1 Kaca Substrat (FTO)

Kaca substrat FTO atau *Flourine-doped Tin Oxide* merupakan kaca transparan yang substratnya murah, tersedia, dan secara optik sangat aktif dalam cahaya tampak dan daerah elektromagnetik inframerah-dekat. Beberapa TCO dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir namun yang terbaik adalah ITO dan FTO. Substrat FTO lebih cocok untuk penggunaan DSSC karena stabilitasnya yang tinggi (hingga  $550^\circ\text{C}$ ) dan biaya rendah [3].

#### II.1.3.2 Semikonduktor ( $\text{TiO}_2$ )

Bahan fotoanoda yang paling banyak digunakan untuk penggunaan DSSC adalah Titanium dioksida atau  $\text{TiO}_2$  (anatase atau rutil atau campuran keduanya) karena sifatnya aktivitas katalitik yang tinggi, biayanya murah, tidak beracun, dan stabil secara kimia saat di iradiasi [6]. Parameter yang menentukan baik atau tidaknya suatu  $\text{TiO}_2$  digunakan sebagai lapisan semikonduktor pada DSSC selain dari ukuran partikelnya yang kecil, serta ketebalan dari lapisan  $\text{TiO}_2$  yang meliputi suatu ketebalan lapisan  $\text{TiO}_2$  yang meliputi struktur permukaan serta diameter pori antar partikel  $\text{TiO}_2$  sebagai *diffusor dye* [14].

#### II.1.3.3 Sensitizer (*Dye*)

Sensitizer atau *dye* berperan sebagai penangkap foton dalam DSSC. Pemeka adalah molekul pewarna yang memiliki peran sentral dan paling penting dalam DSSC. Menurut M. Yahya dkk, pemeka yang cocok untuk DSSC harus memenuhi persyaratan berikut [6]:

- Serapan dalam pada sinar tampak dan inframerah dekat matahari spektrum yang menghasilkan koefisien serapan molar yang tinggi.
- Mengikat secara mendalam dengan semikonduktor melalui gugus penahan, misalnya sebagai gugus karboksilat atau hidroksil, yang menghasilkan injeksi yang efisien elektron dari pewarna ke pita konduksi semikonduktor.
- Energi orbital molekul tak terisi terendah yang dibutuhkan lebih besar dari tingkat tepi pita konduksi semikonduktor, memungkinkan injeksi muatan ke dalam semikonduktor, dan orbital molekul yang terisi tertinggi harus memiliki tingkat energi yang kecil dibandingkan dengan pasangan redoks. Oleh karena itu, regenerasi pewarna pengoksidasi dapat dicapai.

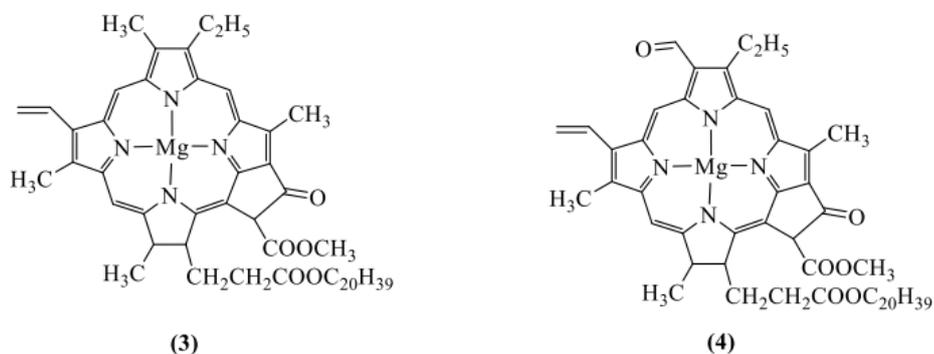
**Tabel 2.1.** Tumbuhan yang digunakan sebagai Sensitizer pada DSSC

Tumbuhan	Pigmen	Gambar	Efisiensi	Ref
Bayam Malabar ( <i>Basella rubra</i> )	Antosianin		0,32 %	[29]
Pacar Kuku ( <i>Lawsonia inermis L.</i> )	Indigo		0,00337 %	[30]
Bayam ( <i>Amaranthus</i> )	Klorofil, Caroten		0,1712 %	[31]
Bawang Merah ( <i>Allium cepa</i> )	Antosianin		0,065 %	[31]
Kubis Merah ( <i>Brassica oleracea L</i> )	Antosianin		0,06 %	[31]
Binahong ( <i>Anredera cordifolia</i> )	Klorofil		7,24 %	[32]

Mahkota Dewa ( <i>Phaleria Macrocarpa Boer</i> )	Antosianin		22,4 x 10 <sup>-3</sup> %	[33]
Geranium Taman ( <i>Pelargonium hortorum</i> )	Antosianin		0,065 %	[31]
Daun Sambiloto ( <i>Andrographis paniculata</i> )	Klorofil		0,7443 %	[34]
Ubi Jalar Kuning ( <i>Ipomoea batatas</i> )	Beta- Karoten		0,00304 %	[35]

Sensitizer atau *dye* bertugas dalam menyerap energi dari matahari yang kemudian menyebabkan elektron terangsang dari orbital tertinggi pada pita valensi ke orbital terendah pada pita konduksi antarmuka semikonduktor. Sensitizer atau *dye* yang umum digunakan adalah senyawa kimia yang mahal dan sulit didapatkan seperti zat warna ruthenium polipiridil, porfirin, dan perovskit halida. Solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut ialah menggunakan sensitizer atau *dye* alami [15].

Sensitizer atau *dye* alami memiliki keuntungan, yaitu lebih ekonomis, mudah didapatkan dalam jumlah besar, ramah lingkungan, dan memiliki daya serap yang tinggi. Sensitizer atau *dye* alami memungkinkan terjadinya eksitasi elektron dari orbital tertinggi pada pita valensi ke orbital terendah pada pita konduksi dan penyuntikan elektron ke semikonduktor dengan efisien. Sensitizer atau *dye* alami yang digunakan sebagai pemeka pada DSSC biasanya mengandung senyawa antosianin, klorofil, dan karoten. Senyawa ini bisa diambil dari daun, batang, akar, atau buah tanaman tertentu. Penggunaan Sensitizer atau *dye* alami sebagai pemeka pada DSSC tetap memperhatikan keberlanjutan lingkungan, ketersediaan bahan baku yang dapat diperbaharui, tidak tergantung pada musim, dan tidak bersaing dengan produksi makanan [16].



**Gambar 2.3** Struktur kimia klorofil a (3) dan klorofil b (4) [6].

Senyawa klorofil menyerap cahaya hijau dan menciptakan warna hijau dengan memantulkan panjang gelombang yang sejajar. Perannya melibatkan pengumpulan energi dari sinar matahari, mengubahnya menjadi energi kimia, dan memindahkan elektron [17]. Senyawa klorofil memiliki dua molekul yang berbeda, yaitu klorofil a dan klorofil b. Klorofil a memiliki puncak serapan pada panjang gelombang 410, 430, dan 662 nm, sementara klorofil b memiliki puncak serapan pada panjang gelombang 453 dan 642 nm. Senyawa klorofil juga dapat mengonversi energi dengan lebih baik karena memiliki gugus karboksilat yang dapat berikatan dengan semikonduktor  $\text{TiO}_2$ , sehingga dapat meningkatkan efisiensi DSSC. Struktur kimia dari senyawa klorofil a dan senyawa klorofil b dapat dilihat pada Gambar 2.3 [18].

Klorofil menyerap cahaya hijau dan menciptakan warna hijau dengan memantulkan panjang gelombang yang sejajar. Perannya melibatkan pengumpulan energi dari sinar matahari, mengubahnya menjadi energi kimia, dan memindahkan elektron.

#### II.1.3.4 Elektrolit

Elektrolit adalah bagian penting dari DSSC, yang bertanggung jawab untuk regenerasi sensitizer teroksidasi [6]. Elektrolit juga bertanggung jawab pada proses pengangkutan pembawa muatan internal antara elektroda dan oksida logam [18]. Grätzel dan O'Regan berhasil menciptakan DSSC yang sangat efisien yaitu 7,1 hingga 7,9 % dengan elektrolit dasar cair primer yang sangat mendasar

dari pelarut yang terbuat dari bahan alam dengan pasangan redoks iodida/triiodida ( $I^-/I_3^-$ ). Menurut M. Yahya dkk, setiap elektrolit yang digunakan dalam DSSC harus memenuhi persyaratan berikut [6]: elektrolit harus stabil secara termal, kimia, dan elektrokimia serta tidak reaktif terhadap pewarna untuk mencegah degradasi pewarna serta spektrum serapan elektrolit dan pewarna tidak boleh tumpang tindih dan spektrum tampak.

#### **II.1.3.5 Counter Elektroda**

*Counter* elektroda adalah salah satu komponen yang penting di DSSC. *Counter* elektroda terdiri dari TCO, platinum, perak, atau karbon di atas kaca. *Counter* elektroda harus menjadi konduktor yang baik karena harus mengangkut beberapa arus fotogenerasi pada rentang sel surya. Adapun syarat *counter* elektroda sebagai konduktor yang baik, berikut: aktivitas katalitik yang tinggi, inert secara kimia, resistensi transfer muatan rendah, peningkatan kepadatan arus pertukaran untuk reduksi teroksidasi elektrolit. Material yang digunakan sebagai katalis pada *counter* elektroda adalah bahan berbasis platina dan karbon [7]. Platina (Pt) berfungsi sebagai katalis, yang akan mempercepat proses aliran elektron menuju elektrolit. Sehingga didalam elektrolit terjadi reaksi redoks yang berulang [12]. Platina (Pt) memiliki konduktivitas listrik yang tinggi namun harga pasaran platina cenderung sangat mahal serta sulit untuk ditemukan, maka itu salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai katalis ialah karbon. Karbon yang digunakan berasal dari goresan pensil 7B dan jelaga api.

#### **II.2 Pelarut DSSC**

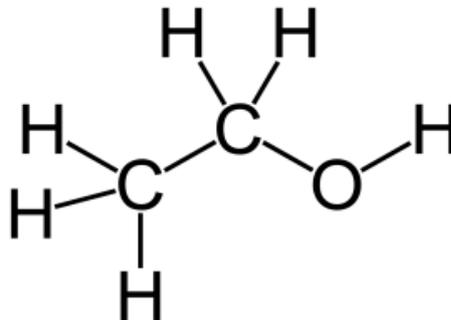
Pelarut dalam DSSC memegang peranan yang sangat penting. Pelarut akan memengaruhi hasil terhadap spektrum serapan warna yang dihasilkan ikatan antara pewarna dengan permukaan lapisan  $TiO_2$ . Berbagai jenis pelarut telah diteliti oleh banyak peneliti terdahulu, namun yang mampu menghasilkan nilai efisiensi DSSC yang baik ialah pelarut etanol ( $C_2H_6O$ ), pelarut aseton ( $C_3H_6O$ ) dan pelarut asam asetat ( $CH_3COOH$ ).

##### **II.2.1 Etanol ( $C_2H_5O$ )**

Etanol ( $C_2H_5O$ ) merupakan salah satu dari sekian banyak jenis pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi pada DSSC. Etanol ( $C_2H_5O$ ) merupakan pelarut

yang cocok untuk proses ekstraksi zat warna yang berbasis alam. Efisiensi yang dihasilkan dari penggunaan etanol sebagai pelarut yaitu sebesar 0,71% dan 0,52% [14]. Menurut pote dkk, etanol ( $C_2H_5O$ ) dapat mempengaruhi nilai efisiensi sel DSSC yang akan meningkat hingga 36,11% bila dibandingkan dengan pelarut air biasa.

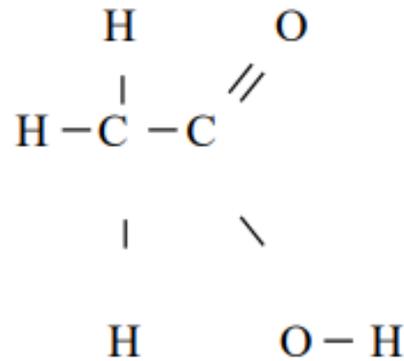
Etanol ( $C_2H_5O$ ) merupakan suatu senyawa hidrokarbon yang memiliki gugus hidroksil (-OH) dan terdiri dari 2 atom karbon (C). Jenis etanol yang umum digunakan meliputi metil etanol (metanol) dengan rumus  $CH_3CH_2OH$ , etil etanol (etanol) dengan rumus  $C_2H_5OH$ , serta isopropil etanol (IPA) atau propanol-2 dengan rumus  $C_3H_7OH$  [14]. Etanol memiliki sifat fisika yang sangat dipengaruhi oleh gugus hidroksil dan rantai pendek karbon etanol. Gugus hidroksil dapat berikatan dengan ikatan hidrogen, sehingga membuat etanol menjadi cair dan sulit dalam menguap bila dibandingkan dengan senyawa organik lainnya.



**Gambar 2.4** Struktur kimia etanol [14]

### II.2.2 Asam Asetat ( $CH_3COOH$ )

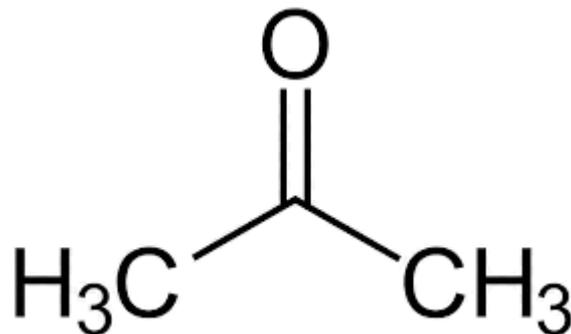
Asam Asetat ( $CH_3COOH$ ) merupakan salah satu dari sekian banyak jenis pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi pada DSSC. Asam Asetat ( $CH_3COOH$ ) merupakan pelarut senyawa organik yang mengandung gugus karboksil. Asam Asetat ( $CH_3COOH$ ) memiliki sifat fisika ialah bentuk cairan jernih, berbau menyengat, pH asam, dan larut dalam air, alkohol, dan eter.



**Gambar 2.5** Struktur kimia asam asetat [15].

### II.2.3 Aseton ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )

Aseton ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ) merupakan salah satu dari sekian banyak jenis pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi pada DSSC. Aseton merupakan pelarut semi-polar sehingga dapat menarik senyawa polar maupun senyawa non polar yang dapat membantu dalam proses ekstraksi warna dalam DSSC. Menurut rajabiah dkk, konduktivitas listrik suatu larutan bergantung pada konsentrasi, jenis, dan pergerakan ion di dalam larutan. Ion yang mudah bergerak memiliki konduktivitas listrik yang besar [15].



**Gambar 2.6** Struktur kimia aseton [15].

### II.3 Tanaman Palili

Tanaman *C. fruticosa* berasal dari wilayah Asia Tenggara yang memiliki iklim sangat tropis, termasuk Melanesia, sekitar Samudra Hindia, Papua Nugini, wilayah timur laut Australia, serta sebagian wilayah Polinesia. Tanaman ini memiliki banyak nama yang berbeda beberapa daerah di Indonesia, seperti

Manado dikenal dengan tawaang merah, daerah Sunda dan bakjuang Aceh dikenal dengan Andong serta Makassar dikenal dengan palili [8].



**Gambar 2.7** Tanaman Palili [19].

Menurut (Bailey, 1942 dalam Marbun dkk), tanaman andong dalam taksonomi tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledoneae
Ordo	: Liliiflorae
Family	: Liliaceae
Genus	: Cordyline
Spesies	: ( <i>Cordyline fruticosa</i> (L) A. Chev.)

Tanaman ini termasuk jenis tanaman berbunga yang mempertahankan kehijauannya sepanjang tahun. Daunnya mungkin memiliki kilauan warna hijau, merah keunguan, atau bahkan menampilkan berbagai kombinasi dari warna-warna tersebut. Masyarakat menggunakan daun dari tanaman ini untuk membuat atap rumah, juga sebagai bahan pembungkus dan penyimpanan makanan [8]. Tanaman palili mengandung berbagai senyawa diantaranya saponin, flavonoid, polisakarida, steroida dan polifenol.