

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN WARNA ALAMI TERHADAP TEGANGAN DAN ARUS PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**PIKA APRILLIA CANIAGO**  
**1507220084**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Pika Aprillia Caniago  
NPM : 1507220084  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Penggunaan Warna Alami Terhadap Tegangan dan Arus pada *Dye sensitized solar cell* (DSSC)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Noorly Evalina, S.T, M.T

Dosen Pembimbing II

DR. M. Fitra Zambak, M.Sc

Dosen Pembanding I / Penguji

Dr. Ir. Surya Hardi, M.Sc

Dosen Pembanding II / Penguji

Rohana, S.T, M.T



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Pika Aprillia Caniago  
Tempat/Tanggal Lahir : Pangkalan Susu, 01 April 1997  
NPM : 1507220084  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“Analisis Pengaruh Penggunaan Warna Alami Terhadap Tegangan dan Arus pada *Dye sensitized solar cell* (DSSC)”**,

Dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di salah satu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Medan, 26 September 2019

Saya yang menyatakan,

  
Pika Aprillia Caniago



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : PIKA APRILLIA CANIAGO  
NPM : 1507220084  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN WARNA ALAMI TERHADAP ARUS DAN TEGANGAN PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1	28/3 - 28/3	Revisi Judul	[Signature]
2	26/7 .2019	Revisi Kajian teori dan Guaah medelay + Jwual Interaktion	[Signature]
3	28/8 - 2019	- Kajian referensi di megal medelay, prinsip alat y alu signal.	[Signature]
4	30/8 - 2019	- Publis pegerluan dan Kerjain	[Signature]

Pembimbing I

Noorly Evalina ST.MT



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : PIKA APRILLIA CANIAGO  
NPM : 1507220084  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN WARNA ALAMI TERHADAP ARUS DAN TEGANGAN PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

No	Tanggal	Catatan	Paraf
5	2/9-19.	Revisi metode off signal	[Signature]
6	4/9-19.	Revisi hasil	[Signature]
7	5/9-19	Revisi tulisan grafik	[Signature]
8	6/9-19.	Acc will done Acc revisi	[Signature] [Signature]

Pembimbing I,

Noorly Evalina ST.MT



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : PIKA APRILLIA CANIAGO  
NPM : 1507220084  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN WARNA ALAMI TERHADAP ARUS DAN TEGANGAN PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	20/3 - 2019	Cari : Di Toko peralatan Kimia	3/1 amf
2.	26/9 - 2019	1. Kaca Indium Tin oxide	3/1 amf
3.	20/8 - 2019	2. Titanium di oxide	3/1 amf
		3. alat ukur	3/1 amf
4.	30/8 - 2019	perbaiki Gambar Grafik kata-kata buat & hasil	3/1 amf
5.	2/9 - 2019	Metode Diagram alir flowchart kesimpulan	3/1 amf
6.	4/9 - 2019	& perbaikan tabel referensi	3/1 amf
7.	5/9 - 2019	perbaikan saran & penutup	3/1 amf
8.	6/9 - 2019	Referensi lebih detail Acc Seminar	3/1 amf

Pembimbing II

Dr. M. Fitra Zambak M.S

## ABSTRAK

Dye sensitized solar cell (DSSC) merupakan jenis panel surya generasi ketiga yang berbasis fotoelektrokimia, dengan prinsip mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Pada penelitian ini digunakan *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) sebagai oksidasi semikonduktor yang dilapiskan kaca konduktif jenis *Indium tin oxide* (ITO) dengan zat penyerap foton digunakan *dye* dari ekstrak buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*), kunyit (*Curcuma Longa Linn*), dan daun pandan wangi (*Pandanus Amaryllifolius Roxb*). DSSC telah mendapatkan perhatian yang cukup besar di bidang energi surya karena fabrikasinya sederhana, efisien yang baik, dan biaya produksi yang rendah. Penggunaan pewarna alami dalam sel surya ialah pengembangan yang menjanjikan untuk teknologi dimasa yang akan datang, karena ramah lingkungan, tidak beracun dan murah.

**Kata Kunci : DSSC, Cahaya Matahari, Kunyit, Daun Pandan Wangi, Buah Naga Merah sebagai *dye*.**

## ABSTRACT

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a type of photoelectrochemical based third generation solar panel, with principle of converting solar energy into electrical energy. In this research Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) is used as a semiconductor oxidation coated with conductive glass type Indium Tin Oxide (ITO) with photon absorbent used dye from red dragon fruit extract (*Hylocereus Polyrhizus*), Turmeric (*Curcuma Longa Linn*), and Pandan Leaves scented (*Pandanus amaryllifolius Roxb*). DSSC has received considerable attention in the field of solar energy because of its simple fabrication, good efficiency, and low production costs. The use of natural dyes in solar cell is a promising development for technology in the future, because it is environmentally friendly, non toxic and inexpensive.

**Keyword: DSSC, Sunlight, Turmeric, Fragrant Pandan Leaves, Red Dragon Fruit as a dye.**

## KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN WARNA ALAMI TERHADAP ARUS DAN TEGANGAN PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orangtua penulis yaitu Ayahanda Epidal dan Ibunda Ekawati, Keluarga penulis Jendro Caniago, Piko Caniago, Erni Elvira dan Keponakan Aliyyah dan Wafi yang telah sangat berjasa dalam memberikan segala dukungan dan doa untuk penulis.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T, sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T, sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Noorly Evalina, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Bapak DR.M.Fitra Zambak,M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bapak DR.Ir.Surya Hardi, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Ibu Rohana, S.T,M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Diprogram Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan Ilmu Teknik Elektro kepada Penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Rekan-rekan penulis Risa Ruliyanti yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu Penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan Penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Dunia Elektro.

Medan, 10 September 2019

Pika Aprillia Caniago

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan .....	5
2.2 Landasan Teori .....	8
2.3 Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) .....	9
2.3.1 Prinsip Kerja Dye sensitized Solar Cell (DSSC) .....	10
2.4. Proses Fotoelektrokimia .....	11
2.5 Sensitizer .....	12
2.6 Material Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) .....	12
2.6.1 Semikonduktor .....	12
2.7 Elektrolit .....	13
2.7.1 Klasifikasi Elektrolit .....	15
2.7.2 Tanaman Buah Lemon ( <i>Citrus Lemon L</i> ) .....	15
2.7.2.1 Taksonomi Jeruk Lemon ( <i>Citrus Lemon L</i> ) .....	16
2.7.2.2 Sifat Kimia Jeruk Lemon ( <i>Citrus Lemon L</i> ) .....	17
2.8 Metanol .....	17
2.9 Elektroda .....	19
2.9.1 Counter Elektroda .....	20
2.10 Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ) .....	20
2.10.1 Klasifikasi Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ).....	22
2.11 Katalis .....	24
2.12 Kaca Indium Tin Oxide (ITO) .....	24

2.13	Multimeter .....	26
2.13.1	Fungsi Multimeter Digital .....	27
2.14	Kunyit ( <i>Curcuma Longa Linn</i> ).....	28
2.14.1	Klasifikasi Kunyit ( <i>Curcuma Longa Linn</i> ) .....	29
2.14.2	Kandungan Kimia Pada Kunyit ( <i>Curcuma Longa Linn</i> ) .	29
2.15	Daun Pandan Wangi ( <i>Pandanus amaryllifolius Roxb</i> ) .....	31
2.15.1	Klasifikasi Daun Pandan Wangi ( <i>Pandanus amryllifolius Roxb</i> ).....	32
2.15.2	Kandungan Kimia Daun Pandan Wangi ( <i>Pandanus Amaryllifolius Roxb</i> ) .....	32
2.16	Buah Naga Merah ( <i>Hylocereus Polyrhizus</i> ) .....	33
2.16.1	Klasifikasi Buah Naga Merah ( <i>Hylocereus Polyrhizus</i> ) ..	33
2.16.2	Kandungan Kimia Buah Naga Merah ( <i>Hylocereus Polyrhizus</i> ).....	34
<b>BAB 3 METODEOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>36</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	36
3.2	Peralatan Penelitian .....	36
3.3	Metode Penelitian .....	37
3.4	Bahan Analisis Penelitian .....	37
3.5	Langkah-langkah Penganalisaan .....	38
3.6	Flowchart Penelitian.....	40
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>41</b>
4.1	Hasil dan Pembahasan .....	41
4.2	Hasil Pengukuran Tegangan (V) dan Arus (I) Pada Bahan Alami DSSC dengan Suhu 33°C dan Hambatan (R) konstan 18Ω .....	41
4.2.1	Hasil Pengukuran Dye Kunyit ( <i>Curcuma Longa Linn</i> ).....	41
4.2.2	Hasil Pengukuran Dye Daun Pandan Wangi ( <i>Pandanus Amaryllifolius Roxb</i> ) .....	44
4.2.3	Hasil Pengukuran Dye Buah Naga Merah ( <i>Hylocereus Polyrhizus</i> ).....	47
4.3	Perbandingan Pengukuran Tegangan (V) dan Arus (I) Pada Bahan Alami dengan Suhu 33°C dan Hambatan (R) Konstan 18Ω .....	50
4.4	Hasil Pengukuran Tegangan (V) dan Arus (I) Pada Bahan Alami DSSC dengan Suhu Berbeda-beda dan (R) konstan 18Ω.....	52
4.4.1	Hasil Pengukuran Dye Kunyit ( <i>Curcuma Longa Linn</i> ) berbeda suhu.....	52
4.4.2	Hasil Pengukuran Dye Daun Pandan Wangi ( <i>Pandanus Amaryllifolius Roxb</i> ) berbeda suhu .....	54
4.4.3	Hasil Pengukuran Dye Buah Naga Merah ( <i>Hylocereus Polyrhizus</i> ) berbeda suhu .....	56

<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>59</b>
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	60
<b>Daftar Pustaka</b>	
<b>Lampiran</b>	

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Rumus Bagan Sifat Kimia Jeruk Lemon ( <i>Citrus Lemon L</i> ) .....	17
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Arus (I) yang didapat Pada Pengukuran Bahan Kunyit DSSC dengan suhu 33°C Hambatan 18Ω.....	42
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Arus (I) Yang didapat Pada Pengukuran Bahan Alami Daun Pandan Wangi DSSC suhu 33°C (R) 18Ω.....	45
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Arus (I) yang didapat Pada Pengukuran Bahan Alami Buah Naga Merah DSSC suhu 33°C (R) 18Ω .....	48
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Arus (I) yang didapat Pada Pengukuran Bahan Alami Kunyit <i>dye sensitized solar cell</i> (DSSC) dengan tahanan Kaca 18Ω dengan suhu berbeda .....	52
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Arus (I) yang didapat Pada Pengukuran Bahan Alami Daun Pandan Wangi <i>dye sensitized solar cell</i> (DSSC) Dengan Tahanan Kaca 18Ω dengan suhu berbeda .....	54
Table 4.6 Hasil Perhitungan Arus (I) yang didapat pada Pengukuran Bahan Alami Buah Naga Merah <i>dye sensitized solar cell</i> (DSSC) dengan Tahanan Kaca 18Ω dengan suhu berbeda.....	56

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Struktur Dye Sensitized Solar Cell (DSSC).....	10
Gambar 2.2 Skema Elektrolisis .....	14
Gambar 2.3 Jeruk Lemon ( <i>Citrus Lemon L</i> ) .....	17
Gambar 2.4 Metanol .....	18
Gambar 2.5 Ikatan Khelat yang terjadi antara gugus $Ti^{4+}$ dengan molekul antosianin .....	22
Gambar 2.6 Struktur Kristal $TiO_2$ anatase .....	23
Gambar 2.7 Kaca Indium Tin Oxide (ITO) .....	25
Gambar 2.8 Multimeter Digital .....	26
Gambar 2.9 Kunyit ( <i>Curcuma Longa Linn</i> ) .....	29
Gambar 2.10 Kunyit dengan warna kuning ( <i>Curcuma Longa Linn</i> ) .....	30
Gambar 2.11 Daun Pandan Wangi ( <i>Pandanus amaryllifolius Roxb</i> ) .....	31
Gambar 2.12 Buah Naga Merah ( <i>Hylocereus Polyrhizus</i> ) .....	33
Gambar 2.13 Daging dalam Buah naga merah .....	34
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	40
Gambar 4.1 DSSC Kunyit ( <i>Curcuma Longa Linn</i> ).....	41
Gambar 4.2 DSSC Daun Pandan Wangi ( <i>Pandanus Amaryllifolius Roxb</i> ).....	44
Gambar 4.3 DSSC Buah naga Merah ( <i>Hylocereus Polyrhizus</i> ).....	47
Grafik 4.1 Hasil Perhitungan Tegangan (V) dan Suhu 33°C Kunyit .....	43
Grafik 4.2 Hasil Perhitungan Tegangan (V) dan Suhu 33°C Daun Pandan Wangi .....	46
Grafik 4.3 Hasil Perhitungan Tegangan (V) dan Suhu 33°C Buah Naga Merah .....	49
Grafik 4.4 Perbandingan Tegangan (V) Pada <i>Dye</i> Kunyit, Daun Pandan Wangi dan Buah Naga Merah .....	50
Grafik 4.5 Perbandingan Arus (I) Pada <i>Dye</i> Kunyit, Daun Pandan Wangi Dan Buah Naga Merah.....	51
Grafik 4.6 Hasil Perhitungan Tegangan (V) Kunyit dengan Suhu Berbeda pada <i>dye sensitized solar cell</i> (DSSC) .....	53
Grafik 4.7 Hasil Perhitungan Tegangan (V) Daun Pandan Wangi dengan suhu yang berbeda pada <i>dye sensitized solar cell</i> (DSSC) .....	55
Grafik 4.8 Hasil Perhitungan Tegangan (V) Buah Naga Merah dengan suhu yang berbeda pada <i>dye sensitized solar cell</i> (DSSC) .....	57

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Matahari merupakan sumber energi yang diharapkan mampu mengatasi permasalahan kebutuhan energi, setelah berbagai sumber energi konvensional berkurang jumlahnya serta tidak ramah lingkungan. Salah satu pemanfaatan energi matahari yaitu sebagai sumber energi untuk sel surya. Sel surya bekerja menggunakan energi matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik.

Energi surya ini dapat dikonversi menjadi bentuk energi lain, seperti energi kimia, dan energi panas. Hal ini menyebabkan perlunya pengembangan energi listrik tenaga surya yang berbasis kepada efek photovoltaic dari piranti sel surya sebagai salah satu sumber energi yang murah, bebas polusi, dan alami menjadi suatu pilihan yang tepat. Efek dari fotovoltaiik adalah dasar dari teknologi sel surya saat ini salah satunya yang telah dikembangkan yaitu Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) atau sel surya berbasis pewarna tersensitisasi.

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan sel surya generasi ketiga yang dikembangkan pertama kali oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991 dan berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Meskipun sel surya generasi ketiga ini masih memiliki kekurangan dalam hal efisiensi dan usia aktif sel yang masih terlalu singkat, sel surya jenis ini akan mampu memberi pengaruh besar dalam sepuluh tahun ke depan.

Karakteristik lain juga dibutuhkan yaitu penggunaan zat pembentuk warna yang mampu menyerap spektrum cahaya lebar dan cocok dengan pita energi  $\text{TiO}_2$ . Sejalan ini, pewarna yang digunakan sebagai sensitizer dapat berupa pewarna sintetik maupun pewarna alami. Pewarna sintetik umumnya menggunakan organologam berbasis Ruthenium kompleks, DSSC komersial ini telah mencapai efisiensi 10%, namun ketersediaan dan harganya yang mahal membuat adanya alternatif lain pengganti pewarna jenis ini yaitu pewarna alami yang dapat diekstrak dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, bunga atau buah.

Pada penelitian dye sensitized solar cell (DSSC) ini menggunakan kunyit, buah naga, dan daun pandan sebagai sumber dye. Bahan-bahan tersebut merupakan bahan alami yang berpengaruh terhadap arus dan tegangan yang digunakan sebagai molekul dye yang dihaluskan dan  $\text{TiO}_2$  akan dicampur dengan metanol sebagai bahan elektrolit yang akan dilarutkan dalam satu wadah, kedua larutan akan dilapiskan dengan kaca indium tin dioxide (ITO). Kaca indium tin dioxide (ITO) mempunyai sifat menyerap panas dan penghantar sehingga dapat digunakan pembuatan DSSC.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut maka timbul beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh perbandingan penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC) ?
2. Bagaimana kelebihan dan kekurangan dari penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC) ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC)
2. Menganalisis kelebihan dan kekurangan pengaruh penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC)

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan kebermanfaatan penggunaan bahan warna alami pada solar cell dengan menghasilkan sumber energi listrik
2. Memberikan inovasi baru untuk pembangkit listrik dalam menggunakan dye pada solar cell untuk dapat meminimalisasi krisis energi

### **1.5 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini permasalahan yang dibahas dibatasi pada :

1. Peralatan bahan yang digunakan adalah kaca ITO dan cairan larutan yang digunakan adalah perasan lemon.
2. Pewarna alami yang digunakan terbuat dari bahan kunyit, buah naga merah, dan daun pandan wangi.
3. Parameter yang dihitung dalam penelitian ini yaitu perbandingan tegangan dan arus yang dikeluarkan pewarna alami dye sensitized solar cell (DSSC).
4. Bahasan *Dye sensitized solar cell* (DSSC) atau solar cell tidak signifikan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir sarjana ini adalah sebagai berikut :

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan tentang berbagai hal mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penelitian

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan berbagai teori yang berkaitan dengan pembahasan tentang penelitian Analisis Pengaruh Penggunaan Warna Alami terhadap Arus dan Tegangan pada Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), teori-teori yang mendukung penelitian dan pemikiran-pemikiran para peneliti sebelumnya dan penjelasan tentang komponen-komponen yang digunakan untuk penelitian yang bertujuan untuk membantu proses berlangsungnya penelitian

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan tentang kajian yang digunakan secara teori dengan fakta yang terjadi pada saat pengujian. Dan juga menjelaskan bagaimana cara mendapatkan hasil dari penelitian setelah melakukan pengujian

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan laporan rinci dari hasil penelitian yang telah dilakukan, data-data dan fakta yang ditemukan pada saat pengujian. Pada bab ini akan diketahui analisis antara kajian teori dengan fakta-fakta yang ditemukan saat pengujian

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil data pengujian serta analisis yang telah dilakukan juga saran untuk perbaikan kedepannya bagi peneliti.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka Relevan**

Ketergantungan terhadap kebutuhan energi merupakan hal penting bagi kehidupan manusia, seperti kebutuhan energi fosil yang persediaannya dari tahun ke tahun semakin menipis, Sehingga muncul pemikiran dalam memanfaatkan sinar matahari sebagai energi alternatif yang sangat berpotensi untuk menangani permasalahan krisis energy [1]. Cahaya matahari mempunyai sinaran mulai dari sinar ultraviolet sampai near infrared, Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi disebut konstanta surya yaitu sebesar  $1365 \text{ W/m}^2$ . Setelah di saring oleh atmosfer bumi, beberapa cahaya hilang dan intensitas puncak menjadi sekitar  $1000 \text{ W/m}^2$  atau  $100 \text{ mW/cm}^2$ . Nilai ini adalah tipikal intensitas radiasi pada keadaan permukaan tegak lurus sinar matahari dan pada keadaan cerah [2].

Hasil dari penelitian pemanfaatan sinar matahari dapat digunakan salah satunya untuk energi sel surya, sel surya bekerja menggunakan sinar matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi sinar matahari menjadi listrik tanpa menyebabkan polusi lingkungan [2]. Sejauh ini sel surya yang digunakan adalah sel surya generasi pertama dan kedua yaitu yang terbuat dari bahan silicon, namun karena masih mahalnya proses pembuatan serta bahan yang dibutuhkan maka timbul penelitian untuk mengembangkan sel surya yang proses pembuatan serta bahannya dapat relatif lebih murah. Penelitian sel surya terus berkembang seiring berjalannya waktu, salah satunya penemuan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) pada tahun 1991 oleh O'Reagen dan Gratzel. DSSC merupakan sel surya generasi

ketiga, dimana sel surya ini menggunakan zat atau ekstrak warna yang tersensitasi, sejak pertemuannya DSSC banyak mencuri perhatian karena biaya pembuatannya murah, teknik pembuatan relatif mudah dan ramah lingkungan, walaupun efisiensi yang dihasilkan DSSC masih terbilang kecil dibandingkan sel surya silicon tetapi masih banyak juga potensi yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dari sel surya DSSC ini [3].

Berikut hasil penelitian yang dilakukan para ahli tentang *Dye-Sensitized Solar Cell* yaitu :

1. Pada penelitian *Dye-Sensitized Solar Cell* O'Reagen and Gratzel melaporkan bahwasannya hasil penemuan riset mereka tentang efisiensi cukup terbilang relatif besar serta harga yang relatif murah, efisiensi konversi DSSC sejauh ini yang sudah terekam adalah 8,12% , 10,10%, 10,40% dan 9,90% yang telah diumumkan pada *Energy Research Center of The Netherlands, Ecole Polytechnique Federal of Lausanne, Sharp Corporation and Arakawa Group*. Selain itu, penggunaan elektroda TiO<sub>2</sub> haze tinggi menghasilkan efisiensi konversi DSSC yang paling tinggi yaitu 11,10%. DSSC sendiri terdiri dari empat komponen yaitu film logam oksida semikonduktor mesoporos, dye, elektrolit dan elektroda [2].
2. Penelitian yang mengkaji tentang kemampuan *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) pada kaca konduktif ITO dengan sensitizer Bunga Rosella (*Hibiscus Sabdariffa*). Kontruksi sel surya yang digunakan adalah system sandwich, elektroda lawan grafit diletakkan di atas lapisan TiO<sub>2</sub> pewarna Bunga Rosella dengan elektrolit terletak diantara kedua elektroda tersebut. Karakterisasi sel surya dilakukan dengan analisis serapan elektrolit pada

bunga Rosella, Scanning Electron Microscopy (SEM), difraksi sinar X, serapan inframerah dan pengukuran potensial sel surya. Panjang gelombang maksimum bunga Rosella sebesar 553 nm, hasil analisis menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) menunjukkan morfologi permukaan lapis tipis TiO<sub>2</sub> pada perbesaran 20.000x. Pada difraktogram lapis tipis TiO<sub>2</sub> menunjukkan intensitas pola difraksi cukup tinggi dengan puncak utama  $2\theta$  yaitu  $25,26^\circ$  (100);  $47,82^\circ$  (200);  $37,56^\circ$  (004);  $53,66^\circ$  (105) dan  $54,84^\circ$  (211) sebagai Kristal anatase dengan ukuran Kristal sebesar 43,76 nm. Sel-sel ini diuji dengan penyinaran menggunakan cahaya matahari dan lampu halogen 150 watt pada jarak 30 cm masing-masing menghasilkan harga efisiensi sebesar 0,52% dengan arus 0,28 mA, tegangan 238,2 mV serta 0,49% dengan 0,09 mA, dan tegangan 171,5 mV [4].

3. Pengaruh ketebalan elektroda terhadap sifat listrik dari *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) membahas dalam pembuatannya elektroda menggunakan metode screen printing, screen yang digunakan adalah type T-49, TiO<sub>2</sub> dideposisi pada FTO dengan variasi jumlah lapisan untuk memperoleh variasi ketebalan, Ketebalan lapisan TiO<sub>2</sub> diukur dengan menggunakan scanning electron microscopy (SEM), uji absorbansi menggunakan spektrofotometer UV visible lambda 25 sedang uji karakterisasi arus-tegangan (I-V) menggunakan *Keithley Measurement 2602 A*. Hasil uji menunjukkan ketebalan elektroda TiO<sub>2</sub> adalah  $(1,5 \pm 0,2)$   $\mu\text{m}$ ,  $(2,9 \pm 0,5)$   $\mu\text{m}$ ,  $(3,5 \pm 0,6)$   $\mu\text{m}$  dan  $(4,5 \pm 0,8)$   $\mu\text{m}$ , nilai absorbansi

maksimum dan efisiensi pada ketebalan  $(4,5 \pm 0,8)$   $\mu\text{m}$ , nilai efisiensi paling tinggi yaitu 2,41% [5].

## 2.2 Landasan Teori

Energi surya merupakan piranti yang dapat merubah sinar matahari menjadi energi listrik dengan prinsip photovoltaik, kata photovoltaik sendiri terdiri dari kata *photo* dan *volta*, *Photo* yang berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu *phos*, *photos*; cahaya) dan *Volta* (berasal dari nama seorang fisikawan Italia tahun 1745-1827 yang bernama Alessandro Volta) yang berarti unit tegangan listrik, mekanisme kerja dari system photovoltaic ini yaitu dimana foton dari radiasi matahari diserap kemudian dikonversikan menjadi energi listrik [6].

Berdasarkan perkembangannya saat ini sel surya terbagi dalam dua kelas besar yaitu sel surya kristal silicon dan sel surya lapisan tipis, sel surya silicon lebih lanjut dapat dibedakan menjadi silicon Kristal tunggal yang saat ini telah mencapai efisiensi sebesar 25,6% dan silicon polikristal yang telah mencapai efisiensi sebesar 44,4%, serta sel surya lapisan tipis dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu sel surya silicon amorf, sel surya CdTe/CIGS dan sel surya organik. Sel surya CIGS telah mencapai efisiensi sebesar 21,7% dan sel surya organik juga dibedakan menjadi sel surya polimer, sel surya yang tersensitisasi dye (Dye Sensitized Solar Cell) dan sel surya perovskite [7].

*Dye sensitized solar cell* (DSSC) merupakan sel surya yang terbuat dari semikonduktor yang dilapisi oleh zat warna untuk meningkatkan keefektifitasannya, DSSC tersusun atas sepasang elektroda yakni elektroda kerja dan elektroda lawan (*counter elektroda*). Kedua elektroda tersebut terbuat dari substrat kaca konduktif yang telah dilapisi *Transparent conductive oxide* (TCO)

bisa juga menggunakan jenis kaca *Indium tin oxide* (ITO), elektroda kerja tersusun atas lapisan oksida partikel nano yang dilapisi oleh molekul zat pewarna (*dye*) sensitasi, molekul *dye* berfungsi untuk menangkap foton cahaya dan semikonduktor yang umumnya berstruktur nano berfungsi meneruskan foton menjadi electron [8].

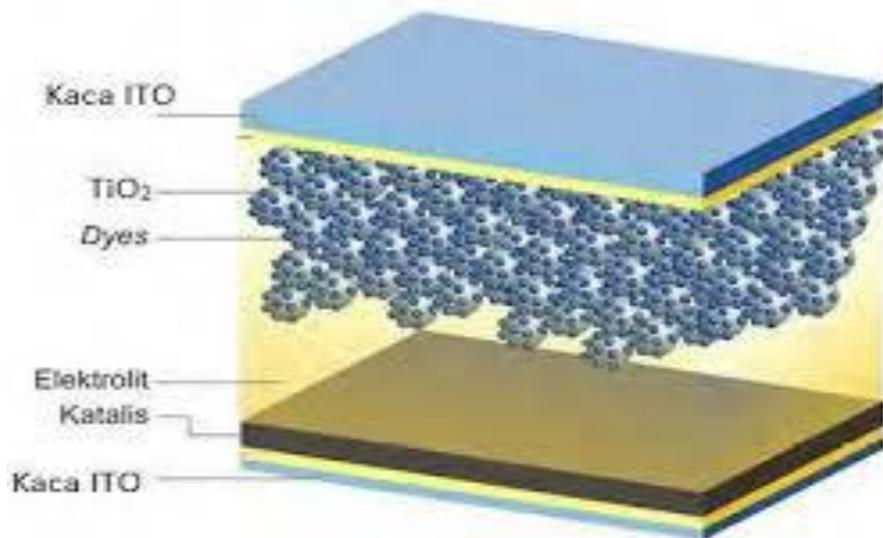
### 2.3 Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

Berdasarkan perkembangannya pada tahun 1991 sel surya generasi ketiga berhasil diteliti lebih lanjut serta dikembangkan oleh ahli yang bernama Michael Gratzel dan Brian O'Reagen mereka melaporkan hasil penemuan dan kerja mereka yaitu *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), hasil penemuan mereka ini menarik perhatian dari beberapa grup riset karena memberikan efisiensi yang cukup dan harganya yang relatif murah [2].

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan sel surya yang sifat mekanismenya fotoelektrokimia, sejauh ini *dye* yang digunakan sebagai *sensitizer* dapat berupa dye sintesis atau dye alami, walaupun DSSC komersial dengan menggunakan *dye* sintesis yaitu jenis *ruthenium complex* telah mencapai efisiensi 9,2% namun ketersediaan dan harganya yang mahal membuat adanya alternative lain pengganti dye jenis ini yaitu *dye* alami yang dapat diekstrak dari daun, buah dan bunga. *Dye sensitizer* alami terbukti mampu memberikan efek fotovoltaiik walaupun efisiensi yang dihasilkan masih jauh lebih kecil dibandingkan zat warna sintesis, maka dari itu dilakukanlah penelitian menggunakan daun pandan, buah naga merah dan kunyit yang mengandung zat warna alami sebagai sumber *dye* [4].

Sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang berdasarkan fotoelektrokimia ini menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan,

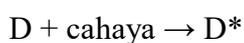
selain elektrolit DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori  $\text{TiO}_2$ , molekul *dye* yang terabsorpsi di permukaan  $\text{TiO}_2$  dan katalis yang semuanya dideposisi di antara dua kaca konduktif, seperti terlihat pada Gambar 2.1



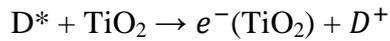
**Gambar 2.1** Struktur Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) [9].

### 2.3.1 Prinsip Kerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

Pada dasarnya prinsip kerja *Dye sensitized solar cell* (DSSC) merupakan reaksi dari transfer electron, pada saat pertama dimulai dengan terjadinya eksitasi electron pada molekul *dye* akibat absorpsi foton [4]. Pada saat foton dari sinar matahari menimpa elektroda pada DSSC, energy foton tersebut diserap oleh larutan *dye* yang melekat pada permukaan lapisan  $\text{TiO}_2$ , pada saat foton tersebut diserap oleh larutan *dye* maka electron dari *dye* memperoleh energy untuk dapat tereksitasi ( $\text{D}^*$ ).



Electron yang tereksitasi dari molukel *dye* tersebut akan diteruskan ke pita konduksi  $\text{TiO}_2$  yang berfungsi sebagai akseptor/kolektor electron. Molekul *dye* yang ditinggalkan kemudian akan teroksidasi ( $D^+$ ).



Selanjutnya electron akan ditransfer melewati rangkaian luar menuju *counter elektroda* (elektroda yang dilapisi karbon). Elektrolit redoks biasanya berupa pasangan iodide dan triiodide ( $I^-/I_3^-$ ) yang berfungsi sebagai mediator electron yang dapat menghasilkan siklus dalam sel, Triiodida dari elektrolit yang terbentuk akan menangkap electron dengan bantuan molekul karbon sebagai katalis, electron yang tereksitasi masuk kembali ke dalam sel dan bereaksi dengan elektrolit menuju *dye* teroksidasi. Elektrolit menyediakan electron pengganti untuk molekul *dye* teroksidasi, sehingga *dye* kembali ke keadaan awal dengan persamaan reaksi :  $D^+ + e^-(\text{elektrolit}) \rightarrow \text{elektrolit} + D$

Beda potensial yang dihasilkan oleh sel surya DSSC berasal dari perbedaan tingkat energi konduksi elektroda semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dengan potensial elektrokimia pasangan elektrolit redoks ( $I^-/I_3^-$ ), sedangkan arus yang dihasilkan dari sel surya ini terkait langsung dengan jumlah foton yang terlibat dalam proses konversi dan bergantung pada intensitas penyinaran serta kinerja yang digunakan [6].

## 2.4 Proses Fotoelektrokimia

Pada 1972, Fujishima dan Honda menemukan bahwa telah terjadi pemisahan air menjadi molekul hydrogen dan oksigen yang terjadi karena cahaya UV, proses ini terjadi pada fotoanoda  $\text{TiO}_2$  dengan elektroda lawan platina yang direndam

dalam elektrolit larutan air. Kejadian ini dikenal dengan fotokatalis, kejadian ini membuka peluang perubahan energy matahari menjadi energy listrik dengan menggunakan semikonduktor atau *sensitizer*. Proses sensitisasi dengan pewarna sendiri telah lebih dulu dikenal pada dunia fotografi, untuk dunia perubahan energy cahaya menjadi listrik, sensitisasi dengan pewarna adalah proses yang penting dalam proses memanen foton dari cahaya tampak. Selain factor pewarna, factor lain yang menentukan kemampuan menjaring foton, serta perpindahan dan pergerakan electron dalam DSSC adalah ukuran. Ukuran yang semakin kecil dan menuju skala nano meningkatkan kemampuan DSSC secara signifikan, terbukti bahwa proses fotoelektrokimia pada  $\text{TiO}_2$  nanopartikel melebihi 1000 kali lebih baik daripada  $\text{TiO}_2$  dalam bentuk ruahnya [10].

## **2.5 Sensitizer**

*Sensitizer* adalah material yang memberikan pengaruh sensitisasi semikonduktor terhadap cahaya, *Sensitizer* pada DSSC juga berperan sebagai lapisan penyerap foton cahaya dan akan tereksitasi menjadi eksiton. Dalam proses penyinaran, pewarna akan bertugas menyuntikkan electron ke pita konduksi dari semikonduktor. Pewarna dari bahan alami dapat pula menjadi *sensitizer* pada DSSC, bahan pewarna yang diisolasi dari bahan organic dapat juga memberikan efek sensitisasi yang serupa, meskipun perubahan energy dengan pewarna tersebut lebih kecil dari pewarna sintetik[10].

## **2.6 Material Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)**

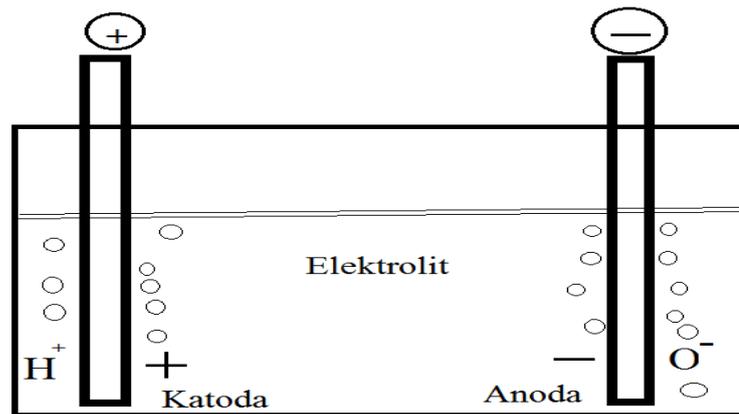
### **2.6.1 Semikonduktor**

Penggunaan semikonduktor pada *Dye sensitized solar cell* (DSSC) memberikan performa dalam mengkonversikan energy cahaya menjadi energy

listrik, yang sangat ditentukan oleh layer oksida yang digunakan. Penggunaan oksida semikonduktor dalam fotoelektrokimia dikarenakan kestabilannya menghadapi fotokorosi, selain itu pita energinya yang besar ( $>3\text{eV}$ ) dibutuhkan untuk transparansi semikonduktor pada sebagian besar spektrum cahaya matahari sehingga foton cahaya yang terserap pun lebih banyak. Struktur nanopori pada layer oksida semikonduktor DSSC sangat mempengaruhi kemampuannya dalam menyerap cahaya, hal ini dikarenakan struktur nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi, dengan demikian *dye* yang terabsorpsi semakin banyak sehingga kerja system pun lebih maksimal. Layer semikonduktor yang paling sering digunakan pada DSSC adalah  $\text{TiO}_2$  (Titanium Dioksida)[11].

## 2.7 Elektrolit

Elektrolit merupakan salah satu bagian dari *dye sensitized solar cell* (DSSC), elektrolit berasal dari kata Elektrolisis. Elektrolisis merupakan perubahan kimia atau reaksi dekomposisi dalam suatu elektrolit oleh arus listrik, elektrolit terdiri dari pasangan redoks sangat penting dalam menentukan karakteristik dan daya tahan DSSC. Elektrolit larut dalam pelarut polar dengan terdisosiasi menjadi ion-ion positif (kation-kation) dan ion-ion negative (anion-anion), Ion negative disebut anion karena melalui larutan tertarik ke muatan positif pada anoda, sedangkan ion positif disebut katoda karena melalui larutan akan bergerak menuju muatan negative pada katoda[11], seperti terlihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2** Skema Elektrolisis

Elektrolit yang sering digunakan pada Dye sensitized solar cell (DSSC) adalah pasangan elektrolit Iodida ( $I^-$ ) dan triiodida ( $I_3^-$ ) sebagai elektrolit karena sifatnya yang stabil dan mempunyai *reversibility* yang baik, kecepatan reaksi redoks akan menentukan kerja DSSC pada umumnya, elektrolit yang digunakan pada DSSC adalah pelarut berbentuk cair yang mengandung system redoks yaitu pasangan  $I^-/I_3^-$  efisiensi konversi foton menjadi arus listrik untuk sel surya DSSC yang menggunakan elektrolit cair memberikan efisiensi sebesar 11%. Selain elektrolit cair, terdapat juga elektrolit dalam bentuk padat, yaitu elektrolit berbasis gel polimer PEG (*polyethylene glycol*) yang mengandung kopel redoks ( $I^-/I_3^-$ ) sebagai pengganti elektrolit cair, karena penggunaan elektrolit cair memiliki stabilitas yang rendah, terutama akibat degradasi dan mudah mengalami kebocoran. Elektrolit berbasis gel polimer PEG memiliki stabilitas dan daya tahan yang cukup baik pada perangkat sel surya DSSC tetapi efisiensi yang di hasilkan kurang maksimal jika dibandingkan dengan elektrolit cair. Dalam proses elektrolit terdapat katalis yang membantu dalam proses reaksi kimia, katalis merupakan suatu zat yang merubah laju reaksi kimia namun zat tersebut tidak berubah diakhir

reaksi, berdasarkan definisi ini maka katalis dapat mempercepat atau memperlambat reaksi kimia[6].

### **2.7.1 Klasifikasi Elektrolit**

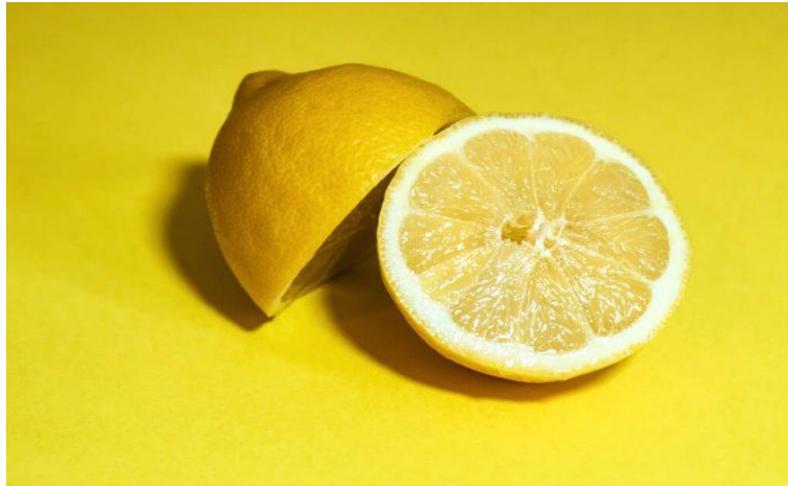
Elektrolit pada DSSC berfungsi sebagai penghasil reaksi redoks dalam system *photoelectrochemical*, elektrolit yang digunakan pada DSSC terdiri dari pasangan iodine (I) dan triiodide (I<sup>3-</sup>) sebagai redoks dalam pelarut. Adapun karakteristik elektrolit yang ideal digunakan pada DSSC adalah :

1. Potensial redoksnya secara termodinamika berlangsung sesuai dengan potensial redoks dye untuk tegangan sel yang maksimal.
2. Tingginya kelarutan terhadap pelarut untuk mendukung konsentrasi yang tinggi dari muatan pada elektrolit.
3. Pelarut mempunyai koefisien difusi yang tinggi untuk transportasi massa yang efisien.
4. Tidak adanya karakteristik spectral pada daerah cahaya tampak untuk menghindari absorpsi cahaya datang pada elektrolit.
5. Kestabilan yang tinggi baik dalam bentuk tereduksi maupun teroksidasi.
6. Mempunyai reversibilitas tinggi
7. Inert terhadap komponen lain pada DSSC[11].

### **2.7.2 Tanaman Buah Lemon (*Citrus Lemon L*)**

Jeruk *Citrus* (dari bahasa Belanda, *Citroen*) atau Lemon adalah sejenis jeruk yang buahnya biasa dipakai untuk beberapa bidang, pohon jeruk sitrun berukuran sedang (dapat berukuran 6 m) tumbuh didaerah beriklim tropis dan sub-tropis serta tidak tahan akan cuaca dingin. Sitrun dibudidayakan di Spanyol, Portugal, Argentina, Brazil, Amerika Serikat dan Negara-negara lainnya di sekitar Laut

Tengah. Tumbuhan ini cocok untuk daerah beriklim kering dengan musim dingin yang relative hangat[12], seperti terlihat pada Gambar 2.3



**Gambar 2.3** Jeruk Lemon (*Citrus lemon L*)

#### **2.7.2.1 Taksonomi Jeruk Lemon (*Citrus lemon L*)**

Klasifikasi Jeruk Lemon (*Citrus lemon L*) dalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Sub kingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Sub Class	: Rosidae
Ordo	: Sapindales
Famili	: Rutaceae
Genus	: Citrus
Spesies	: Citrus Lemon[13].

### 2.7.2.2 Sifat Kimia Jeruk Lemon (*Citrus lemon L*)

Asam sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) adalah termasuk asam organik dengan nama kimia 2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid memiliki rumus bagan seperti ditunjukkan dalam table 2.1 :

**Tabel 2.1** Rumus Bagan Sifat Kimia Jeruk Lemon (*Citrus Lemon L*)

Nama	Asam sitrat
Rumus kimia	$C_6H_8O_7$ , atau $CH_2(COOH).COH(COOH).CH_2(COOH)$
Bobot rumus	192,13
Nama lain	Asam 2-hidroksida-1,2,3-propanatrikarboksilat
Titik lebur	426 K ( $153^\circ C$ )
Temperature penguraian ternal	448 K ( $175^\circ C$ )

Keasaman asam sitrat dari tiga gugus karboksil ( $COOH$ ) yang dapat melepas proton larutan. Jika hal ini terjadi, ion yang dihasilkan adalah ion sitrat, sitrat sangat baik digunakan dalam larutan penyangga untuk mengendalikan pH larutan. Ion sitrat dapat bereaksi dengan banyak ion logam membentuk garam sitrat, selain itu sitrat dapat mengikat ion-ion logam dengan pengkelatan.

Asam sitrat merupakan asam organik yang berbentuk Kristal atau serbuk putih, asam sitrat ini mudah larut dalam air dan ethanol, tidak berbau, rasanya asam, asam sitrat juga terdapat dalam sari buah-buahan seperti nanas, jeruk, markisa dan lemon[14].

## 2.8 Metanol

Metanol murni, pertama kali berhasil diisolasi tahun 1661 oleh Robert Boyle, yang menamakannya *spirit of box* karena ia menghasilkannya melalui distilasi kotak kayu, nama itu kemudian lebih dikenal *pyroxylic spirit* (spiritus). Pada tahun 1834, ahli kimia Perancis Jean-Baptiste Dumas dan Eugene Peligot menentukan komposisi kimianya, mereka juga memperkenalkan nama *methylene* untuk kimia organik, yang diambil dari bahasa Yunani *methy* = anggur+hwl\_ = kayu (bagian dari pohon). Kata semula dimaksudkan untuk menyatakan alcohol dari (bahan) kayu. Kata metil pada tahun 1840 di ambil dari *methylene*, dan kemudian digunakan untuk mendeskripsikan metil alcohol, nama ini kemudian disingkat menjadi methanol tahun 1892 oleh International Conference on Chemical Nomenclature[15], seperti terlihat pada Gambar 2.4



**Gambar 2.4** Metanol

Metanol merupakan senyawa alcohol dengan rumus kimia  $\text{CH}_3\text{OH}$ , methanol merupakan bentuk alcohol paling sederhana, pada keadaan atmosfer berbentuk cairan yang mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar dan beracun dengan

bau yang khas (berbau lebih ringan dari pada etanol), methanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut dan bahan bakar[16].

Metanol sangat dibutuhkan dalam dunia industry, karena banyak produk yang dihasilkan berbahan methanol. Methanol digunakan oleh berbagai industry seperti industry polywood, tekstil, plastic, resin sintesis, farmasi, insektisida dan lainnya. Pada industry migas methanol digunakan sebagai antifreeze dan sebagai gas hydrate inhibitor pada sumur gas alam dan pada pipa gas, untuk Indonesia pembeli methanol 80% adalah industry formaldehyde yang menghasilkan adhesives untuk polywood dan industry wood processing lainnya. Methanol merupakan bahan kimia yang diperlukan oleh industry-industri baik luar negeri maupun dalam negeri, untuk Indonesia sendiri, methanol dibutuhkan dalam jumlah yang besar. Kegunaan methanol yang paling besar adalah untuk membuat senyawa kimia lainnya, sekitar 40% dari produksi methanol dibuat menjadi formaldehyde. Formaldehyde kemudian dijadikan produk plastic, kayu lapis, cat dan lain-lainnya. Turunan methanol lainnya adalah dimethyl ether (DME) sebagai pengganti klorofluorokarbon dalam aerosol dan asam asetat, dimethyl ether juga digunakan sebagai campuran dalam pembuatan liquefied potroleum gas (LPG)[17].

## **2.9 Elektroda**

Elektroda pada *Dye sensitized solar cell* (DSSC) adalah suatu bahan suatu bahan semikonduktor, yang tahan terhadap korosi. Semikonduktor yang sering digunakan adalah  $\text{TiO}_2$ , pada aplikasi sel surya  $\text{TiO}_2$  yang digunakan umumnya berfase anatase yang memiliki energy bandgap 3,2 eV. Selain memiliki bandgap yang lebar  $\text{TiO}_2$  juga memiliki transmisi optic yang baik, pada umumnya  $\text{TiO}_2$

yang digunakan adalah yang berfase anatase karena mempunyai kemampuan fotoaktif yang tinggi,.  $\text{TiO}_2$  yang berstruktur nanopori dapat menaikkan kinerja system karena system nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi sehingga akan menaikkan jumlah *dye* yang terabsorb yang implikasinya menaikkan jumlah cahaya yang terserap[6].

### 2.9.1 Counter Elektroda

Counter elektroda (elektroda pembanding) merupakan salah satu material yang sangat penting dalam pembuatan *Dye sensitized solar cell* (DSSC). Counter elektroda berperan sebagai katalis yang berfungsi untuk mempercepat kinetika reaksi proses reaksi reduksi triiodide pada TCO jenis *indium tin oxide* (ITO). Material yang umum digunakan pada *Dye sensitized solar cell* (DSSC) sebagai katalis adalah platina atau karbon. Platina memiliki efisiensi katalitik yang tinggi, namun platina merupakan material yang mahal, sebagai alternative Kay dan Gratzel mengembangkan *Dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan menggunakan *counter-elektroda* karbon sebagai lapisan katalis. Karbon merupakan senyawa amorph, kemampuan karbon menyerap karena permukaannya berpori, karena luas permukaannya tinggi, counter-elektroda karbon mempunyai keaktifan reduksi triiodide yang menyerupai elektroda platina[6].

### 2.10 Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ )

Titanium dioksida merupakan salah satu material yang telah menarik perhatian para peneliti terutama berkaitan dengan ukuran partikelnya, karena ukuran suatu partikel suatu material merupakan salah satu factor penting yang

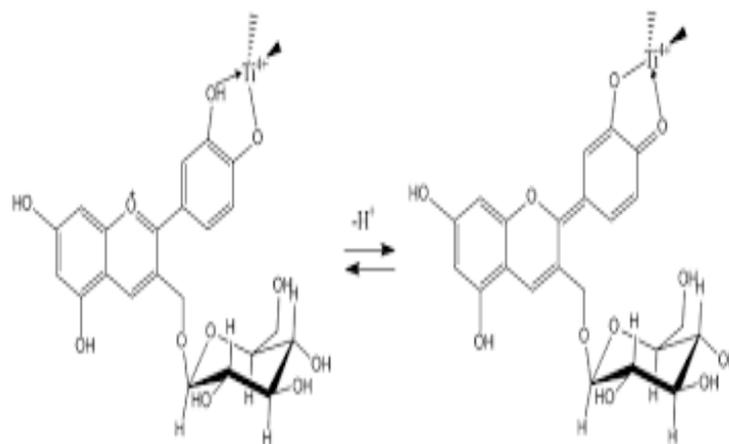
mempengaruhi tingkat efektifitas performa dari material tersebut terutama pada partikel yang berukuran kurang dari 100 nanometrik[18].

Parameter yang menentukan baik tidaknya suatu  $TiO_2$  digunakan sebagai lapisan semikonduktor pada DSSC selain pada ukuran partikelnya yang kecil, juga dari ketebalan lapisan  $TiO_2$  yang meliputi struktur permukaan diameter pori antar partikel  $TiO_2$  sebagai diffusor dye [18]. Titanium Dioksida ( $TiO_2$ ) merupakan kaca pelapis pada elektroda kerja DSSC yang telah terabsorpsi oleh dye, yang mana  $TiO_2$  berfungsi sebagai *collector electron* sehingga dapat disebut semikonduktor tipe-n, struktur nano pada  $TiO_2$  memungkinkan dye yang terabsorpsi lebih banyak sehingga menghasilkan absorpsi cahaya lebih efisien [19].

Kelistrikan ahli kimia menggunakan  $TiO_2$  untuk mengkonversi energy sinar telah dilakukan sejak awal 1970-an, seperti yang dilakukan oleh Fujishima dan Honda (1972) berdasarkan kemungkinan penggunaan  $TiO_2$  sebagai fotoelektroda untuk mendekomposisi air menjadi oksigen. Teknologi selanjutnya berkembang pada *dye sensitized solar cell* (DSSC) yang memanfaatkan karakteristik zat pewarna untuk memperbaiki respon  $TiO_2$  terhadap panjang gelombang visible. Interaksi antara zat pewarna dan  $TiO_2$  merupakan salah satu aspek utama dari kinerja *dye sensitized solar cell* (DSSC)[20].

Titanium dioksida memiliki tiga bentuk polimorf yaitu anatas, rutil dan brukit. Fasa rutil secara termodinamik lebih stabil daripada anatas, struktur rutil terlihat lebih stabil secara termodinamik di bawah kondisi pellet, walaupun dalam eksperimen termodinamik menunjukkan bahwa anatas dapat menjadi lebih stabil daripada rutil ketika kristalnya hanya beberapa nanometer. Fasa anatas adalah

bentuk metastabil, apabila diberi perlakuan pemanasan dapat bertransformasi menjadi rutil. Pada tekanan dan temperatur ruangan untuk system makrokristalin, fasa rutil secara termodinamik lebih stabil apabila dibandingkan dengan anatas dan brukit, tetapi kestabilan termodinamik bergantung pada ukuran partikel yang berkontribusi terhadap energy bebas permukaan [21]. Karakterisasi ikatan molekul zat warna dengan  $TiO_2$  pada rangkaian DSSC, syarat terjadinya arus listrik yaitu terjadinya ikatan molekul zat warna antosianin dengan  $TiO_2$  molekul zat warna antosianin yang berikatan dengan  $TiO_2$  dengan adanya cahaya menyebabkan eksitasi electron ke pita konduksi semikonduktor  $TiO_2$  melalui kaca berpenghantar, electron inilah yang menyebabkan timbulnya arus listrik, ikatan yang terjadi pada zat warna antosianin dengan  $TiO_2$  dapat melalui suatu ikatan kelat, ikatan tersebut dapat terjadi antara gugus hidroksil dari antosianin dan gugus  $Ti^{4+}$  pada  $TiO_2$  [22], seperti terlihat pada Gambar 2.5

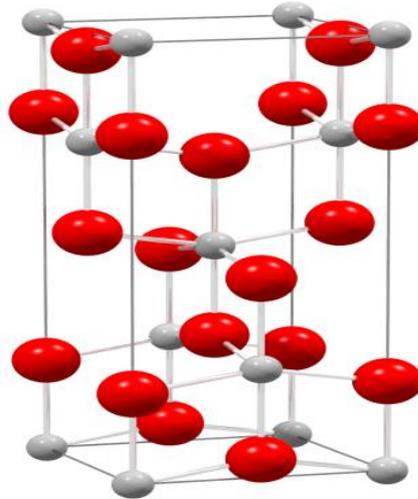


**Gambar 2.5** Ikatan khelat yang terjadi antara gugus  $Ti^{4+}$  dengan molekul antosianin.

### 2.10.1 Klasifikasi Titanium Dioksida ( $TiO_2$ )

*Titanium dioxide* ( $TiO_2$ ) yang juga dikenal dengan *titanium (IV) oxide* atau titania adalah bentuk oksida alami titanium, di alam umumnya  $TiO_2$  mempunyai

fasa yaitu *rutile*, *anatase*, dan *brookite*. Struktur Kristal  $\text{TiO}_2$  *anatase* ditunjukkan pada gambar 2.6



**Gambar 2.6** Struktur Kristal  $\text{TiO}_2$  *anatase*

Untuk aplikasi DSSC digunakan struktur nanopori  $\text{TiO}_2$  dikarenakan luas permukaan yang tinggi dapat meningkatkan daya serap  $\text{TiO}_2$  terhadap molekul *dye*, hal ini selanjutnya akan meningkatkan daya serap foton oleh DSSC. Hingga saat ini  $\text{TiO}_2$  masih merupakan layer oksida yang paling sering digunakan dalam aplikasi DSSC karena efisiensinya yang belum tertandingi oleh layer oksida semikonduktor lainnya. Hal ini salah satunya disebabkan oleh nilai *band gap* dari  $\text{TiO}_2$  (3.2eV) berada pada rentang panjang gelombang dari sinar UV. Sehingga efektifitas penyerapan sinar matahari juga akan lebih baik.

Selain itu kelebihan  $\text{TiO}_2$  adalah harganya yang relative murah dibandingkan dengan material semikonduktor lainnya. Namun klemahannya adalah kecilnya daya rentang dari spectrum cahaya matahari yang diserap. *Titanium dioxide* ( $\text{TiO}_2$ ) hanya mampu menyerap 5% dari seluruh spectrum cahaya matahari yaitu pada spectrum UV. Sedangkan 45% spectrum cahaya tampak dan 50% spectrum

infra red tidak dapat diserap oleh  $\text{TiO}_2$ , selain itu pada umumnya proses sintesis nanopartikel dari  $\text{TiO}_2$  cukup rumit dan mahal[11].

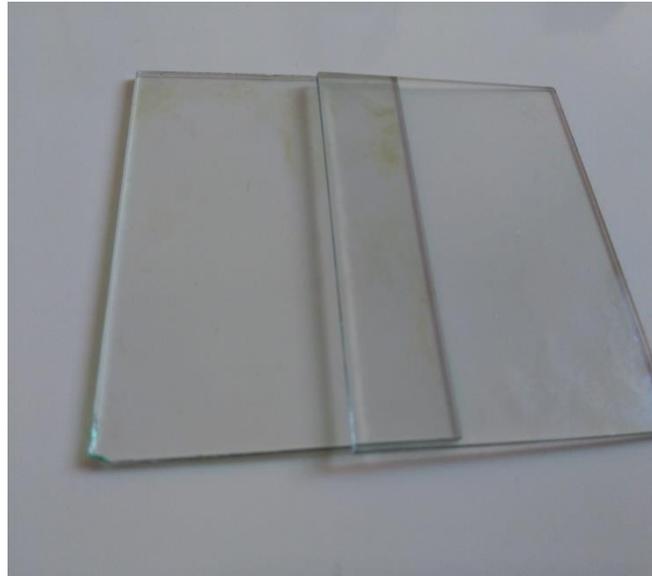
### 2.11 Katalis

Katalis merupakan suatu zat yang dapat mempercepat suatu reaksi serta dapat mempertahankan suatu reaksi agar tetap berlangsung secara tetap atau konstan, katalis dapat menurunkan energy aktivasi yaitu energy yang dibutuhkan agar partikel dapat bertumbukkan, sehingga kesetimbangan reaksi cepat tercapai. Katalis yang baik dapat menginduksi transformasi molekul-molekul reaktan dengan cepat tanpa mengalami penurunan kualitas yang berarti, katalis hanya dapat mempercepat tercapainya kesetimbangan reaksi dan tidak dapat menggesernya. Kemampuan katalis untuk mempercepat konversi umpan menjadi produk persatuan berat atau volume katalis pada kondisi tertentu, aktivitas katalis persatuan volume menjadi hal penting dalam ekonomi karena berpengaruh terhadap ukuran dan reactor. Deaktivitas katalis akibat pergerakan, pada umumnya berlangsung cepat, pergerakan terjadi jika ada zat-zat katalis secara fisik. Karbon merupakan bentuk kerak yang paling umum dan bentuk pergerakannya disebut *coking*[23].

### 2.12 Kaca Indium Tin Oxide (ITO)

Indium tin oxide (ITO) merupakan substrat DSSC lapisan tipis (*thin film*) transparan yang bersifat konduktif dan jenis substrat yang umum digunakan, karena dalam proses pelapisan material pada substrat diperlukan proses sintering pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$ - $500^{\circ}\text{C}$  material tersebut cocok karena tidak mengalami *defect* pada range suhu tersebut. Material substrat itu sendiri berfungsi sebagai badan

dari sel surya dan lapisan konduktifnya berfungsi sebagai tempat muatan mengalir. Indium tin oxide (ITO) sering digunakan dalam industry dan laboratorium karena memiliki transmitansi yang tinggi, namun kelangkaan indium menyebabkan biaya materialnya yang tinggi [6], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7



**Gambar 2.7** Kaca *Indium Tin Oxide* (ITO)

*Defect* dalam ilmu material merujuk pada “cacat” di dalam struktur kristal yakni kondisi dimana struktur kristal tidak seperti kondisi yang ideal. Misalnya, satu atau beberapa atom hilang dari struktur kristal, atau adanya atom asing atau pengotor yang masuk di dalam sebuah kristal, atau susunan atom-atomnya tidak berada pada tempat semestinya. *Defect chemistry* sendiri ialah studi reaksi kimia yang menyertai hilangnya atom di dalam sebuah struktur kristal atau yang menyertai adanya penambahan atom asing ke dalam struktur kristal, lantas untuk memahami *defect chemistry* perlu pula melihat struktur kristal dari molekul yang menjadi objek dari pembahasan dalam hal struktur kristal ITO. Indium tin oxide cukup populer karena material substratnya memiliki sifat transparansi dan

konduktifitas yang paling baik di antara material oksida yang lain, transparansi biasa mencapai 80-85% kaca atau gelas jadi terlihat tembus pandang, memiliki ketebalan yang sangat tipis, memiliki *sheet resistance* biasanya  $10 \Omega/\text{sq}$  atau memiliki resistivitas dalam skala  $10^{-4} \Omega/\text{cm}$ . Dua sifat ITO inilah yang sering dijadikan *benchmark* seberapa bagus penggunaan material tersebut[21].

### 2.13 Multimeter Digital

Multimeter merupakan alat ukur listrik yang umum digunakan untuk mengukur besaran listrik dalam suatu rangkaian, seperti kuat arus listrik ( $I$ ), tegangan listrik ( $V$ ) dan hambatan listrik ( $R$ ). Multimeter digital memiliki tampilan numeric untuk pembacaannya [24], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8



**Gambar 2.8** Multimeter digital

Sistem digital berhubungan dengan informasi dan data digital, penunjukan display dari tegangan atau arus dari meter digital berupa angka tanpa harus membaca dari skala meter. Multimeter digital mampu menampilkan beberapa pengukuran untuk arus miliamper, tegangan millivolt, resistansi ohm, frekuensi

Hz, daya listrik mW sampai kapasitansi nF, serta dapat mengukur besaran listrik DC maupun AC dengan mode pemilihan pengukuran mencakup tegangan DC atau AC, pengukuran arus DC atau AC. Multimeter digital untuk saat sekarang banyak digunakan karena penggunaannya mudah dioperasikan, sudah mulai lumayan murah untuk didapatkan serta praktis [25].

### **2.13.1 Fungsi Multimeter Digital**

Fungsi ukur yang dimiliki setiap multimeter ada beberapa macam tergantung tipe dan merk multimeter. Berikut adalah beberapa fungsi ukur yang ada pada multimeter :

#### **1. Ampere Meter**

Ampere meter adalah salah satu fungsi ukur pada multimeter yang berfungsi untuk mengukur arus listrik. Pada multimeter umumnya terdiri dari 2 jenis ampere meter yaitu ampere DC dan ampere AC. Pada multimeter fungsi ampere meter ini saklar selector berfungsi sebagai batas ukur maksimum, oleh karena itu arus yang akan diukur harus diprediksikan dibawah batas ukur multimeter yang digunakan. Hal ini untuk menghindari kerusakan pada multimeter.

#### **2. Volt Meter**

Volt meter adalah fungsi ukur untuk mengetahui level tegangan listrik, sama halnya dengan fungsi multimeter sebagai ampere meter. Pada fungsi volt meter ini selector yang ada pada multimeter sebagai batas ukur maksimum, oleh karena itu harus diprediksi dibawah batas ukur multimeter yang digunakan. Hal ini untuk menghindari kerusakan pada multimeter.

### 3. Ohm Meter

Ohm meter adalah yang berfungsi untuk mengetahui resistansi suatu resistor atau komponen elektronika yang memiliki unsur resistansi. Pada fungsi ohm meter ini saklar selector berfungsi batas ukur maksimum suatu resistansi yang dapat dihitung oleh multimeter tersebut.

### 4. Kapasitansi Meter

Kapasitansi meter sendiri tidak semuanya terdapat pada multimeter, kapasitansi meter berfungsi untuk mengetahui kapasitansi suatu kapasitor, pada multimeter digital saklar selector berfungsi sebagai batas ukur maksimum kapasitansi meter.

### 5. Frekuensi Meter

Frekuensi meter hanya terdapat pada tipe multimeter digital tertentu. Fungsi frekuensi ini digunakan untuk mengetahui frekuensi suatu sinyal atau isyarat pada suatu rangkaian elektronika[26].

## **2.14 Kunyit (*Curcuma longa Linn*)**

Kunyit (*Curcuma longa Linn*) merupakan tanaman tropis yang bisa ditemukan di Asia Tenggara dan telah dikembangkan secara luas di Asia Selatan, Cina Selatan, Taiwan, Filipina, India dan tumbuh dengan baik di Indonesia. Tanaman ini biasa digunakan sebagai pelengkap bumbu masakan, jamu, obat-obatan yang dapat menjaga kesehatan, kecantikan serta bisa juga sebagai zat pewarna sejak 600 SM. Kunyit dianggapkan salah satu herba yang sangat bernilai kepada manusia, dalam sejarah perobatan rakyat India kunyit dianggapkan sebagai bahan antibiotic yang terbaik [27], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9



**Gambar 2.9** Kunyit (*Curcuma longa Linn*)

#### 2.14.1 Klasifikasi Kunyit (*Curcuma longa Linn*)

Kunyit termasuk salah satu suku tanaman temu-temuan (*Zingiberaceae*), dalam taksonomi tanaman kunyit dikelompokkan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub division	: Angiospermae
Class	: Monocotyledonae
Ordo	: Zingiberales
Family	: Zingiberaceae
Genus	: Curcuma
Species	: <i>Curcuma domestica</i> Valet [28]

#### 2.14.2 Kandungan kimia pada Kunyit (*Curcuma longa Linn*)

Kandungan kimia pada kunyit terdiri dari karbohidrat (3%), protein (30%), lemak (5,1%), mineral (3,5%), dan moisture (13,1%). Minyak esensial (5,8%)

dihasilkan dengan destilasi uap dari rimpang yaitu  $\alpha$ -phellandrene (1%), sabinene (0,6%), cineol (1%), borneol (0,5%), zingiberene (25%), dan sesquiterpines (53%). Curcumin (diferuloylmethane) (3-4%) merupakan komponen aktif dari kunyit yang berperan untuk warna kuning dan terdiri dari Curcumin I (94%), Curcumin II (6%), dan Curcumin III (0,3%), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10



**Gambar 2.10** Kunyit dengan warna kuning (curcumin)

Kurkuminoid atau Curcumin adalah komponen aktif dari kunyit yang berperan untuk warna kuning yang terdapat pada kunyit, molekul kunyit ialah  $C_{23}H_{20}O_6$  dengan titik lebur BM 368,37 serta titik lebur  $183^{\circ}C$ , tidak larut dalam air dan eter, larut dalam etil asetat, methanol, etanol, benzena, asam asetat glasial, aseton dan alkali hidroksida. Sifat curcumin yang menarik adalah perubahan warna akibat perubahan pH lingkungan, Hal tersebut dapat terjadi karena adanya system tautomeri pada molekulnya. Sifat curcumin yang penting adalah sensitivitasnya pada cahaya, curcumin akan mengalami dekomposisi jika terkena cahaya. Kandungan curcumin pada kunyit berkisar 3-4%, Curcumin atau

diferuloyl methane pertama kali diisolasi pada tahun 1815, kemudian tahun 1910 curcumin didapatkan berbentuk Kristal dan bisa dilarutkan pada tahun 1913. Kurkumin tidak dapat larut dalam air tetapi dapat larut dalam etanol dan acetone [29].

### **2.15 Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb)**

Daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) adalah jenis tumbuhan monokotil dari family pandanaceae, daunnya merupakan komponen penting dalam segi pemanfaatannya baik di Indonesia dan Negara Asia Tenggara lainnya sebagai zat pewarna alami, tanaman daun pandan ini dapat dengan mudah dijumpai di daerah tropis dan banyak ditanam di halaman, di kebun, di pekarangan rumah maupun tumbuh secara liar di tepi-tepi selokan yang teduh. Selain itu, tumbuhan ini dapat tumbuh liar di tepi sungai, rawa dan tempat-tempat lain yang tanahnya agak lembab [30], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11



**Gambar 2.11** Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb)

### 2.15.1 Klasifikasi Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb*)

Klasifikasi taksonomi daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb*) sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Class	: Liliopsida
Ordo	: Pandanales
Family	: Pandanaceae
Genus	: Pandanus
Species	: Pandanus Amaryllifolius Roxb [31]

### 2.15.2 Kandungan kimia Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb*)

Kandungan kimia pada Daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb*) terdiri dari alkaloid, saponin, flavonoid, tanin, folifenol dan zat pewarna, semua kandungan ini terdapat pada daun pandan wangi yang memberikan manfaat baik untuk kesehatan, kecantikan, dapat memberikan aroma wangi serta dapat juga menjadi pewarna alami yang aman dan murah untuk di dapatkan. Sumber penghasil warna pada daun pandan wangi terdapat pada klorofil, Klorofil merupakan zat warna hijau pada daun, klorofil berasal dari bahasa Yunani yaitu *chloros* "Hijau" dan *phyllon* "Daun". Klorofil a dan b adalah pigmen tumbuhan yang dibutuhkan dalam reaksi fotosintesis, diproduksi di kloroplast pada jaringan fotosintesis yang ada di daun. Klorofil a memiliki panjang gelombang maksimum pada 430 nm dan 662 nm, sedangkan klorofil b memiliki panjang gelombang maksimum pada 453 nm dan 642 nm [31].

## 2.16 Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan tanaman yang termasuk dalam keluarga kaktus, tanaman ini umumnya dimakan dalam bentuk buah segar di Asia Tenggara tanaman ini disebut *dragonfruit* karena buahnya mirip bola api naga, nama lain di Asia Tenggara dan IndoCina adalah strawberry pear, pitaya, pitahaya, dan night-blooming cereus, dan paniniokapunahou atau paipi pua (Hawaii). Tanaman ini aslinya berasal dari selatan Meksiko, wilayah pasifik dari Guatemala, El savador dan Kosta Rika, warna dagingnya bervariasi tergantung varietasnya [32], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12



**Gambar 2.12** Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)

### 2.16.1 Klasifikasi Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) termasuk kelompok tanaman kaktus atau family *Cactaceae* dan sub family *Hilocereanea*. Termasuk genus

*Hylocereus* yang terdiri dari beberapa species diantaranya buah naga yang biasa dibudidayakan dan bernilai komersial, klasifikasi buah naga merah sebagai berikut :

Devisi	: Spermatopyta
Class	: Dicotyledonae
Ordo	: Cactales
Family	: Cactaceae
Genus	: <i>Hylocereus</i>
Spesies	: <i>Hylocereus polyrhizus</i> [33]

#### **2.16.2 Kandungan Kimia Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)**

Dalam 100 gram buah naga merah memiliki kandungan zat dengan nilai gizi (11,5 g) karbohidrat, (0,15-0,22 g) protein, (0,21-0,61 g) lemak, (13180 briks) kadar gula, (0,2-0,9 g) serat, (0,005-0,01 g) karoten, (6,3-8,8 mg) kalsium, (30,2-31,6 mg) fosfor, (0,55-0,65 mg) besi, (60,4) mg magnesium, vitamin B1, B2, C dan (82,5-83 g) air, seperti terlihat pada Gambar 2.13



**Gambar 2.13** Daging dalam Buah Naga Merah

Kadar air buah naga tergolong tinggi 90% sehingga tidak dapat di simpan lama yaitu hanya 7-10 hari pada suhu rendah. Perubahan zat warna alami biasanya terjadi karena proses degradasi atau sintesis, perubahan pada buah dari hijau ke kuning, merah atau orange disebabkan terjadinya pemecahan klorofil dan pembentukan karotenoid[34].

Di kalangan Masyarakat Buah Naga Merah ini cukup populer karena selain daging buah naga yang segar untuk dikonsumsi dapat juga dimanfaatkan menjadi berbagai macam produk. Buah Naga Merah juga mengandung zat pewarna alami yang sangat bermanfaat serta mudah dan murah untuk didapatkan, Betasianin merupakan zat warna yang berperan memberikan warna merah dan merupakan golongan betalain yang dapat dijadikan alternative pengganti pewarna sintetis yang lebih aman serta murah. Termasuk dalam pemanfaatannya dalam penelitian Dye Sensitized Solar Cell buah naga merah dapat di gunakan sebagai pewarna alami pengganti daripada pewarna sintetis yang cenderung mahal serta tidak aman penggunaannya [32].

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini di laksanakan pada tanggal 31 Agustus 2019 bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

#### **3.2 Peralatan Penelitian**

Pada penelitian analisis pengaruh penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC) ini peralatan yang digunakan sebagai berikut :

1. Multimeter, digunakan sebagai alat untuk mengambil dan mengukur hasil keluaran arus dan tegangan dari penelitian analisis pengaruh penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC).
2. Microsoft excel 2010, digunakan sebagai perangkat pengolah data dalam bentuk hasil grafik dari yang di teliti.
3. Cairan elektrolit, digunakan sebagai cairan pelarut  $\text{TiO}_2$  cairan elektrolit yang digunakan adalah perasan jeruk lemon.
4. Kaca, digunakan sebagai tempat yang akan dilapiskan dengan larutan  $\text{TiO}_2$  jenis kaca yang dipakai adalah kaca Indium Tin Oxide (ITO).

### **3.3 Metode Penelitian**

Metode penelitian merupakan suatu cara dalam menganalisa atau pun perhitungan yang dilakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam penelitian, adapun metode penelitian sebagai berikut :

1. Survey Lokasi

Survey lokasi dilakukan untuk menentukan lokasi yang akan digunakan dalam penelitian analisis pengaruh penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC).

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan definisi dan pembuatan serta bahan-bahan juga peralatan yang digunakan dalam penelitian analisis pengaruh penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC).

3. Pengolahan Data dan Analisa

Pengolahan data atau analisa prinsipnya adalah mengukur hasil keluaran arus dan tegangan pada penelitian analisis pengaruh penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC).

### **3.4 Bahan Analisis Penelitian**

Untuk menganalisis pengaruh penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC) perlulah menyiapkan bahan-bahan sebagai berikut :

1. Menyediakan penjepit buaya dan kabel penghubung untuk dapat di sambungkan ke Multimeter.

2. Menyediakan kaca dengan jenis kaca Indium Tin Oxide (ITO).
3. Penjepit kertas (paper clip).
4. Menyediakan cairan elektrolit berupa perasan jeruk lemon.
5. Menyediakan  $\text{TiO}_2$  (Titanium Dioksida).
6. Menyediakan dye dari kunyit yang sudah dihaluskan.
7. Menyediakan dye dari daun pandan wangi yang sudah dihaluskan.
8. Menyediakan dye dari buah naga merah yang sudah dihaluskan.

### **3.5 Langkah-langkah Pembuatan Penganalisaan**

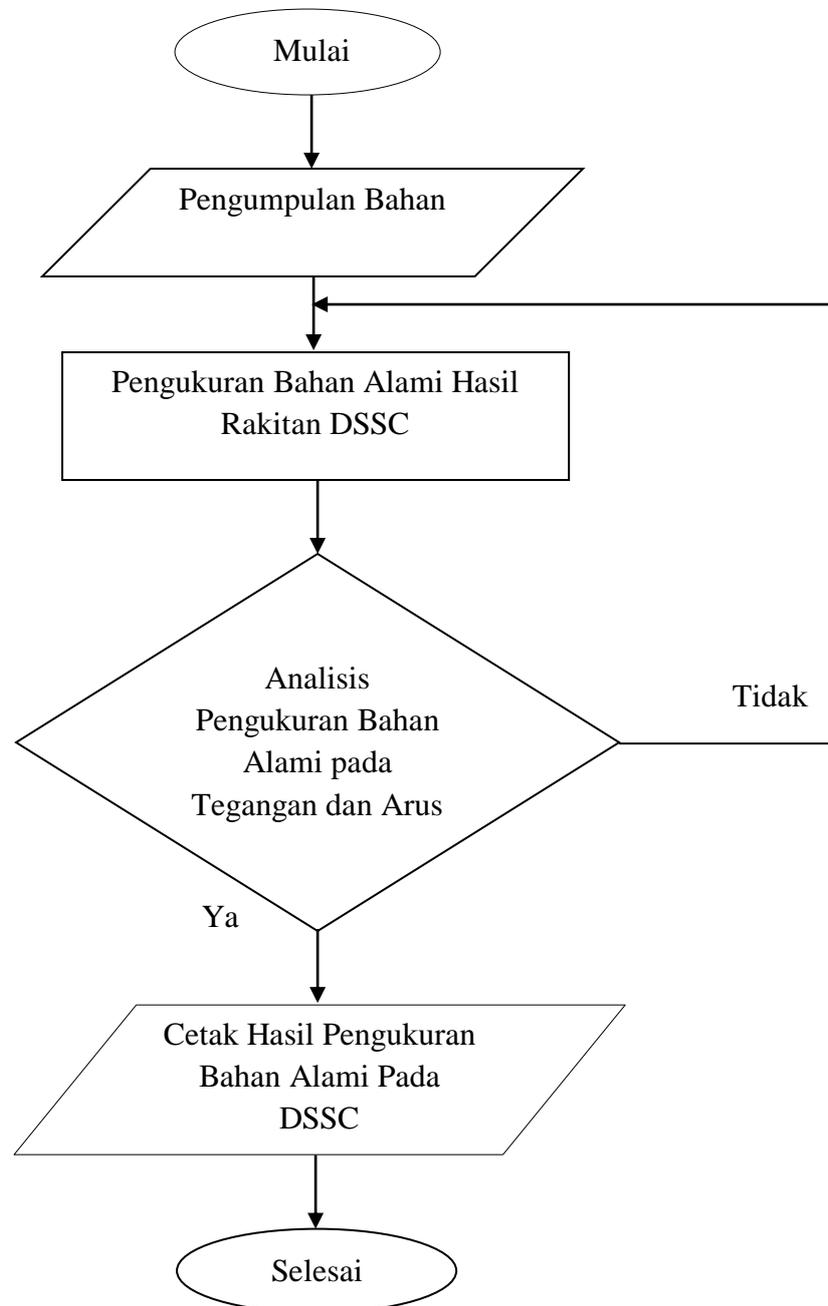
Beberapa langkah dalam pembuatan analisis pengaruh penggunaan warna alami terhadap arus dan tegangan pada dye sensitized solar cell (DSSC) sebagai berikut :

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan serta tak lupa pula menyediakan kain lap, masker dan sarung tangan.
2. Alat yang digunakan pada proses pencampuran bahan seperti gelas, pengaduk lalu di cuci sampai bersih lalu keringkan.
3. Membersihkan dahulu kaca Indium Tin Oxide (ITO) agar menghilangkan material lain yang mungkin masih menempel pada kaca ITO setelah itu keringkan dapat juga di lap dengan tissue, lalu letakkan kaca ke lantai lalu batasi kaca dengan isolasi transparan.
4. Menyiapkan sampel dari masing-masing dye yang akan digunakan yaitu kunyit, daun pandan wangi dan buah naga merah.
5. Lalu masukkan sampel dye yang sudah dipersiapkan ke dalam 3 gelas kecil masing-masing mengisi 1 dari 3 gelas yang telah terisi dengan  $\text{TiO}_2$  (Titanium Dioksida).

6. Memasukkan cairan perasan jeruk lemon sebanyak 3 ml ke dalam wadah masing-masing gelas yang telah terisi dye dan  $\text{TiO}_2$  (Titanium Dioksida).
7. Mengaduk semuanya dengan menggunakan alat pengaduk kecil seperti kuas lukis yang bermata kecil, aduk hingga merata kira-kira 10 menit.
8. Mengoleskan satu persatu bahan yang telah tercampur rata ke kaca *Indium Tin Oxide* (ITO).
9. Lalu melapiskan kaca *Indium Tin Oxide* (ITO) dengan kaca *Indium Tin Oxide* (ITO) yang sudah di oleskan.
10. Setelah itu menjepit kedua kaca *Indium Tin Oxide* (ITO) dengan penjepit kertas (paper clip) dan memasang penjepit buaya pada kaca *Indium Tin Oxide* (ITO).
11. Meletakkan bahan penelitian dibawah sinar matahari kemudian di ukur dengan menggunakan Multimeter Digital.

### 3.6 Flowchart Penelitian

Adapun proses berlangsungnya analisa data penelitian ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram *Flowchart* berikut ini :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

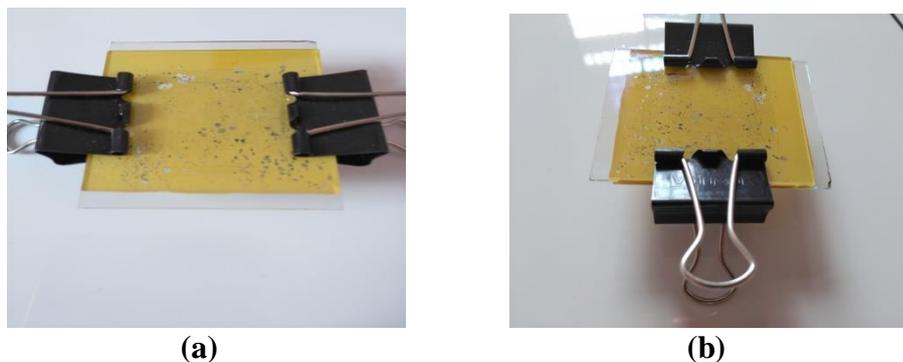
#### 4.1 Hasil dan Pembahasan

Penelitian hasil jurnal sebelumnya yang telah dilakukan mengenai DSSC *dye* sebagai pewarna alami seperti dari buah naga merah, disebabkan karena warna yang dihasilkan dari buah naga merah cukup pekat, maka dari itu peneliti ingin menambahkan *dye* dari bahan alami lain berupa kunyit, daun pandan wangi serta buah naga merah, ini dilakukan untuk mendapatkan perbandingan warna yang lebih baik kepekatannya.

#### 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan (V) dan Arus (I) pada Bahan Alami DSSC Dengan suhu 33°C dan Hambatan (R) konstan 18Ω.

Hasil pengukuran tegangan (V) dan Arus (I) pada Bahan Alami DSSC dengan suhu 33°C dan Hambatan (R) konstan 18Ω dapat dilakukan dengan hal pertama yaitu merakit dari pada awalan bahan pewarna alami agar dapat menghasilkan keluaran, seperti terlihat pada hasil *dye* kunyit (*Curcuma longa Linn*) pada Gambar 4.1

##### 4.2.1 Hasil *dye* kunyit (*Curcuma longa Linn*) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1:



**Gambar 4.1** DSSC Kunyit (*Curcuma Longa Linn*)

- (a) *Dye* Kunyit pada saat di ambil dari keadaan samping
- (b) *Dye* Kunyit pada saat di ambil dari keadaan atas

Setelah DSSC bahan alami selesai dirakit maka masuklah kepada tahapan pengukuran tegangan (V) dan arus (I) pada bahan alami DSSC pada saat suhu tetap yaitu 33°C dan hambatan (R) konstan 18Ω, maka didapat hasil perhitungan dalam bentuk table seperti ditunjukkan pada table 4.1

**Tabel 4.1** Hasil Perhitungan Arus (I) yang didapat pada pengukuran Bahan Alami Kunyit *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan Suhu 33°C dan Tahanan Kaca 18 Ω.

Waktu	Perhitungan Arus (I) dengan menggunakan Rumus	
	Tegangan	Arus
11.15 wib	202 mV	11,22 mA
11.30 wib	270 mV	15 mA
11.45 wib	338 mV	18,78 mA
12.00 wib	406 mV	22,56 mA
12.15 wib	474 mV	26,33 mA
12.30 wib	542 mV	30,11 mA
12.45 wib	610 mV	33,89 mA
13.00 wib	678 mV	37,67 mA

Dari data di atas, penelitian yang dilakukan merupakan pengukuran pada bahan alami Kunyit *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan waktu pengukuran yang berbeda-beda, pada pukul 11.15-13.00 Wib dengan suhu 33°C telah dilakukan pengukuran dengan tahanan dari kaca *indium tin oxide* sebesar 18Ω, kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dari serapan sinar matahari *dye sensitized*

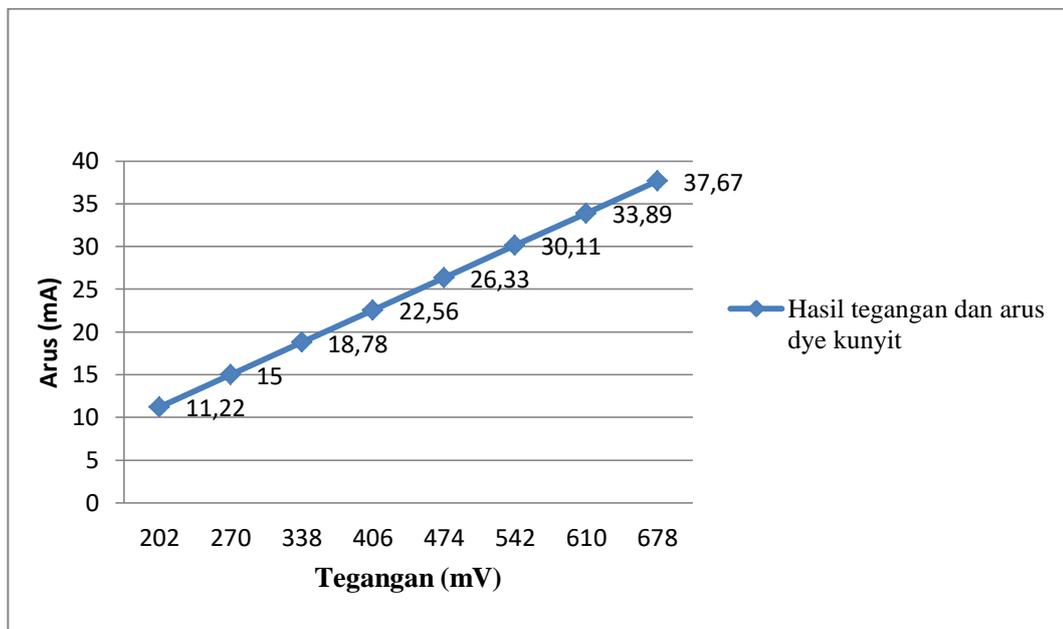
*solar cell* (DSSC) sebesar 202 mili volt, dengan arus yang diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{202 \text{ mV}}{18 \Omega}$$

$$I = 11,22 \text{ mA}$$

Dari hasil rumus di atas, maka arus (I) yang dihasilkan adalah 11,22 mA atau 0,01122 Ampere, seperti yang ditunjukkan pada grafik 4.1.



**Grafik 4.1** Hasil Perhitungan Tegangan (V) dan Arus (I) Kuningit DSSC

Dari hasil pengukuran percobaan di atas didapatkan Tegangan rata-rata sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V_1+V_2+V_3+V_4+V_5+V_6+V_7+V_8}{8} \\
 &= \frac{202+270+330+406+474+542+610+678}{8} \\
 &= 439 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

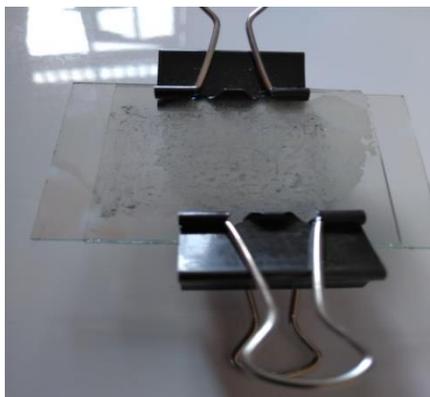
Dari hasil pengukuran percobaan di atas didapatkan Arus rata-rata sebagai berikut :

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{11,22+15+18,78+22,56+26,33+30,11+33,89+37,67}{8}$$

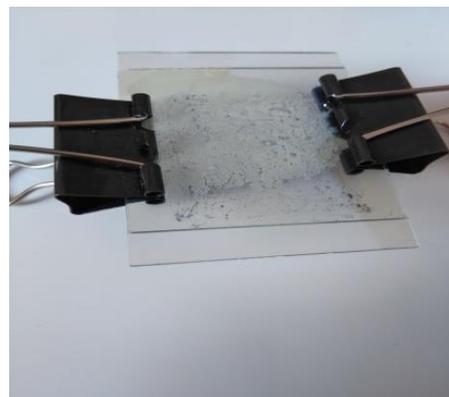
$$= 24,45 \text{ mA}$$

Setelah pengukuran DSSC bahan alami Kunyit selesai dilakukan maka didapatkan hasil dari pada grafik di atas serta perhitungan rata-rata baik dari tegangan (V) dan arus (I) hasil pengukuran menunjukkan bahwa warna pekat yang dihasilkan dari kunyit memberikan hasil tegangan dan arus pada saat suhu 33°C dan hambatan (R) konstan 18Ω sangat lumayan baik karena pada saat waktu penyinaran matahari yang digunakan mulai pukul 11.15-13.00 WIB penyinaran dilakukan pada saat pencahayaan matahari naik sehingga pengukuran yang dihasilkan juga akan ikut naik, pengukuran DSSC bahan alami ini sendiri sangat bergantung pada tingkat penyinaran panas matahari serta pekatnya warna yang dihasilkan apabila penyinaran kurang baik serta warna yang dihasilkan juga kurang kepekatannya maka yang dihasilkan juga akan tidak maksimal.

#### 4.2.2 Hasil Dye Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb*) seperti Ditunjukkan pada gambar 4.2 :



(a)



(b)

**Gambar 4.2** DSSC Daun Pandan Wangi

- (a) *Dye* Daun pandan pada saat di ambil dari keadaan atas
- (b) *Dye* Daun pandan pada saat di ambil dari keadaan samping

Setelah DSSC bahan alami selesai dirakit maka masuklah kepada tahapan pengukuran tegangan (V) dan arus (I) pada bahan alami DSSC pada saat suhu tetap yaitu 33°C dan hambatan (R) konstan 18Ω, maka didapat hasil perhitungan dalam bentuk table seperti ditunjukkan pada table 4.2

**Tabel 4.2** Hasil Perhitungan Arus (I) yang didapat pada Pengukuran Bahan Alami Daun Pandan Wangi *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan Suhu 33°C dan Tahanan Kaca 18Ω.

Waktu	Perhitungan Arus (I) dengan menggunakan Rumus	
	Tegangan	Arus
11.15 wib	40 mV	2,22 mA
11.30 wib	860 mV	47,78 mA
11.45 wib	132 mV	7,33 mA
12.00 wib	178 mV	9,89 mA
12.15 wib	224 mV	12,44 mA
12.30 wib	270 mV	15 mA
12.45 wib	316 mV	17,56 mA
13.00 wib	362 mV	20,11 mA

Dari table 4.2 di atas, penelitian yang dilakukan merupakan pengukuran pada bahan alami daun pandan wangi *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan waktu pengukuran yang berbeda-beda, pada pukul 11.15-13.00 Wib dengan suhu 33°C telah dilakukan pengukuran dengan tahanan dari kaca *indium tin oxide* (ITO) sebesar 18Ω, kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dari serapan sinar

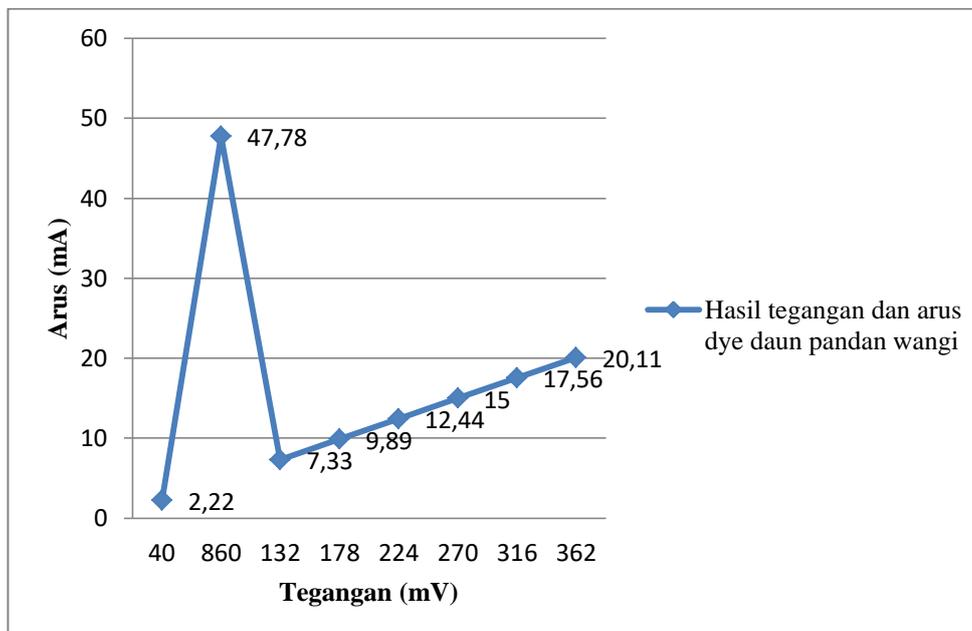
matahari *dye sensitized solar cell* (DSSC) sebesar 40 mili volt, dengan arus yang diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{40 \text{ mV}}{18\Omega}$$

$$I = 2,22 \text{ mA}$$

Dari hasil rumus di atas, maka arus (I) yang dihasilkan adalah 2,22 mA atau 0,0022 ampere, seperti yang ditunjukkan pada grafik 4.2.



**Grafik 4.2** Hasil Perhitungan Tegangan (V) dan Arus (I) pada Daun Pandan Wangi DSSC

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{40+860+132+178+224+270+316+362}{8}$$

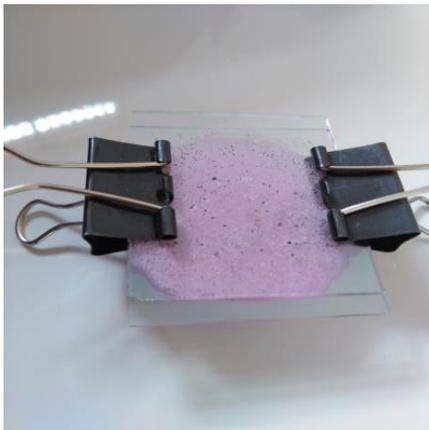
$$= 297,75 \text{ mV}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{2,22+47,78+7,33+9,89+12,44+15+17,56+20,11}{8}$$

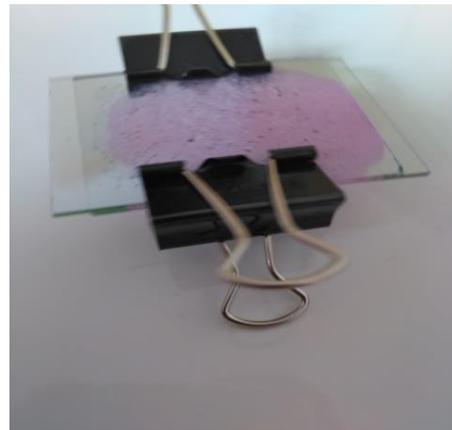
$$= 16,54 \text{ mA}$$

Setelah pengukuran DSSC bahan alami daun pandan wangi selesai dilakukan maka didapatkan hasil dari pada grafik di atas serta perhitungan rata-rata baik dari tegangan (V) dan arus (I) hasil pengukuran menunjukkan bahwa warna pekat yang dihasilkan dari daun pandan wangi memberikan hasil tegangan dan arus pada saat suhu  $33^{\circ}\text{C}$  dan hambatan (R) konstan  $18\Omega$  sangat lumayan baik karena pada saat waktu penyinaran matahari yang digunakan mulai pukul 11.15-13.00 WIB penyinaran dilakukan pada saat pencahayaan matahari naik sehingga pengukuran yang dihasilkan juga akan ikut naik, pengukuran DSSC bahan alami ini sendiri sangat bergantung pada tingkat penyinaran panas matahari serta pekatnya warna yang dihasilkan apabila penyinaran kurang baik serta warna yang dihasilkan juga kurang kepekatannya maka yang dihasilkan juga akan tidak maksimal.

#### 4.2.3 Hasil Dye Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) seperti Ditunjukkan pada gambar 4.3 :



(a)



(b)

**Gambar 4.3** DSSC Buah Naga Merah

(a) Dye Buah Naga Merah pada saat di ambil dari keadaan atas

(b) Dye Buah Naga Merah pada saat di ambil dari keadaan samping

Setelah DSSC bahan alami selesai dirakit maka masuklah kepada tahapan pengukuran tegangan (V) dan arus (I) pada bahan alami DSSC pada saat suhu tetap yaitu 33°C dan hambatan (R) konstan 18Ω, maka didapat hasil perhitungan dalam bentuk table seperti ditunjukkan pada table 4.3

**Table 4.3** Hasil Perhitungan Arus (I) yang didapat pada pengukuran Bahan Alami Buah Naga Merah *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan Suhu 33°C dan Tahanan Kaca 18 Ω.

Waktu	Perhitungan Arus (I) dengan menggunakan Rumus	
	Tegangan	Arus
11.15 wib	158 mV	8,78 mA
11.30 wib	220 mV	12,22 mA
11.45 wib	282 mV	15,67 mA
12.00 wib	344 mV	19,11 mA
12.15 wib	406 mV	22,56 mA
12.30 wib	468 mV	26 mA
12.45 wib	530 mV	29,44 mA
13.00 wib	592 mV	32,89 mA

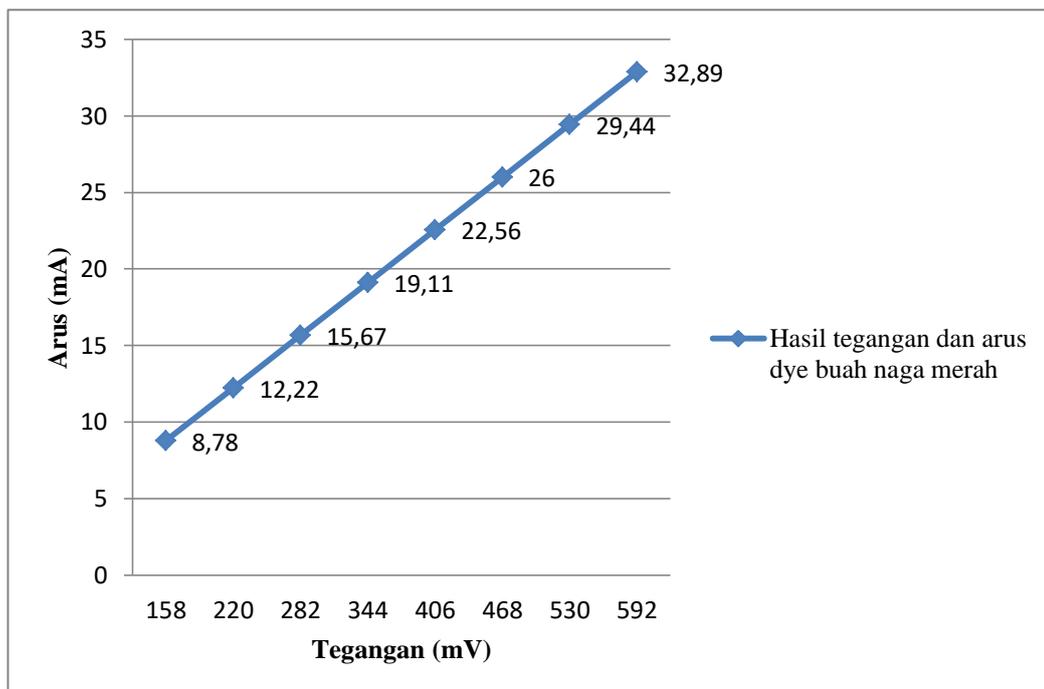
Dari table 4.3 di atas, penelitian yang dilakukan merupakan pengukuran pada bahan alami buah naga merah *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan waktu pengukuran yang berbeda-beda, pada pukul 11.15-13.00 Wib dengan suhu 33°C telah dilakukan pengukuran dengan tahanan dari kaca *indium tin oxide* sebesar 18Ω, kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dari serapan sinar matahari *dye sensitized solar cell* (DSSC) sebesar 158 mili volt, dengan arus yang diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{158 \text{ mV}}{18\Omega}$$

$$I = 8,78 \text{ mA}$$

Dari hasil rumus di atas, maka arus (I) yang dihasilkan adalah 8,78 mA atau 0,00878 Ampere, seperti yang ditunjukkan pada grafik 4.3



**Grafik 4.3** Hasil Perhitungan Tegangan (V) dan Arus (I) Buah Naga Merah DSSC

Dari hasil pengukuran percobaan di atas didapatkan Rata-rata sebagai berikut :

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{158+220+282+344+406+468+530+592}{8}$$

$$= 375 \text{ mV}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{8,78+12,22+15,67+19,11+22,56+26+29,44+32,89}{8}$$

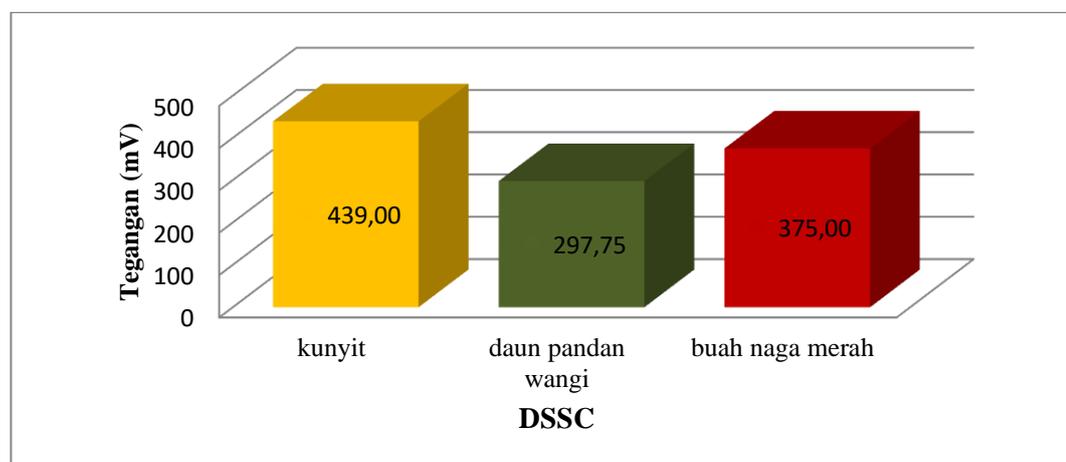
$$= 20,85 \text{ mA}$$

Setelah pengukuran DSSC bahan alami buah naga merah selesai dilakukan maka didapatkan hasil dari pada grafik di atas serta perhitungan rata-rata baik dari

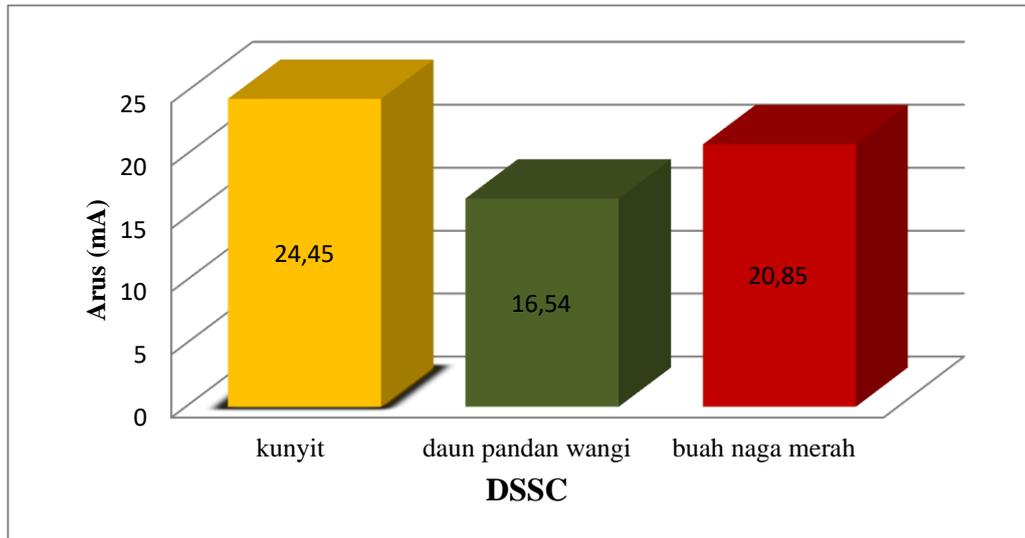
tegangan (V) dan arus (I) hasil pengukuran menunjukkan bahwa warna pekat yang dihasilkan dari buah naga merah memberikan hasil tegangan dan arus pada saat suhu  $33^{\circ}\text{C}$  dan hambatan (R) konstan  $18\Omega$  sangat lumayan baik karena pada saat waktu penyinaran matahari yang digunakan mulai pukul 11.15-13.00 WIB penyinaran dilakukan pada saat pencahayaan matahari naik sehingga pengukuran yang dihasilkan juga akan ikut naik, pengukuran DSSC bahan alami ini sendiri sangat bergantung pada tingkat penyinaran panas matahari serta pekatnya warna yang dihasilkan apabila penyinaran kurang baik serta warna yang dihasilkan juga kurang kepekatannya maka yang dihasilkan juga akan tidak maksimal.

#### 4.3 Perbandingan Pengukuran Tegangan (V) dan Arus (I) dengan Suhu $33^{\circ}\text{C}$ Dan Hambatan (R) Konstan $18\Omega$ .

Pada perlakuan pengujian yang sama, *dye* Kunyit memiliki tegangan dan arus yang paling tinggi yaitu 439 mV dan arus 24,45 m, sedangkan *dye* buah naga merah menghasilkan tegangan 375 mV dan arus 20,85 mA dan daun pandan wangi menghasilkan tegangan 297,75 mV dan arus 16,54 mA. Ilustrasi perbandingan tegangan dan arus ketiga DSSC adalah sebagai berikut :



**Grafik 4.4** Perbandingan Tegangan pada *Dye* Kunyit, Daun Pandan Wangi, Buah Naga Merah



**Grafik 4.5** Perbandingan Arus pada *dye* Kunyit, Daun Pandan Wangi, Buah Naga Merah

Penelitian di atas menghasilkan pengukuran hasil perbandingan antara bahan pewarna alami dari ke tiga bahan pewarna alami yaitu kunyit, daun pandan wangi dan buah naga merah, didapatkan perbandingan yang sangat tampak dari masing-masing pewarna alami tersebut dengan salah satu kriterianya dengan hasil kepekatan warna yang dapat menghasilkan tegangan dan arus, kepekatan dari warna kunyit sangat baik karena proses DSSC salah satunya sangat bergantung pada penyinaran panas matahari efek dari pekatnya warna yang diberikan Kunyit menghasilkan keluaran yang maksimal diantara ketiga pewarna alami tersebut karena penyerapan warna Kunyit terhadap cahaya panas matahari maksimal, dan untuk daun pandan sendiri karena warna kepekatan yang dihasilkan kurang sekali maka hasil penyerapan cahaya panas matahari terhadap warna alami ini juga tidak baik sehingga hasil yang dikeluarkan untuk tegangan dan arus sangat kecil sedangkan untuk buah naga merah warna kepekatan yang dihasilkan cukup lumayan baik sehingga penyerapan cahaya panas matahari terhadap warna ini cukup lumayan sehingga hasil keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan juga

cukup lumayan dari ketiga pewarna alami ini didapatkan perbandingan yang cukup tampak dan signifikan karena dari penelitian dengan memakai tiga warna alami sangat memudahkan untuk mendapatkan warna alami mana yang lebih baik kepekatannya, karena apabila kepekatan yang dihasilkan warna alami sangat baik maka hasil yang didapatkan juga akan sangat baik, karena proses dari DSSC sendiri bergantung kepada penyinaran cahaya panas matahari untuk dapat diserap lebih banyak pada pewarna alami yang digunakan sebagai *Dye* daripada DSSC.

#### **4.4 Hasil Pengukuran Tegangan (V) dan Arus (I) pada Bahan Alami DSSC Dengan Suhu Berbeda-beda dan Hambatan (R) Konstan 18Ω**

Hasil pengukuran tegangan (V) dan Arus (I) pada Bahan Alami DSSC dengan suhu berbeda-beda dan Hambatan (R) konstan 18Ω dapat dilakukan dengan hal pertama yaitu merakit dari pada awalan bahan pewarna alami agar dapat menghasilkan keluaran.

##### **4.4.1 Hasil Pengukuran *Dye* Kunyit Suhu Berbeda pada DSSC terlihat Pada Tabel 4.4 :**

**Tabel 4.4** Hasil Perhitungan Arus (I) yang didapat pada Pengukuran Bahan Alami Kunyit *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan Tahanan Kaca 18Ω.

Waktu (WIB)	Perhitungan Arus (I) dengan menggunakan Rumus		
	Suhu (°C)	Tegangan	Arus
08.00	24°C	187 mV	10,39 mA
10.00	26°C	255 mV	14,17 mA
12.00	30°C	323 mV	17,94 mA
14.00	31°C	391 mV	21,72 mA
16.00	28°C	298 mV	16,56 mA
18.00	24°C	189 mV	10,5 mA

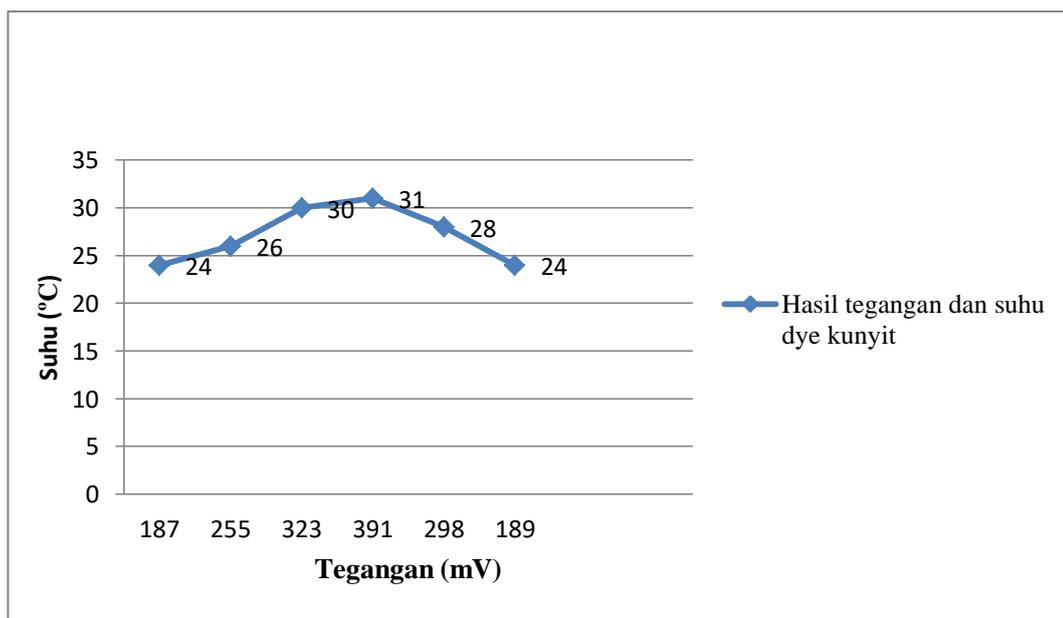
Dari data di atas, penelitian yang dilakukan merupakan pengukuran pada bahan alami Kunyit *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan waktu pengukuran yang berbeda-beda pada pukul 08.00-18.00 Wib dengan suhu yang berbeda pula serta tahanan dari kaca *Indium Tin Oxide* (ITO) sebesar  $18\Omega$ , kemudian mengukur Tegangan yang dihasilkan dari serapan sinar matahari *dye sensitized solar cell* (DSSC) sebesar 187 mili Volt, dengan Arus yang diketahui melalui Rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{187}{18}$$

$$I = 10,39 \text{ mA}$$

Dari rumus di atas, maka Arus (I) yang dihasilkan adalah 10,39 mA atau 0,01039A, seperti ditunjukkan pada grafik 4.6



**Grafik 4.6** Hasil Perhitungan Tegangan (V) Kunyit dengan suhu yang berbeda Pada *Dye sensitized solar cell* (DSSC)

Setelah pengukuran DSSC bahan alami Kunyit selesai dilakukan maka didapatkan hasil dari pada grafik di atas baik dari tegangan (V) dan arus (I) hasil pengukuran

menunjukkan bahwa warna pekat yang dihasilkan dari Kunyit memberikan hasil tegangan dan arus pada saat suhu berbeda dan hambatan ( $R$ ) konstan  $18\Omega$  sangat lumayan baik karena pada saat waktu penyinaran matahari yang digunakan mulai pukul 08.00-18.00 WIB penyinaran dilakukan pada saat pencahayaan matahari naik serta turun sehingga pengukuran yang dihasilkan juga akan bisa naik maupun turun, pengukuran DSSC bahan alami ini sendiri sangat bergantung pada tingkat penyinaran panas matahari serta pekatnya warna yang dihasilkan apabila penyinaran kurang baik serta warna yang dihasilkan juga kurang kepekatannya maka yang dihasilkan juga akan tidak maksimal.

#### 4.4.2 Hasil Pengukuran *Dye* Daun Pandan Wangi Suhu berbeda pada DSSC Terlihat pada Tabel 4.5

**Table 4.5** Hasil Perhitungan Arus ( $I$ ) yang didapat pada Pengukuran Bahan Alami Daun Pandan Wangi *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan Tahanan Kaca  $18\Omega$ .

Waktu (WIB)	Perhitungan Arus ( $I$ ) dengan menggunakan Rumus		
	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tegangan	Arus
08.00	$24^{\circ}\text{C}$	125 mV	6,95 mA
10.00	$26^{\circ}\text{C}$	171 mV	9,5 mA
12.00	$30^{\circ}\text{C}$	217 mV	12,1 mA
14.00	$31^{\circ}\text{C}$	263 mV	14,61 mA
16.00	$28^{\circ}\text{C}$	180 mV	10 mA
18.00	$24^{\circ}\text{C}$	127 mV	7,1 mA

Dari data di atas, penelitian yang dilakukan merupakan pengukuran pada bahan alami Daun Pandan Wangi *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan waktu pengukuran yang berbeda-beda pada pukul 08.00-18.00 Wib dengan suhu berbeda-beda telah dilakukan pengukuran dengan tahanan dari kaca *Indium Tin*

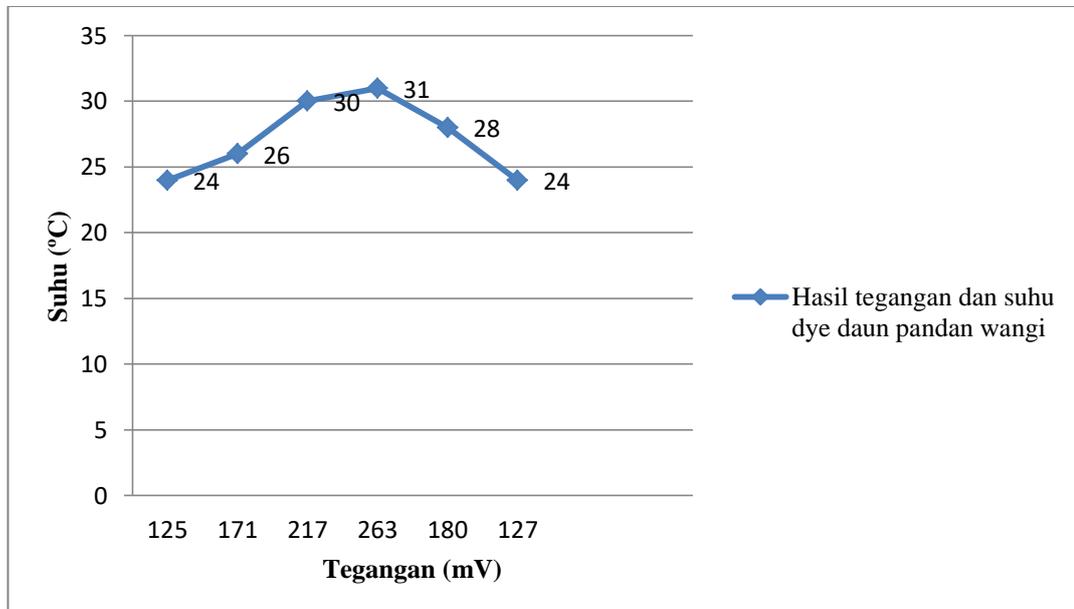
*Oxide* (ITO) sebesar  $18\Omega$ , kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dari serapan sinar matahari *dye sensitized solar cell* (DSSC) sebesar 125 mili Volt, dengan arus yang diketahui melalui Rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{125}{18}$$

$$I = 6,95 \text{ mA}$$

Dari hasil Rumus di atas, maka Arus (I) yang dihasilkan adalah 6,95 mA atau 0,00695 A, seperti yang terlihat di grafik 4.7



**Grafik 4.7** Hasil Perhitungan Tegangan (V) Daun Pandan Wangi dengan suhu yang Berbeda pada *dye sensitized solar cell* (DSSC)

Setelah pengukuran DSSC bahan alami daun pandan wangi selesai dilakukan maka didapatkan hasil dari pada grafik di atas baik dari tegangan (V) dan arus (I) hasil pengukuran menunjukkan bahwa warna pekat yang dihasilkan dari daun pandan wangi memberikan hasil tegangan dan arus pada saat suhu berbeda dan hambatan (R) konstan  $18\Omega$  sangat lumayan baik karena pada saat waktu

penyinaran matahari yang digunakan mulai pukul 08.00-18.00 WIB penyinaran dilakukan pada saat pencahayaan matahari naik dan juga turun sehingga pengukuran yang dihasilkan juga akan ikut naik dan turun, pengukuran DSSC bahan alami ini sendiri sangat bergantung pada tingkat penyinaran panas matahari serta pekatnya warna yang dihasilkan apabila penyinaran kurang baik serta warna yang dihasilkan juga kurang kepekatannya maka yang dihasilkan juga akan tidak maksimal.

#### 4.4.3 Hasil Pengukuran *Dye* Buah Naga Merah Suhu Berbeda pada DSSC Terlihat pada Tabel 4.6

**Table 4.6** Hasil Perhitungan Arus (I) yang di dapat pada Pengukuran Bahan Alami Buah Naga Merah *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan Tahanan Kaca  $18\Omega$ .

Waktu (WIB)	Perhitungan Arus (I) dengan menggunakan Rumus		
	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tegangan	Arus
08.00	$24^{\circ}\text{C}$	137 mV	7,61 mA
10.00	$26^{\circ}\text{C}$	199 mV	11,1 mA
12.00	$30^{\circ}\text{C}$	261 mV	14,5 mA
14.00	$31^{\circ}\text{C}$	323 mV	18 mA
16.00	$28^{\circ}\text{C}$	203 mV	11,3 mA
18.00	$24^{\circ}\text{C}$	139 mV	7,72 mA

Dari data di atas, penelitian yang dilakukan merupakan pengukuran pada bahan alami Buah Naga Merah *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan waktu pengukuran yang berbeda-beda pada pukul 08.00-18.00 WIB dengan suhu yang berbeda-beda telah dilakukan pengukuran dengan tahanan dari kaca *indium tin oxide* (ITO) sebesar  $18\Omega$ , kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dari

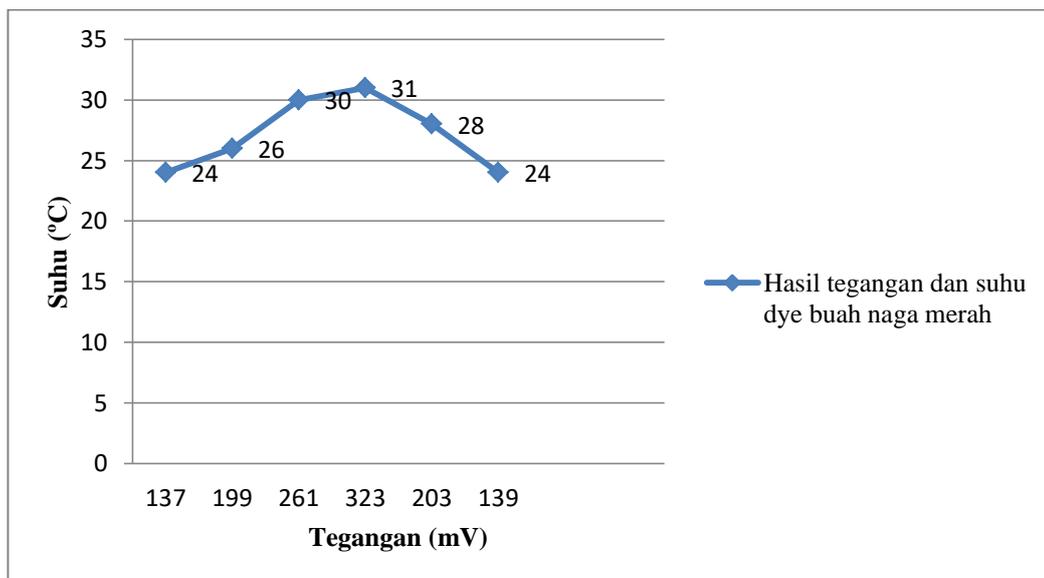
serapan sinar matahari *dye sensitized solar cell* (DSSC) sebesar 137 mili Volt, dengan arus yang diketahui melalui Rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{137}{18}$$

$$I = 7,61 \text{ mA}$$

Dari hasil Rumus di atas, maka Arus (I) yang dihasilkan adalah 7,61 mA atau 0,00761 A, seperti terlihat pada grafik 4.8



**Grafik 4.8** Hasil Perhitungan Tegangan (V) Buah Naga Merah dengan suhu berbeda pada *dye sensitized solar cell* (DSSC)

Setelah pengukuran DSSC bahan alami buah naga merah selesai dilakukan maka didapatkan hasil dari pada grafik di atas baik dari tegangan (V) dan arus (I) hasil pengukuran menunjukkan bahwa warna pekat yang dihasilkan dari buah naga merah memberikan hasil tegangan dan arus pada saat suhu berbeda dan hambatan (R) konstan  $18\Omega$  sangat lumayan baik karena pada saat waktu penyinaran matahari yang digunakan mulai pukul 08.00-18.00 WIB penyinaran dilakukan pada saat pencahayaan matahari naik dan juga turun sehingga pengukuran yang

dihasilkan juga akan ikut naik dan juga turun, pengukuran DSSC bahan alami ini sendiri sangat bergantung pada tingkat penyinaran panas matahari serta pekatnya warna yang dihasilkan apabila penyinaran kurang baik serta warna yang dihasilkan juga kurang kepekatannya maka yang dihasilkan juga akan tidak maksimal.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penyerapan panas matahari pada *Dye sensitized solar cell* (DSSC) dapat menghasilkan nilai perbandingan tegangan dan arus rata-rata pada masing-masing sensitizer seperti Kunyit (*Curcuma longa Linn*) dengan tegangan 439 mV arus 24,45 mA, Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb*) dengan tegangan 297,75 mV arus 16,54 mA, Buah Naga Merah dengan tegangan 375 mV arus 20,85 mA dengan suhu 33°C.
2. Kelebihan dari penggunaan pewarna alami pada *Dye sensitized solar cell* (DSSC) adalah apabila warna yang dihasilkan cukup baik kepekatannya maka penyerapan sinar matahari dapat menghasilkan keluaran tegangan dan arus yang cukup baik sedangkan Kelemahan dari pada (DSSC) pewarna alami apabila warna yang dihasilkan kurang ataupun tidak baik kepekatannya maka penyerapan sinar matahari juga tidak akan maksimal sehingga mengakibatkan keluaran yang dihasilkan pada tegangan dan arus akan tidak baik.

## 5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa saran sebagai berikut :

1. Penelitian tentang Dye Sensitized solar cell (DSSC) agar dapat secara maksimal untuk dikembangkan mengingat sumber panas matahari sangat mudah untuk dihasilkan agar dapat memberikan kemaksimalan dimasa yang akan datang.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian dengan memperbanyak lagi pewarna alami *Dye sensitized solar cell* (DSSC) guna untuk menghasilkan keluaran yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ardianto *et al.*, “Uji Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Lapisan Capacitive Touchscreen Sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil *Nannochloropsis Sp.* Sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Ketebalan Pasta TiO<sub>2</sub>,” *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 3, no. 3, pp. 325–337, 2015.
- [2] M. Arifin, D. O. Margareta, and O. F. Trimaryana, “Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC),” *J. Integr.*, 2018.
- [3] S. Ridha Alfidharisti, F. Nurosyid, and Y. Iriani, “Pengaruh Waktu terhadap Efisiensi Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC),” *Indones. J. Appl. Phys.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2018.
- [4] R. Andari, “Sintesis dan Karakterisasi Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) dengan Sensitizer Antosianin dari Bunga Rosella (HIBISCUS SABDARIFFA),” *J. Fis. dan Apl.*, vol. 13, no. 02, pp. 88–95, 2017.
- [5] N. A. Dewi, F. Nurosyid, and A. Supriyanto, “Pengaruh Ketebalan Elektroda Kerja TiO<sub>2</sub> Transparan terhadap Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) sebagai Aplikasi Solar Window,” *Indones. J. Appl. Phys.*, vol. 6, no. 02, pp. 73–78, 2016.
- [6] I. AFANDI, “STUDI AWAL FABRIKASI DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) DENGAN MENGGUNAKAN EKSTRAK BUAH DAN DAUN SIRSAK (*ANNONA MURICATA L*) SEBAGAI FOTOSENSITIZER,” 2016.
- [7] I. Usman, P. A. Setyo, and Arsyad Wa Ode Sukmawati Arsyad, “Kajian pengaruh variasi jumlah lapisan trasparan TiO<sub>2</sub> terhadap performa kerja sel surya yang disensitisasi dengan dye (DSSC),” *J. Apl. Fis.*, vol. 13, pp. 2–7, 2017.
- [8] A. Istiqomah, M. Rokhmat, N. M. Nursam, and F. T. Elektro, “OPTIMALISASI DYE SENSITIZED SOLAR CELL ( DSSC ) BERBAHAN TITANIUM DIOKSIDA DENGAN KONFIGURASI TIPE MONOLITIK OPTIMIZATION DYE SENSITIZED SOLAR CELL (

- DSSC ) PROVIDED TITANIUM,” vol. 4, no. 2, pp. 2158–2165, 2017.
- [9] I. N. Setiawan, I. Ayu, D. Giriantari, W. G. Ariastina, and I. N. S. Kumara, “Sel Surya Berbasis Pewarna Alami dan Potensi Pengembangannya di Indonesia sebagai Sumber Energi Alternatif yang Ramah Lingkungan,” no. August, 2015.
- [10] A. and F. T. U. Rahman, “Pengaruh Tingkat Kekristalan TiO<sub>2</sub>” pp. 6–25, 2009.
- [11] W. Handini, “F.TEKNIK UI’PERFORMA SEL SURYA DYE SENSITIZED SOLAR CELL”.pp. 6–26, 2008.
- [12] I. D. Ariyani, “GAMBARAN AIR PERASAN JERUK LEMON (CITRUS LIMON(L.)BURM.F) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI STAPHYLOCOCCUS AUREUS,pp.1-69, 2017.
- [13] A. R. NA.USMAN, “MENGENAL SECARA UMUM JERUK LEMON (Citrus limon L),pp.1-17,no. L, 2018.
- [14] D. Marwanto, “BUAH LEMON,” pp. 6–21, 2014.
- [15] R. USU, “GAMBARAN UMUM METANOL’,pp.2-19, 2008.
- [16] U. S. Utara, “SALAH SATU PERUSAHAAN YANG MEMPRODUKSI INDUSTRI METANOL’’,pp.1-4, 2011.
- [17] B. J. Sinatria, “Prarancangan Pabrik Metanol dari Low Rank Coal Kapasitas 700.000 ton/tahun,” pp. 1–9, 2014.
- [18] D. Yulika and R. Suryana, “Pelapisan TiO<sub>2</sub> di atas FTO dengan Teknik Slip Casting dan Spin Coating untuk Aplikasi DSSC,” vol. XVIII, pp. 66–69, 2014.
- [19] D. Teknologi, I. Pertanian, and F. T. Pertanian, “REKAYASA PROSES PELAPISAN PIGMEN KLOROFIL DARI RUMPUT LAUT ( Sargassum Sp.) PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL GIANCARLO TP.BOLON,” 2017.
- [20] D. Rahayu, A. Bagitaningtyas, A. Hidayat, and A. S. P, “( DYE SENSITIZED SOLAR CELL ) DENGAN SENYAWA MORIN DARI KAYU NANGKA ( ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS L .),” vol. 2, 2001.
- [21] A. Makrif, N. Evalina, Zambak Muhammad Fitra, “RANCANG BANGUN

PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI DENGAN MENGGUNAKAN DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC),” pp. 1–9, 2018.

- [22] D. H. Pangestuti, Gunawan, and A. Haris, “Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell ( DSSC ) dengan Sensitizer,” *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 11, no. 3, pp. 70–77, 2008.
- [23] R.USU, “Metanol dengan panas pembentukan (cairan)  $-239,03$  kJ/mol pada suhu 25,pp.1-14,” 2009.
- [24] A. Adhiem, E. Rahmawati, J. Fisika, and U. N. Surabaya, “RANCANG BANGUN AMPEREMETER DIGITAL BERBASIS METODE INDUKSI ELEKTROMAGNETIK,” vol. 07, pp. 36–41, 2018.
- [25] IAIN Tulungagung, “ALAT UKUR DAN PENGUKURAN LISTRIK”, pp. 211–234, 2013.
- [26] A.Muhammad,“A.Muhammad,"BEBERAPA ALAT PENGUKURAN BESERTA FUNGSI",” pp. 5–31, 2016.
- [27] C.Y.Shan,Y.Iskandar,F.Farmasi, and U. Padjadjaran, “STUDI KANDUNGAN KIMIA DAN AKTIVITAS FARMAKOLOGI TANAMAN KUNYIT (*Curcuma longa* L.),” vol. 16, pp. 547–555, 2018.
- [28] R.S.Rezki,D.Anggoro and S.Mz,“EKSTRAKSIMULTI TAHAP KURKUMIN DARI KUNYIT(*Curcuma domestica* Valet) MENGGUNAKAN PELARUT ETANOL,” vol. 29, pp. 29–34, 2015.
- [29] 1 kusbiantoro, D.Y.Purwaningrum2018, “Pemanfaatan kandungan metabolit sekunder pada tanaman kunyit dalam mendukung peningkatan pendapatan masyarakat Utilization of secondary metabolite in the turmeric plant to increase community income,” vol. 17, no. 1, pp. 544–549, 2018.
- [30] A.pribadi, ““DAUN PANDAN WANGI SECARA UMUM””,pp.1-21,” 2015.
- [31] L. Hapsari, W. Mulyani, J. T. Kimia, F. Teknik, and U. S. Maret, “PEMBUATAN KONSENTRAT ZAT WARNA UNTUK BAHAN MAKANAN DARI DAUN PANDAN (*Pandanus Amaryllifolius* Roxb) DAN BIJI KESUMBA (*Bixa orellana* Linn ) BESERTA PENERAPANNYA,” 2010.
- [32] P. R. Jayanti, “Kajian kandungan senyawa fungsional dan karakteristik

sensoris es goyang buah naga super merah ( *Hylocereus costaricensis* ),” pp. 1–47, 2010.

- [33] W. Muda, B. Pelatihan, and P. Jambi, “MENGENAL BUAH NAGA’,pp.1-16,” 2015.
- [34] S. H. Saputra, E. Sampepana, and A. Susanty, “PENGARUH RASIO BUAH NAGA MERAH ( *Hylocereus polyrhizus* ) DAN SUKROSA SERTA LAMA WAKTU OSMOSIS TERHADAP SIFAT KIMIA KONSENTRAT SARI BUAH NAGA MERAH ( *Hylocereus polyrhizus* ),” vol. 11, no. 2, pp. 123–130, 2017.

## BIODATA PENULIS



### I. Data Pribadi

Nama : Pika Aprillia Caniago  
Tempat/Tgl.Lahir : Pangkalan Susu, 01 April 1997  
Jenis kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Nama Ayah : Epidal  
Nama Ibu : Ekawati  
Email : pikaacaniago97@gmail.com

### II. Riwayat Pendidikan

Jenjang Pendidikan	Tahun
SDN 01 Pangkalan Susu	2003-2009
SMP Swasta Dharma Patra Pkl.Susu	2009-2012
SMA Negeri 1 Pangkalan Susu	2012-2015
S1 Teknik Elektro UMSU	2015-2019

### III. Riwayat Organisasi

Jenjang Organisasi	Tahun
Sekretaris Bidang Immawati PK IMM FATEK UMSU	2017-2018