

**KARAKTERISASI OPTIK DAN LISTRIK LARUTAN KLOOROFIL  
SPIRULINA SP SEBAGAI DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)**



**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian  
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains Fisika**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

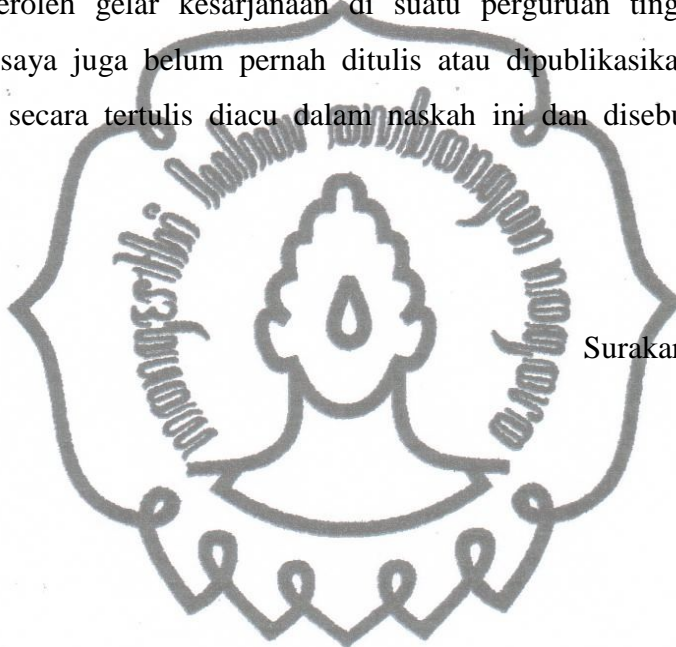
**SURAKARTA**

**Januari, 2011**

*commit to user*

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**KARAKTERISASI OPTIK DAN LISTRIK LARUTAN KLOORIFIL *SPIRULINA SP* SEBAGAI DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)**” belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga belum pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

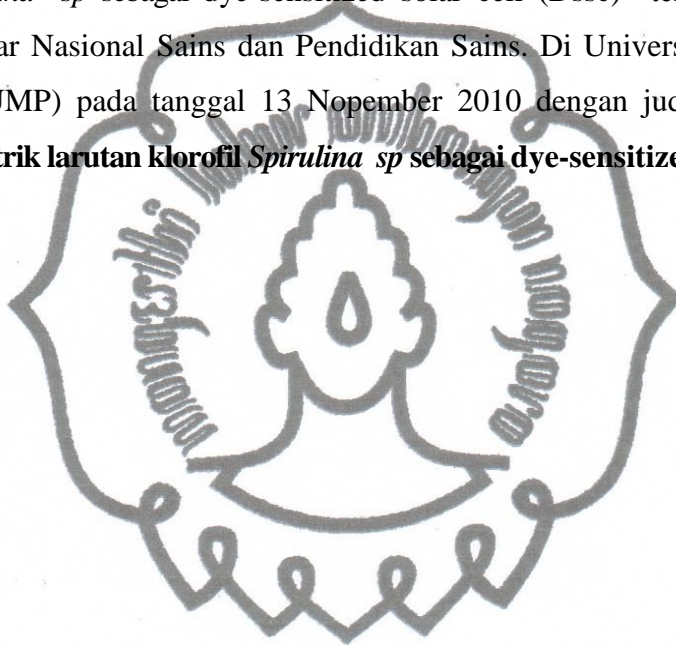


Surakarta, 3 Januari 2011

Sumaryanti

## PERNYATAAN

Sebagian dari skripsi saya yang berjudul “ Karakterisasi Optik Dan listrik larutan klorofil *Spirulina sp* sebagai dye-sensitized solar cell (Dssc)” telah dipresentasikan dalam Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains. Di Universitas Muhamadiyah Purworejo (UMP) pada tanggal 13 Nopember 2010 dengan judul ” **Karakterisasi Optik Dan listrik larutan klorofil *Spirulina sp* sebagai dye-sensitized solar cell ”**.



*commit to user*

**KARAKTERISASI OPTIK DAN LISTRIK LARUTAN KLOOROFIL  
*SPIRULINA SP* SEBAGAI *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

SUMARYANTI  
M0206010

Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret Surakarta

**ABSTRAK**

Telah dilakukan Karakterisasi optik dan Listrik Larutan Klorofil *spirulina sp* sebagai *dye-sensitized solar cell* (DSSC). Klorofil hasil isolasi telah dibuat dan mampu menjadi *dye* pada DSSC dengan uji absorbansi dan uji kelistrikan pada kondisi gelap dan terang. Sampel di ekstraksi dari *Spirulina Sp* dengan menggunakan metode kolom *Chromatografi*. Karakterisasi fisis meliputi sifat optik dan sifat listrik. Hasil menunjukkan karakter optik unggul dan menunjukkan konsistensi dengan spektrum absorbansi pada umumnya yakni muncul dua puncak, yang teramati dari karakteristik puncak kurva absorbansi pada dan

Hal ini menegaskan efektifitas isolasi klorofil *spirulina sp* dengan metode kolom *Chromatografi*. Sedangkan pengukuran sifat listrik menunjukkan hasil yang berbeda saat di ukur pada keadaan gelap dan terang, dengan grafik membentuk grafik eksponensial yang merupakan ciri resistansi material organik. Karakteristik ini menunjukkan sifat *sensitized* klorofil. Akhirnya kombinasi dari dua sifat fisis ini menjanjikan aplikasi untuk DSSC maupun sel surya organik.

**Kata kunci : Absorbansi, *Chromatografi* ,Klorofil *Spirulina Sp* ,*Dye*, DSSC**



**MOTTO**

بِاللَّهِ الْمَرْغُوبِ

- ☞ *Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya (Q.S Al- Baqarah : 286)*
- ☞ *Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai dari sesuatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain (Q.S Alam Nasyrat :6-7)*

*commit to user*

**PERSEMBAHAN**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan rahmat Allah SWT, Skripsi Sederhana ini kupersembahkan kepada:

1. Ibu dan bapakku tercinta , atas kasih sayangnya, doa-doanya, perjuangannya yang luar biasa dan tak kenal putus asa untuk mendidik dan memberi pendidikan yang baik pada anak-anaknya sekalipun diluar kemampuannya.
2. kedua adikku, Ira Anita dan Deni Dafrizal, yang telah mendukung penulis dalam setiap hal dan memberikan penulis kasih sayang yang tulus.
3. Sahrul Roni terima kasih atas setiap dukungan semangat dan kasih sayang yang telah diberikan , Terima kasih telah mewarnai hari-hari penulis dan selalu membuat penulis tersenyum ☺ ..
4. Fiscia dan Sarroh Wijayanti, Ari Yuni Ani selaku tim terbaik penulis, serta seluruh rakyat Fisika FMIPA UNS mari terus berkarya untuk Indonesia tercinta
5. Almamater yang kbanggakan, khususnya Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret.

*commit to user*



## KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta'ala atas karunia dan hidayah – Nya berupa ilmu sehingga penulis dapat memberikan kontribusi dalam bidang energi surya. Makalah ini mengandung aspek “Karakterisasi Optik dan Listrik Larutan Klorofil *Spirulina sp* sebagai dye-sensitized solar cell (DSSC) ”.

Laporan penelitian ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Harjana, M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika F MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Drs. Suharyana, M.Sc. selaku Pembimbing Akademik yang telah bersedia memberikan banyak masukan, saran, motivasi, dan gambaran-gambaran mengenai dunia perkuliahan sehingga penulis dapat mengikuti perkuliahan setiap semester dengan lancar tanpa ada suatu kendala yang berarti.
3. Dr. Eng. Budi Purnama, M.Si selaku Pembimbing I, yang telah membimbing dengan sabar, memberikan wawasan pengetahuan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini, memberikan nasihat baik yang terkait dengan dunia perkuliahan atau non-perkuliahan. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan Bapak.
4. Utari, M.Si selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan dan kesabarannya selama proses penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah memberikan kemudahan setiap langkah beliau sehingga dapat terus berkarya dan senantiasa diberi kesabaran.
5. Agus Supriyanto, M.Si yang membantu pendanaan skripsi ini , yang telah memberikan perhatian, arahan, dan nasehat dalam penulisan skripsi ini. semoga Allah memberi kemudahan setiap langkah beliau sehingga dapat terus berkarya dan barokah.

*commit to user*



6. M. Widyo Wartono, M.Si yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama ini. semoga Allah memberi kemudahan setiap langkah beliau sehingga dapat terus berkarya dan barokah.
7. Bapak dan Ibu dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan bantuan baik berupa bimbingan, dorongan, dan masukan selama ini.
8. Staf jurusan fisika (Mbak Ning, Mbak Dwi dan Mas David). Terima kasih atas bantuannya dalam segala urusan administrasi dan lainnya.

Serta umumnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi terhadap penyelesaian tugas akhir ini

Penulis berharap karakterisasi klorofil *spirulina sp* ini bisa di kembangkan pada bidang energi baru terbarukan khususnya pengembangan sell surya organik di Jurusan Fisika FMIPA UNS. Semoga penelitian ini memberi kemanfaatan baik secara langsung maupun tidak langsung kepada masyarakat.  
Amin

Surakarta, 3 Januari 2011

Sumaryanti

## DAFTAR ISI

	halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PESETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN ABSTRAK</b> .....	v
<b>HALAMAN ABSTRACT</b> .....	vi
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DARTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
I.1. Latar Belakang Masalah .....	1
I.2. Rumusan Masalah .....	3
I.3. Tujuan Penelitian .....	3
I.4. Batasan Masalah .....	3
I.5. Manfaat Penelitian .....	3
I.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Sel Surya .....	5
2.1.1. Umum.....	5
2.1.2. Prinsip kerja sel surya.....	6
2.2. DSSC ( <i>Dye-Sensitized Solar Cell</i> ).....	7
2.2.1. Umum .....	7
2.2.2. Prinsip kerja DSSC .....	8
2.3. <i>Spirulina</i> .....	10
2.4. Klorofil .....	10
2.4.1 kandungan klorofil .....	13
2.5. Karakterisasi Sifat Optik.....	13
2.5.1. Absorbansi .....	14
2.6. Karakterisasi Sifat Listrik.....	15

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2. Alat dan Bahan .....	18
3.2.1. Alat penelitian .....	18
3.2.1.1. Isolasi Dye .....	18
3.2.1.1.1. Ekstraksi .....	18
3.2.1.1.2. kromatografi .....	18
3.2.1.2. karakterisasi optik dan listrik .....	19
3.2.1.2.1. karakterisasi optik .....	19
3.2.1.2.1. karakterisasi listrik .....	19
3.2.2. Bahan penelitian .....	19
3.2.2.1. Isolasi Dye .....	19
3.2.2.1.1. Ekstraksi .....	19
3.2.2.1.2. kromatografi .....	19
3.2.1.2. karakterisasi listrik .....	19
3.3. Diagram penelitian .....	20
3.3.1. Persiapan .....	21
3.3.2. Isolasi <i>dye</i> klorofil .....	22
3.3.2.1. Ekstraksi <i>spirulina</i> .....	22
3.3.2.2. Kromatografi .....	23
3.3.3. Karakterisasi <i>dye</i> klorofil .....	25
3.3.3.1. Karakterisasi absorbansi klorofil larutan <i>spirulina sp</i> .....	25
3.3.3.2. Karakteristik <i>I-V</i> larutan klorofil .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1. Isolasi <i>dye</i> klorofil .....	28
4.2. Sifat Optik <i>dye</i> .....	30
4.2.1. Absorbansi larutan <i>dye</i> klorofil <i>spirulina sp</i> .....	30
4.2.2. kandungan klorofil <i>spirulina sp</i> .....	33
4.3. Karakterisasi <i>I-V</i> larutan klorofil <i>spirulina sp</i> .....	34
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>39</b>
5.1. Simpulan .....	39
5.2. Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xvi</b>
<b>LAMPIRAN – LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>

## DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1. Struktur sel surya silikon sambungan <i>p-n</i> .....	6
Gambar 2.2. Cara kerja sel surya silikon .....	7
Gambar 2.3. Struktur dan komponen DSSC .....	8
Gambar 2.4. Skema kerja dari DSSC .....	9
Gambar 2.5. Struktur molekuler klorofil .....	11
Gambar 2.6. Spektrum Absorbansi klorofil .....	12
Gambar 2.7. Skema pengukuran Resistansi larutan klorofil .....	17
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian .....	20
Gambar 3.2. Botol-Botol Kaca .....	21
Gambar 3.3. Kolom kromatografi dan statif .....	24
Gambar 3.4. Spektrometer <i>UV-Visible</i> Shimadzu 1601 PC dan komputer .....	26
Gambar 3.5. Skema pengukuran karakteristik <i>I-V</i> larutan klorofil .....	27
Gambar 4.1. Sampel <i>Spirulina Sp</i> .....	28
Gambar 4.2. Perbedaan warna hasil kromatografi .....	29
Gambar 4.3. Grafik absorbansi larutan klorofil <i>spirulina Sp</i> untuk 3 variasi Sampel yaitu $Sp_1$ (a), $Sp_2$ (b), $Sp_3$ (c) .....	31
Gambar 4.4. Grafik karakteristik <i>I-V</i> larutan klorofil pada kondisi terang .....	35
Gambar 4.5. Grafik karakteristik <i>I-V</i> larutan klorofil pada kondisi gelap .....	36
Gambar 4.6. Kurva <i>I-V</i> gelap-terang larutan klorofil <i>Spirulina Sp</i> . A ( $Sp_1$ ), B. ( $Sp_2$ ), C. ( $Sp_3$ ) .....	37

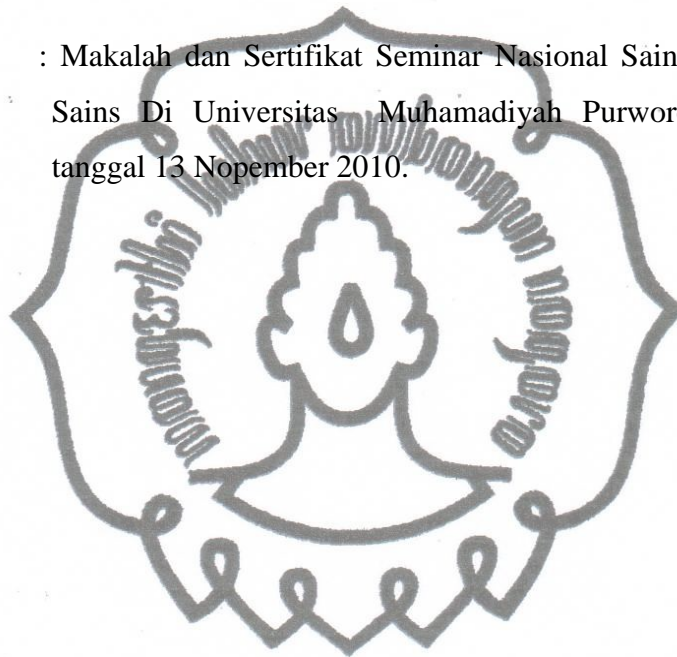
### DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 4.1. Perbandingan konsentrasi sampel <i>Spirulina Sp</i> .....	30
Tabel 4.2. Nilai Puncak Absorbansi larutan klorofil.....	32
Tabel 4.3. Kandungan Klorofil masing-masing sampel <i>Spirulina Sp</i> .....	33



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Grafik dan Data Absorbansi Larutan Klorofil *Spirulina Sp*  
Konsentrasi 2:15
- Lampiran 2 : Data karakterisasi I-V Larutan Klorofil *Spirulina Sp*  
Konsentrasi 2:15
- Lampiran 3 : Makalah dan Sertifikat Seminar Nasional Sains dan Pendidikan  
Sains Di Universitas Muhamadiyah Purworejo (UMP) pada  
tanggal 13 Nopember 2010.



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Sel Surya organik adalah suatu teknologi alternatif yang ramah terhadap lingkungan. Sel surya pada umumnya berbahan silikon (Si) dan germanium (Ge). Keduanya merupakan material anorganik. Tipe sel surya yang berbasis silikon (Si) dan germanium (Ge) memiliki efisiensi energi sekitar 14 -17 dengan waktu aktif sel selama 25 tahun. Harga bahan dasar dan biaya produksi yang mahal menjadikan harga jual sel surya di pasaran relatif tinggi (Fahlman dan Salaneck, 2001). Oleh karena itu Para peneliti mulai melakukan terobosan baru dengan menggunakan bahan organik. Bahan dasar yang murah dan teknik pembuatan yang mudah, maka diyakini akan menghasilkan panel surya yang murah.

Pada prinsipnya, cara kerja sel surya sama dengan cara kerja fotosintesis pada tumbuhan. Energi cahaya digunakan untuk menghasilkan elektron bebas. Sel surya menggunakan elektron bebas untuk menghasilkan energi listrik sedangkan tumbuhan menggunakan elektron bebas untuk menghasilkan energi kimia (Tanenbaum, 1998). Mekanisme pengubahan energi matahari menjadi energi kimia pada fotosintesis yang diawali dengan dengan proses eksitasi klorofil saat menyerap cahaya memiliki efisiensi mencapai 30 (Noggle, 1983). Oleh karena adanya kesamaan sistem kerja yang terjadi dalam sel surya maka perlu diadakan penelitian tentang sifat material klorofil, yang nantinya diharapkan dapat digunakan sebagai material sel surya organik.

Dalam kegiatan penelitian ini, peneliti mengambil klorofil dari ekstrak *Spirulina sp.* *Spirulina sp* memiliki kandungan klorofil lebih tinggi dibandingkan alfalfa yaitu sejenis legume yang paling kaya dengan klorofil, sekurang-kurangnya 4 kali lebih tinggi daripada sayur-sayuran biasa (Fikri, 2007). *Spirulina sp* termasuk *cynobacteria* yang berbentuk filamen spiral, sebagian



besar pigmen fotosintesis dalam kloroplas *Spirulina sp* merupakan klorofil a. Klorofil a ini dapat diekstrak dengan menggunakan aseton. Klorofil a memiliki spektrum absorpsi yang stabil. Hal ini dikarenakan adanya konjugasi di antara ikatan rangkapnya (Lehninger, 1982).

Bahan dasar sel surya organik seperti klorofil harus benar-benar murni. Hal ini dimaksudkan agar dihasilkan sel surya dengan kinerja yang optimal dan usia aktif yang lebih lama. Proses pemurnian ekstrak *Spirulina sp* dengan menggunakan metode kromatografi. Kromatografi adalah pemisahan komponen-komponen dalam sampel dengan cara mengalirkan sampel melewati suatu kolom. Kolom berisi suatu bahan yang disebut suatu fase diam (*Stationary phase*) berfungsi memisahkan komponen sampel. Fase diam ini terdiri dari dari silica gel yang telah dimampatkan dalam tabung kolom. Sampel dibawa oleh *carrier* yang disebut fase gerak (*Mobile phase*). Fase gerak merupakan larutan nantinya akan dipisahkan sesuai dengan kecepatan alirnya. Dalam kolom terdapat komponen yang ditahan dengan kuat maupun lemah. Molekul yang ditahan lemah akan keluar terlebih dahulu dari kolom kemudian disusul oleh molekul yang ditahan lebih kuat (Fikri, 2007).

Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah karakterisasi sifat optik dan listrik larutan klorofil *Spirulina sp* sebagai *dye-sensitized solar cell* (DSSC). Sifat optik yang dikaji berkaitan tentang nilai serapan cahaya (*Absorbansi*) pada daerah cahaya tampak. Dari kajian di atas diperoleh informasi tentang daerah-daerah panjang gelombang yang mempunyai efek serapan tinggi pada larutan klorofil *Spirulina sp*. Dan untuk mendapatkan informasi tentang sifat kelistrikan larutan klorofil dilakukan uji konduktivitas dengan menggunakan metode *two point probe*.

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

Akan dicari hubungan antara kandungan klorofil terlarut dalam larutan dye alam dengan karakteristik optik dan listrik sebagai bahan dasar sel surya organik *dye-sensitized solar cell* (DSSC).

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengisolasi klorofil *Spirulina sp* dengan menggunakan metode kolom kromatografi.
2. Menentukan karakteristik optik larutan klorofil *Spirulina sp* dengan uji UV-Vis.
3. Menentukan karakteristik listrik larutan klorofil *Spirulina sp* dengan uji *I-V*.

## 1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada bahan dye alami hasil isolasi *Spirulina sp* dengan menggunakan metode kolom kromatografi.

## 1.5. Manfaat Penelitian

Karakterisasi optik dan listrik larutan klorofil *Spirulina sp* sebagai dye-sensitized solar cell (DSSC) yang dikembangkan pada penelitian ini bisa membuka jalan tidak hanya pemanfaatan larutan klorofil *Spirulina sp* sebagai bahan aktif sel surya. Namun bisa diaplikasikan sebagai dasar sensor senyawa ataupun sensor organik.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Laporan skripsi ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I	Pendahuluan.
BAB II	Tinjauan Pustaka
BAB III	Metodologi Penelitian
BAB IV	Hasil Penelitian dan Pembahasan
BAB V	Simpulan dan saran

Pada Bab I dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi. Bab II tentang dasar teori. Bab ini berisi teori yang mendasari penelitian yang dilakukan. Sedangkan Bab III berisi metode penelitian yang meliputi waktu, tempat dan pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang diperlukan, serta langkah-langkah dalam penelitian. Bab IV berisi tentang hasil penelitian dan analisa yang dibahas dengan acuan dasar teori yang berkaitan dengan penelitian. Terakhir, Bab V berisi simpulan dari pembahasan di bab sebelumnya dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut dari skripsi ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Saat ini bahan organik sebagai bahan dasar sel surya menjadi topik yang menarik dikalangan peneliti maupun industri. Hal ini karena bahan organik memiliki keunggulan dibandingkan dengan bahan anorganik. Bahan organik dengan kandungan karbon, hidrogen dan oksigen menarik perhatian karena ikatan antar molekul yang lemah dalam keadaan solid. Hal ini menjadi kelebihan dari bahan organik untuk dapat digunakan sebagai bahan isolator dan semikonduktor. Diketahui juga bahwa bahan semikonduktor organik bersifat *photoconductive* bila terkena cahaya tampak. Selain itu Sel surya dengan bahan organik relatif murah, mudah dibuat dan ramah lingkungan.

#### 2.1. Sel Surya

##### 2.1.1. Umum

Sel surya atau *Photovoltaic (PV) cell* adalah sebuah peralatan yang mengubah energi matahari menjadi listrik oleh efek fotovoltaik. *Photovoltaic* merupakan kajian bidang teknologi dan riset yang berhubungan dengan aplikasi sel surya sebagai energi surya. *Photovoltaic* berasal dari Bahasa Yunani yang merupakan kombinasi kata *light*, *photo*, dan *voltaic* dari nama Alessandro Volta (Pagliaro, 2008).

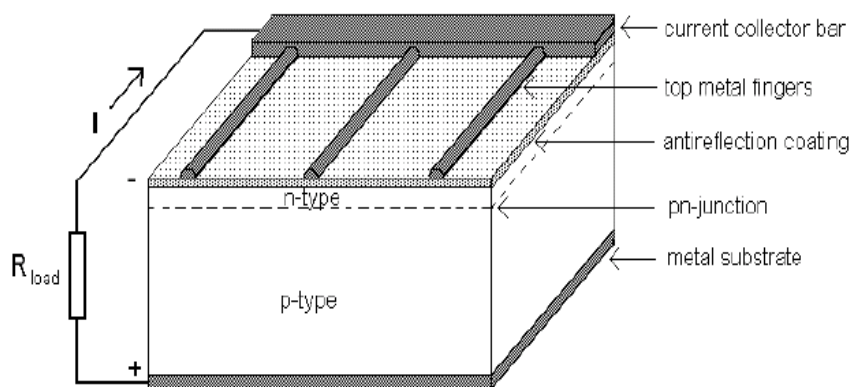
Sebagaimana telah diketahui bahwa cahaya tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu berperilaku sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut sebagai foton. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905. Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang dan frekuensi foton satu gelombang dirumuskan dengan persamaan

(2.1)

Dengan  $h$  adalah tetapan planks ( $6.62 \cdot 10^{-34}$  J.s) dan  $c$  adalah kecepatan cahaya vakum ( $3,00 \cdot 10^8$  m/s). Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa foton dapat dilihat sebagai partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu.

### 2.1.2. Prinsip kerja sel surya

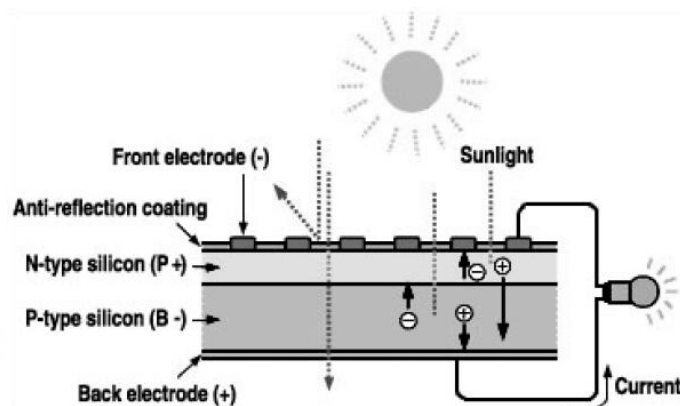
Prinsip kerja sel surya adalah berdasarkan konsep semikonduktor *p-n junction*. Sel terdiri dari lapisan semikonduktor *doping-n* dan *doping-p* yang membentuk sambungan (*junction*) *p-n*, lapisan antirefleksi, dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe-*n* (elektron) dan tipe-*p* (*hole*). Hal ini dapat dilihat pada struktur sel surya Gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Struktur sel surya silikon sambungan *p-n* (Halme, 2002)**

Semikonduktor tipe-*n* didapat dari silikon yang didoping unsur golongan V sehingga terdapat kelebihan elektron valensi. Pada sisi lain semikonduktor tipe-*p* diperoleh dengan *doping* unsur golongan III sehingga elektron valensinya defisit satu dibanding atom sekitar. Ketika dua tipe material tersebut mengalami kontak maka kelebihan elektron tipe-*n* berdifusi ke tipe-*p* sehingga area *doping-n* akan bermuatan positif sedangkan area *doping-p* akan bermuatan negatif. Medan elektrik yang terjadi antara keduanya mendorong elektron kembali ke daerah-*n* dan *hole* ke daerah-*p*. Pada

proses ini telah terbentuk sambungan  $p$ - $n$ . Dengan menambahkan kontak logam pada area  $p$  dan  $n$  maka telah terbentuk dioda.



**Gambar 2.2. Cara kerja sel surya silikon (Halme, 2002)**

Ketika sambungan disinari foton dengan energi yang sama atau lebih besar dari lebar pita energi material tersebut akan menyebabkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan *hole* pada pita valensi. Elektron dan *hole* ini dapat bergerak dalam materi sehingga menghasilkan pasangan elektron-*hole*. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal sel surya, maka elektron dari area- $n$  akan kembali ke area- $p$  sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir. Skema kerja sel surya silikon ditunjukkan pada Gambar 2.2.

## 2.2. DSSC (*Dye-Sensitized Solar Cell*)

### 2.2.1. Umum

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), sejak pertama kali ditemukan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC bahan disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon.

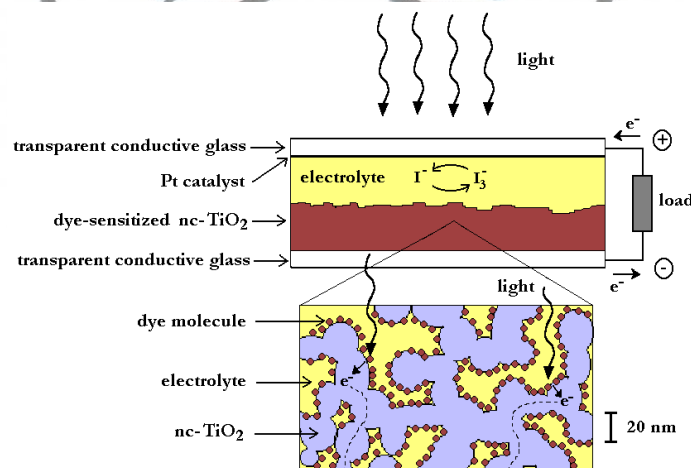
Penemuan Gratzel tersebut berhubungan dengan penerapan prinsip efisiensi kompleks ruthenium untuk mengaktifkan semikonduktor oksida, yang sangat sensitif di daerah cahaya tampak (*visible region*). DSSC terdiri dari sebuah elektrode kerja,



sebuah *counter electrode* dan sebuah elektrolit. Zat warna dari kompleks *ruthenium* melekat pada pori nanokristal dari film semikonduktor, misalnya  $\text{TiO}_2$  yang merupakan elektroda kerja. Sebuah kaca konduktif platina sebagai *counter electrode* dan larutan  $\text{I}_3^-/\text{I}^-$  sebagai elektrolit (Halme, 2002). DSSC atau Sel Gratzel ini sangat menjanjikan karena dibuat dengan material dengan biaya murah dan pembuatannya tidak membutuhkan peralatan yang rumit. Efisiensi DSSC dengan bahan organik terdiri dari ruthenium (II) polypyridyl complex seperti N3 dye mencapai 10% (Gratzel, 2003).

### 2.2.2. Prinsip Kerja DSSC

Pada susunan paling sederhana pada DSSC terdiri dari kaca konduktif transparan dilapisi dengan nanocrystalline  $\text{TiO}_2$  (nc- $\text{TiO}_2$ ), molekul *dye* berikat dengan permukaan nc- $\text{TiO}_2$ , sebuah electrolyte seperti  $\text{I}^-/\text{I}_3^-$ , dengan iluminasi pada sel mampu menghasilkan tegangan dan arus (Halme, 2002).



**Gambar 2.3. Struktur dan komponen DSSC (Halme, 2002)**

Absorpsi cahaya dari DSSC dilakukan oleh molekul *dye* dan separasi muatan oleh injeksi elektron dari *dye* pada  $\text{TiO}_2$  di permukaan elektrolit semikonduktor. Dengan struktur pori yang nano maka permukaan dari  $\text{TiO}_2$  menjadi luas sehingga memperbanyak *dye* yang terabsorpsi dan akan meningkatkan efisiensi Meskipun

*commit to user*



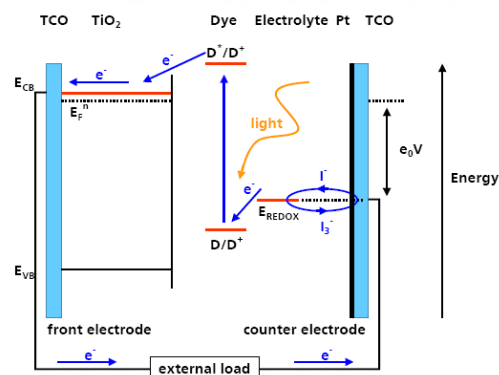
hanya selapis *dye*, dapat mengabsorbir kurang dari 1% dari cahaya yang datang (O'Regan dan Gratzel, 1991). Saat penyusunannya, molekul *dye* menjadi sebuah lapisan *dye* yang tebal. Lapisan tersebut mampu meningkatkan kemampuan optis DSSC. kontak langsung antara molekul *dye* dengan permukaan elektrode semikonduktor dapat memisahkan muatan dan berkontribusi pada pembangkit arus.

Prinsip kerja DSSC digambarkan dengan Gambar 2.4. Pada dasarnya prinsip kerja dari DSSC merupakan reaksi dari transfer elektron. Proses pertama dimulai dengan terjadinya eksitasi elektron pada molekul *dye* akibat absorpsi foton. Elektron tereksitasi dari ground state ( $D$ ) ke *excited state* ( $D^*$ ).

(2.2)

Elektron dari *excited state* kemudian langsung terinjeksi menuju *conduction band* ( $E_{CB}$ ) titania sehingga molekul *dye* teroksidasi ( $D^+$ ). Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya (ground state) dan mencegah penangkapan kembali elektron *dye* yang teroksidasi.

(2.3)



**Gambar 2.4. Skema Kerja dari DSSC (Sastrawan, 2006)**

Setelah mencapai elektrode TCO, elektron mengalir menuju counter-elektroda melalui rangkaian eksternal. Dengan adanya katalis pada cunter-elektroda, elektron

*commit to user*

diterima pada proses sebelumnya, berkombinasi dengan elektron membentuk iodide

(2.4)

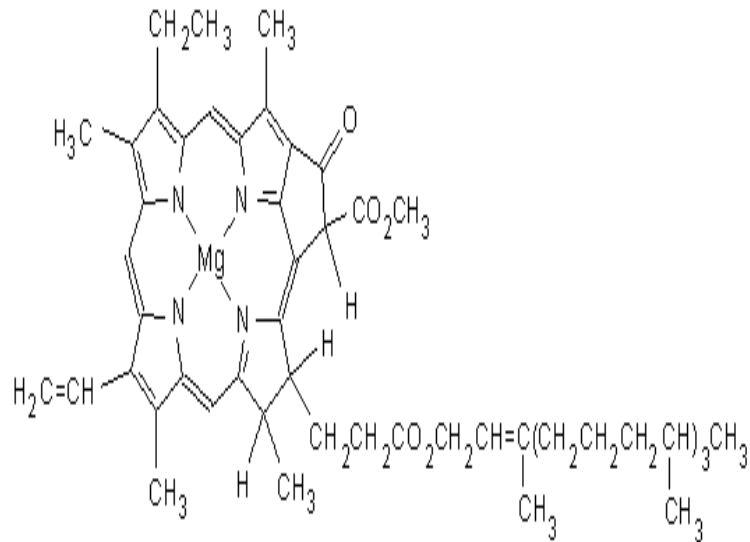
*Iodide* ini digunakan untuk mendonor elektron kepada *dye* yang teroksidasi, sehingga terbentuk suatu siklus transport elektron. Dengan siklus ini terjadi konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik.

### 2.3. Spirulina

*Spirulina* adalah sejenis tumbuhan air yang hanya memiliki satu sel dan tumbuh didalam air yang beralkali. Air yang beralkali memiliki PH lebih dari 8. *Spirulina* mengandung beberapa pigmen fotosintesis, yaitu klorofil a dan b, *xantofil*, *beta karoten*, *echinenone*, *mixoksantofil*, *zeaxanthin*, *canthaxanthin*, *diatoxantin*, *trihidroksi echinenone*, *beta-cryptoxantin*, *oscillaxanthin*, *diatoxanthin*, dan *phycobiliprotein c-phycocyanin* dan *allophycocyanin*. Pigmen fotosintesis yang mendominasi spirulina adalah klorofil a, klorofil b dan beta karoten. *Spirulina* memiliki kandungan klorofil lebih tinggi dibandingkan alfalfa yaitu sejenis legume yang paling kaya dengan klorofil, sekurang-kurangnya 4 kali lebih tinggi daripada sayur-sayuran biasa (Fikri, 2007).

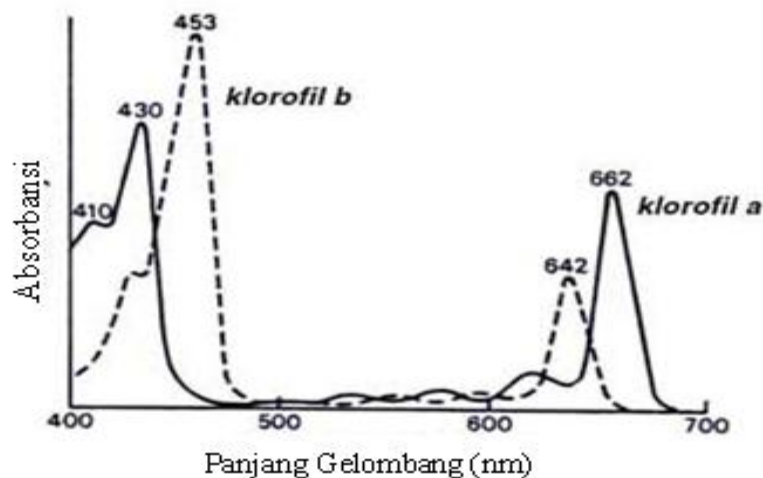
### 2.4. Klorofil

Klorofil adalah pigmen utama yang berfungsi menyerap cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia yang dibutuhkan dalam mereduksi karbondioksida menjadi karbohidrat dalam proses fotosintesis. Klorofil merupakan komponen yang menarik sebagai fotosensitizer pada daerah *visible* (Amoa dkk, 2003). Zat ini terdapat pada kloroplas dalam jumlah banyak serta mudah diekstraksi ke dalam pelarut aseton (Harborne, 1973). Klorofil memiliki struktur klorofil seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 mengandung satu inti porfirin dengan satu atom Mg yang terikat kuat ditengah, dan satu rantai dihidrokarbon panjang tergabung melalui gugus asam karboksilat.



**Gambar 2.5. Struktur molekuler klorofil (Shakhashiri, 2010)**

Secara kimia semua klorofil mengandung satu inti porfirin (tetrapirrol) dengan satu atom magnesium yang terikat kuat ditengahnya, dan satu rantai samping dihidrokarbon panjang (fitil) tergabung melalui gugus asam karboksilat. Di dalam tumbuhan sekurang-kurangnya terdapat lima jenis klorofil, semuanya berstruktur dasar sama tetapi menunjukkan bermacam-macam sifat sesuai dengan rantai samping yang terikat pada sebelah kanan atas inti porfirin. Klorofil a memiliki rantai samping dengan gugus metil dan klorofil b memiliki rantai samping dengan gugus aldehyd. Klorofil a terdapat b pada tumbuhan tingkat tinggi seperti paku-pakuan dan lumut. Klorofil c, d, dan e hanya ditemukan dalam alga. Klorofil lain secara khas terbatas hanya pada bakteri tertentu (Harbone, 1973).



**Gambar 2.6. Spektrum absorpsi klorofil (Anthony dan Michael, 2005)**

Pengubahan energi radiasi matahari (cahaya) menjadi energi kimia terjadi mula-mula karena eksitasi rangsangan elektron. Ini dapat diartikan secara sederhana dengan pemindah elektron dari orbit dasar (paling dekat dengan inti) ke orbit 1 atau 2 yang menjadi inti. Atom berada pada keadaan paling stabil bila elektron menempati shell (garis orbit) yang paling dekat dengan inti (keadaan energi paling kecil atau posisi dasar elektron). Karena garis orbit tempat mengorbitnya sangat definit, hanya gelombang cahaya dengan kandungan energi (kuanta atau foton) tertentu yang dapat menghasilkan transisi elektron. Kuantum cahaya yang memiliki energi yang lebih besar atau lebih rendah tidak efektif. Cahaya biru dan merah dari sinar matahari merupakan yang paling efektif menghasilkan transisi elektron. Hanya gelombang cahaya tertentu yang aktif dalam proses fotosintesis. Bagian radiasi yang aktif dalam fotosintesis yang dikenal dengan istilah *photosynthetic active radiation* (PAR) adalah cahaya nampak yang terletak pada panjang gelombang 400-700 nm ditunjukkan pada Gambar 2.6.

Klorofil adalah pigmen hijau daun yang terdapat pada setiap tumbuhan tingkat tinggi kecuali pada saporotof dan parasit. Klorofil tersebut berperan dalam proses penangkapan cahaya saat berlangsung fotosintesis yang dapat dilakukan oleh setiap

tumbuhan tingkat tinggi. Klorofil dapat dipisahkan (ekstraksi) dari tumbuhan atau daun dengan alkohol ataupun aseton.

#### 2.4.1 Kandungan Klorofil

Menentukan kandungan klorofil total sering kali diperlukan dalam analisis tumbuhan. Ekstak dari jaringan segar lebih baik segera dilakukan pengujian atau dilakukan karakterisasi material. Agar tidak cepat mengalami degradasi atau kerusakan, klorofil ditambahkan atau pada suhu -20 sampai 30 dan larutan klorofil diletakkan pada cahaya suram.

Pengukuran klorofil-a dan klorofil-b dapat dilakukan dengan menentukan serapan langsung pada berbagai panjang gelombang. Nilai serapan larutan pada tiap panjang gelombang dapat diukur memakai *spektrofotometer* 1601 PC. Adapun untuk mengetahui kandungan konsentrasi klorofil menggunakan persamaan (Porra dkk, 1989 )

Chl-a =

Chl-b= .....(2.5)

#### 2.5. Karakterisasi Sifat Optik

Apabila seberkas cahaya mengenai permukaan bahan, maka dengan menganggap sebagai gelombang cahaya mengalami fenomena absorbansi, transmitansi dan refleksi. Ketiga besaran ini merupakan respon material terhadap cahaya. Salah satu peralatan yang digunakan untuk karakteristik ini adalah UV-Vis. Material dengan karakteristik absorbansi yang tinggi adalah sesuai untuk aplikasi sel surya. Oleh karena itu dengan mengetahui karakteristik absorbansi , maka peluang aplikasi material sebagai bahan dasar sel surya dapat dikonfirmasi.

### 2.5.1. Absorbansi

Absorbansi terjadi pada saat foton bertumbukan langsung dengan atom-atom pada material dan kehilangan energi pada elektron atom. Foton mengalami perlambatan bahkan berhenti saat masuk pada material. Energi foton yang diserap oleh atom/molekul digunakan oleh elektron di dalam atom molekul tersebut untuk bertransisi ke tingkat energi elektronik yang lebih tinggi. Absorbansi menyatakan besarnya cahaya yang diserap dari total cahaya yang disinarkan. Pada peristiwa absorpsi bahan semikonduktor, elektron menyerap foton (dari cahaya) dan melompat dari pita valensi ke pita konduksi.

Jadi absorpsi cahaya merupakan interaksi antara gelombang cahaya (foton) dengan atom/molekul. Energi yang diserap oleh atom/molekul dan digunakan oleh elektron di dalam atom/molekul tersebut untuk bertransisi ke tingkat energi elektronik yang lebih tinggi. Absorpsi hanya terjadi jika selisih kedua tingkat energi elektronik tersebut ( $\Delta E = E_2 - E_1$ ) bersesuaian dengan energi foton yang datang ( $\Delta E = E_{\text{foton}}$ ).

Hukum Lambert-Beer berasal dari hukum Lambert yang menyatakan bahwa sinar yang melewati bahan akan berkurang secara eksponensial terhadap panjang lintasan. Hukum Lambert dinyatakan pada persamaan :

$$I = I_0 e^{-\alpha'lc} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan  $I$  merupakan intensitas setelah melewati bahan,  $I_0$  adalah intensitas mula-mula,  $\alpha'$  adalah koefisien serapan dan  $l$  adalah panjang lintasan yang harus dilewati cahaya dan  $c$  adalah konsentrasi molekul penyerap.

Absorbansi merupakan logaritma kebalikan transmitansi sehingga tidak memiliki satuan, Absorbansi (A) suatu larutan dituliskan dalam persamaan :



$$A = -\log_{10} (T) = -\log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan  $A$  adalah absorbansi,  $T$  adalah transmitansi,  $I_0$  adalah berkas cahaya datang ( $W.m^{-2}$ ), dan  $I$  adalah berkas cahaya keluar ( $W.m^{-2}$ ).

Dari persamaan ( 2.6 ) dan ( 2.7 ) diperoleh:

$$-\ln \dots\dots\dots (2.8)$$

Sehingga  $\alpha$  dapat juga dinyatakan dalam:

$$\alpha = -\ln \dots\dots\dots (2.9)$$

**2.6.Karakterisasi Sifat Listrik**

Secara ideal, konduktor merupakan bahan dengan muatan listrik dapat bergerak bebas, karena terdapat banyak elektron di pita konduksi sehingga nilai konduktivitas tinggi. Hubungan konduktivitas dengan resistivitas ditunjukkan dengan persamaan 2.10 (Freedman dan Young, 1999). Besarnya nilai resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas.

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan  $\sigma$  merupakan konduktivitas ( $\Omega m$ )<sup>-1</sup> dan  $\rho$  adalah resistivitas ( $\Omega m$ ).

Bila sebuah konduktor diberi beda potensial sebesar  $V$  maka akan menghasilkan Medan listrik  $E$  dan muatan akan bergerak sebagai rapat arus  $J$  disepanjang permukaan konduktor tersebut, Secara matematik besar rapat arus adalah:

$$J = \sigma \cdot E \dots\dots\dots (2.11)$$



Dengan  $J$  adalah rapat arus yang menunjukkan besarnya aliran muatan ( $I$ ) pada suatu konduktor persatuan luas ( $A$ ), dan dinyatakan dengan persamaan :

$$J = \frac{I}{A} \dots\dots\dots (2.12)$$

Nilai medan listrik  $E$  pada konduktor tersebut apabila diberi tegangan  $V$  adalah :

$$E = \frac{V}{l} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan  $l$  merupakan panjang penampang (m).

Dari persamaan ( 2.10 ), ( 2.11 ), dan ( 2.13 ) diperoleh :

$$J = \frac{V}{\rho.l} \dots\dots\dots (2.14)$$

Nilai tahanan  $R$  dari suatu konduktor :

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dari persamaan ( 2.12 ) dan ( 2.15 ) diperoleh :

$$\frac{V}{I} = \frac{\rho.l}{A} \dots\dots\dots (2.16)$$

Sehingga resistansi dapat juga dinyatakan dalam :

$$R = \frac{\rho.l}{A} \dots\dots\dots (2.17)$$

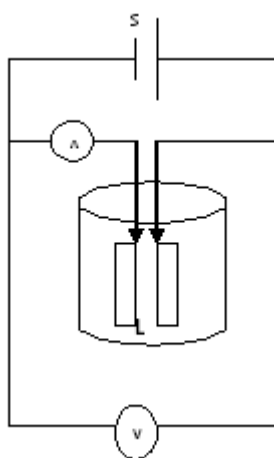
Nilai resistansi berbanding lurus terhadap resistivitas bahan dan panjang resistor berbanding terbalik dengan luas penampang yang tegak lurus arah aliran arus.

Persamaan (2.10) menunjukkan bahwa resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas. Dengan konduktivitas kecil maka larutan itu lebih bersifat resistan (penghambat listrik) dan sebaliknya bila konduktivitas suatu bahan itu besar maka

resistansi bahan tersebut akan kecil. Dari persamaan (2.17) juga dapat ditunjukkan bahwa resistansi sebanding dengan resistivitas bahan, yaitu semakin besar resistansi suatu bahan maka resistivitasnya makin besar dan juga sebaliknya.

Besarnya nilai resistansi dari suatu bahan dapat diukur menggunakan metode *two point probe*. Pada metode ini terdapat dua probe, yaitu satu probe arus dan satu probe tegangan yakni probe pertama berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dan probe yang lain untuk mengukur tegangan listrik ketika probe-probe tersebut dikenakan pada sampel.

Dari variasi perubahan tegangan yang diberikan, akan diperoleh perubahan arus yang diukur sehingga besarnya resistansi berdasarkan nilai tegangan dan arusnya. Nilai resistansi sangat dipengaruhi oleh elektroda. Resistansi yang terukur merupakan resistansi total antara resistansi larutan klorofil dan resistansi elektroda. Secara sederhana pengukuran resistansi dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Skema pengukuran resistansi larutan klorofil**

Dengan *A* merupakan amperemeter yang digunakan untuk mengukur besarnya arus yang mengalir melalui larutan klorofil, *V* merupakan voltmeter yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan, *L* adalah jarak antar elektroda dan *S* adalah sebagai sumber tegangan.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material Jurusan Fisika dan Laboratorium Pusat Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penelitian dimulai dari bulan Juni 2010 sampai Agustus 2010. Pengukuran nilai absorbansi dilaksanakan di Laboratorium Pusat jurusan Biologi MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta, sedangkan uji *I-V* gelap terang dilaksanakan di Laboratorium Pusat jurusan Fisika MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.

#### 3.2. Alat dan Bahan

##### 3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

##### 3.2.1.1 Isolasi dye

##### 3.2.1.1.1. Ekstraksi

1. Tabung erlenmeyer kapasitas 250 ml	3 buah
2. Corong kaca pyrex	2 buah
3. Neraca digital	1 buah
4. <i>Vortex stirrer</i> dengan pengaduk magnetik	1 buah
5. Gelas ukur kapasitas 10 ml	4 buah
6. Gelas ukur kapasitas 50 ml	2 buah
7. Pipet tetes	10 buah

##### 3.2.1.1.2 Kromatografi

1. kolom kromatografi	1 set
2. Gelas bekker	4 buah

### 3.2.1.2 Karakterisasi Optik dan Listrik

#### 3.2.1.2.1. Karakterisasi optik

Untuk mengukur absorbansi larutan ekstraksi *Spirulina sp* sesudah maupun sebelum pemurnian digunakan Spectrophotometer UV-Visible Shimadzu 1601 PC.

#### 3.2.1.2.2. Karakterisasi listrik

- |   |            |
|---|------------|
| 1. Multimeter digital dengan ketelitian 0,1 | 1 buah     |
| 2. <i>Illuminator</i> sebagai sumber cahaya | 1 buah     |
| 3. <i>Luxmeter</i>                          | 1 buah     |
| 4. Kabel penghubung                         | secukupnya |

### 3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:

#### 3.2.2.1. Isolasi *dye*

##### 3.2.2.1.1. Ekstraksi

- |   |            |
|---|------------|
| 1. <i>Spirulina sp</i> kering                   | 200 gr     |
| 2. Aseton, sebagai pelarut pigmen klorofil daun | 2,5 L      |
| 3. Kertas saring merk <i>whatman</i> no.42      | 1 kotak    |
| 4. Tissue sebagai bahan pembersih.              | secukupnya |

##### 3.2.2.1.2. Kromatografi

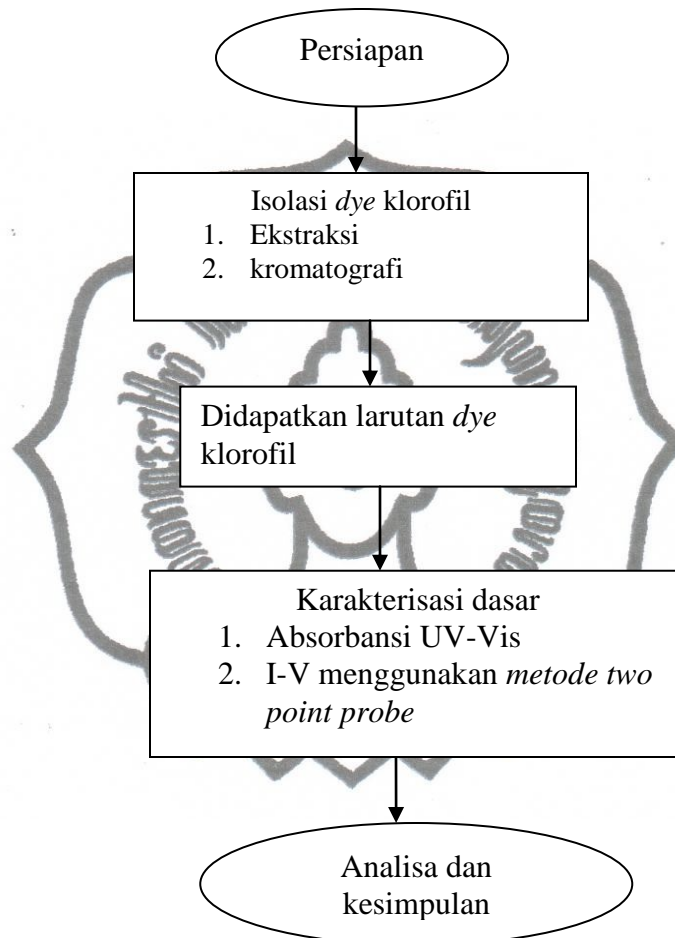
- |                |         |
|----------------|---------|
| 1. N-Hexsan    | 3 Liter |
| 2. Etyl Asetat | 1 Liter |
| 3. Silica gel  | 60 gr   |

#### 3.2.2.2. Karakterisasi listrik

Aluminium dengan ketebalan 0,1 mm sebagai elektroda.

### 3.3. Diagram Penelitian

Secara umum alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1. Diagram alir penelitian**

### 3.3.2. Persiapan

Persiapan ini meliputi persiapan dan pembersihan alat-alat untuk ekstraksi maupun kromatografi. Proses persiapan untuk ekstraksi dilakukan dengan pembersihan alat berupa mortar, Tabung Erlenmeyer, serta corong. Proses persiapan kromatografi yakni menyiapkan alat berupa kolom kromatografi. Alat-alat tersebut dibersihkan dengan metanol.

Selain proses persiapan ekstraksi dan kromatografi dilakukan pula pembersihan botol-botol kaca dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. Dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* botol kaca terbebas dari material-material yang tidak mampu dibersihkan dengan air saja. Botol Kaca yang bersih mempengaruhi hasil pengujian dari sampel yang akan dimasukkan kedalam botol kaca.



**Gambar 3.2. Gambar botol-botol kaca**



### 3.3.3. Isolasi Dye Klorofil

#### 3.3.3.1. Ekstraksi Spirulina

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan komponen yang diinginkan dari penyusun-penyusun lain dalam suatu campuran berdasarkan pada perbedaan kelarutan komponen tersebut terhadap pelarut yang digunakan. Pelarut heksana, eter, petroleum eter dan kloroform untuk mengambil senyawa yang kepolaranya rendah. Pelarut yang lebih polar seperti alkohol dan etil asetat untuk mengambil senyawa yang lebih polar (Harbone, 1973). Ekstraksi pada dasarnya dibagi menjadi dua bagian yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi padat-cair. Ekstraksi cair-cair biasanya digunakan untuk memisahkan senyawa yang terkandung dalam bahan cair. Ekstraksi padat-cair biasanya digunakan untuk memisahkan senyawa-senyawa hasil alam padat dengan menggunakan pelarut tertentu sesuai dengan senyawa yang dipisahkan. Pemisahan pelarut berdasarkan kaidah *like dissolved like* yang berarti suatu senyawa polar akan larut dalam pelarut non polar (Sastrohamidjojo, 1991).

Pelarut yang baik tidak mudah bereaksi dengan komponen yang akan diisolasi. Pelarut-pelarut yang digunakan untuk ekstraksi harus memenuhi persyaratan antara lain (Harborne, 1973):

1. Inert atau tidak dapat bereaksi dengan komponen-komponen yang akan diisolasi.
2. Selektif yaitu hanya mengisolasi atau melarutkan zat-zat yang diinginkan
3. Mempunyai titik didih rendah sehingga mudah diuapkan pada temperatur yang rendah.

Ekstraksi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Larutan aseton disiapkan dengan gelas ukur.
2. *Spirulina sp* kering ditimbang dengan neraca digital.
3. *Spirulina sp* yang sudah ditimbang kemudian dihaluskan dengan mortar.



4. *Spirulina sp* yang sudah halus dilarutkan dengan aseton ke dalam tabung erlenmeyer dalam pencampuran menggunakan perbandingan 100 gr *Spirulina sp* dicampur dengan 200 ml aseton.
5. Larutan ekstrak tersebut kemudian diaduk menggunakan pengaduk *vortex stirrer* pada kecepatan 100 rpm sampai semua *Spirulina sp* larut.
6. Larutan disaring dengan kertas saring Merk Whatman no. 42 supaya sisa *Spirulina sp* tertinggal.

### 3.3.3.2. Kromatografi

Kromatografi pada dasarnya adalah pemisahan komponen-komponen dalam sampel dengan cara mengalirkan sampel melewati suatu kolom, sampel dalam hal ini dibawa carrier atau fase gerak. Sedangkan kolom berisi suatu bahan yang disebut fase diam yang berfungsi memisah-misahkan komponen sampel. Ada komponen yang ditahan lebih lemah akan keluar dari kolom lebih dulu dan yang ditahan lebih kuat akan keluar lebih akhir (Harbone, 1973). Sebagai fase gerak dalam penelitian ini adalah klorofil yang dimurnikan dan sebagai fase diam adalah silica gel. Proses kromatografi ditunjukkan pada Gambar 3.3.

Langkah langkah kromatografi sebagai berikut :

1. Menyiapkan Kolom kromatografi, pastikan kolom dalam keadaan bersih dan posisi kran dalam keadaan off jadi tidak bocor saat diisi cairan, lalu kolom kromatografi dipasang dengan statif.
2. Silica gel dicampur dengan pelarut N-Heksan
3. Silica gel yang sudah dicampur dengan N-heksan dimasukkan sedikit demi sedikit kedalam kolom kromatografi.
4. Larutan klorofil kemudian dituangkan dalam kolom kromatografi yaitu berada Diatas silica gel yang sudah dimasukkan kedalam kolom kromatografi.
5. Larutan N-Hexsan di campur dengan etyl asetat untuk mempercepat proses pemurnian larutan spirulina, lalu dituangkan kedalam kolom kromatografi sedikit demi sedikit sampai klorofil turun.

6. Masing-masing sampel warna ditandai dengan SP<sub>1</sub> yang merupakan larutan dengan warna hijau pekat yang turun pertama kali, SP<sub>2</sub> merupakan cairan berikutnya yang didapatkan pada proses penetesannya saat kromatografi ditandai dengan SP<sub>2</sub>, sampel ketiga memiliki warna hijau sangat muda ditandai dengan SP<sub>3</sub>.
7. Klorofil yang terpisah-pisah menjadi beberapa sampel ditampung dalam wadah yang berbeda. Kandungan klorofil larutan tersebut diukur dengan absorbansinya dengan *Spectrometer UV-VIS Shimadzu 1601 PC*.



**Gambar 3.3. Kolom kromatografi dan statif**

### 3.3.4. Karakterisasi *Dye* klorofil

#### 3.3.4.1. Karakteristik absorbansi klorofil larutan *spirulina sp*

Hasil kromatografi dalam bentuk larutan diuji absorbansinya dengan Spektrometer UV-Vis. Spektrometer UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 3.4. Pengujian larutan klorofil dilakukan untuk mengetahui kemampuan absorbansi pada setiap sampel yang dihasilkan dari proses isolasi klorofil.

Semua sampel diuji untuk mengetahui spektrum masing-masing sampel. Larutan dimasukkan pada kuvet hingga kuvet terisi minimal tiga perempat dari kuvet. Perbandingan sampel adalah aseton, aseton merupakan pelarut saat dibuat ekstrak klorofil. Hasil absorbansi dari semua sampel kemudian dibandingkan dengan klorofil dengan perbedaan konsentrasi kekentalan yaitu dengan pencampuran sebanyak 1 gram hasil kromatografi dilarutkan dengan aseton sebanyak 25 ml sebagai larutan standar. Dari larutan standar tersebut dilarutkan lagi dengan aseton untuk variasi konsentrasi, 1 ml larutan standar dicampur 10 ml aseton, 15 ml aseton, 20 ml aseton dan 2 ml larutan standar dicampur dengan 10 ml aseton, 15 ml aseton, 20 ml aseton.

Setelah didapatkan larutan klorofil *spirulina* dengan variasi kekentalan larutan, larutan *Spirulina sp* diuji absorbansinya dengan Spektrometer UV-Visible Shimadzu 1601 PC. Langkah awal melakukan UV-Vis yaitu menghidupkan mesin *Spectrometer UV-Visible* Shimadzu 1601 PC dan komputer dengan cara menekan tombol *On* pada mesin. Pada program dipilih parameter *abs* yang artinya absorbansi. Sebelum melakukan proses pengukuran absorbansi dilakukan *baseline* terlebih dahulu. *Baseline* saat pengukuran larutan dilakukan dengan meletakkan kuvet berisi aseton. *Baseline* dilakukan pada panjang gelombang 300 – 800 nm, lebar celah 1,0 dan interval sampling 1,0 Setelah *baseline* selesai Kemudian mengganti salah satu kuvet yang telah berisi aseton dengan larutan klorofil. Lalu dilakukan pengukuran larutan klorofil *Spirulina sp* dari semua sampel.



**Gambar 3.4. Spectrometer UV-Visible Shimadzu 1601 PC dan computer**

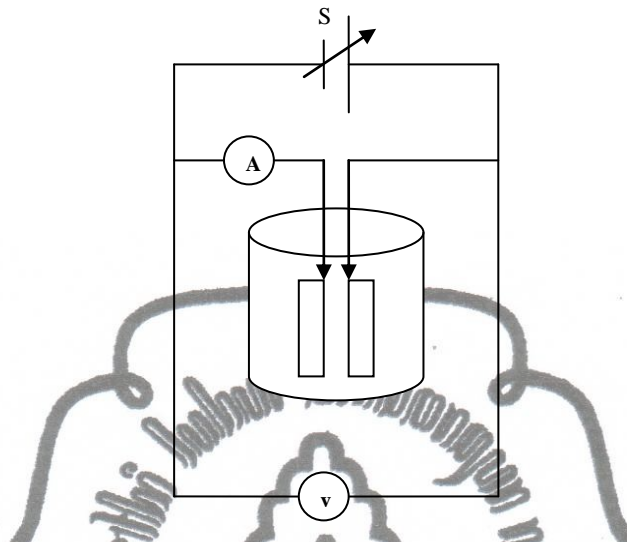
#### **3.3.4.2. Karakteristik *I-V* Larutan Klorofil**

Pengukuran karakteristik *I-V* larutan dapat dilakukan dengan mengalirkan arus pada dua elektroda. Kedua elektroda tersebut dicelupkan ke dalam larutan klorofil sehingga jika sumber tegangan dihidupkan, arus akan mengalir pada larutan tersebut. Pengukuran resistansi larutan klorofil dilakukan dengan menggunakan metode dua titik (*two point probe*).

Berdasarkan hukum ohm, nilai resistansi bergantung pada kuat arus yang terukur melalui Amperemeter dan tegangan yang terukur oleh Voltmeter. Hukum ohm dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = IR$$

Dengan  $R$  merupakan resistansi dalam  $\Omega$ ,  $V$  adalah tegangan dalam volt dan  $I$  adalah arus listrik yang mengalir dalam ampere (A). Skema pengukuran ditunjukkan pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5. Skema pengukuran karakteristik  $I$ - $V$  larutan klorofil**

Dalam metode ini digunakan sumber tegangan merk *Keithley* 6517 A dalam rangkaian dengan tahapan sebagai berikut:

- Merangkai alat percobaan sesuai dengan skema diatas.
- Menyalakan sumber tegangan kemudian mengatur arus dalam satuan  $\mu\text{A}$ .
- Menekan tombol *operate* pada sumber tegangan merk *Keithley* 6517 A.
- Menaikkan tegangan sumber sekaligus mencatat arus yang terukur dan tegangan yang terukur pada multimeter.

Amperemeter disimbolkan dengan A yang digunakan untuk mengukur besarnya arus yang mengalir melalui larutan klorofil dirangkai secara seri, V merupakan voltmeter yang dirangkai secara paralel digunakan untuk mengukur besarnya tegangan dan S adalah sumber arus.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian terhadap karakterisasi sifat optik dan listrik klorofil telah dilakukan dengan bahan *spirulina sp* yang telah dilarutkan dalam aseton. Penelitian ini meliputi isolasi *dye* klorofil, pengujian karakteristik sifat optik pada *dye* klorofil, serta pengujian karakteristik sifat listrik *dye* klorofil. Isolasi klorofil *spirulina sp* dengan ekstraksi dan dilanjutkan kromatografi. Karakterisasi sifat optik ini dilakukan di Sub Lab Biologi Laboratorium Pusat Universitas Sebelas Maret Surakarta dengan menggunakan *UV-Visible Spectrophotometer*. Dari pengukuran sifat optik ini diperoleh nilai absorbansi dari tiap panjang gelombang sehingga dapat diketahui nilai absorbansi maksimum dari masing-masing sampel. Sedangkan pengukuran karakterisasi listrik berupa uji *I-V* menggunakan *metode two point probe* dilakukan di Sub Lab Fisika.

#### 4.1. Isolasi Dye Klorofil

Pada penelitian ini telah dilakukan isolasi *dye* klorofil *spirulina sp*. Proses isolasi terdiri dari ekstraksi klorofil *spirulina sp* dari alam kemudian dilakukan proses kromatografi.



Gambar 4.1 Sampel *spirulina sp*  
*commit to user*



Tahap selanjutnya adalah pembuatan larutan ekstraks *Spirulina sp.* Sebagai pelarut adalah Aseton karena memiliki sifat polar, yaitu aseton tidak dapat bereaksi dengan komponen-komponen lainnya yang diisolasi. Aseton juga lebih selektif yaitu hanya mengisolasi atau melarutkan zat-zat yang diinginkan dan mempunyai titik didih rendah.

Larutan yang telah didapatkan dari hasil ekstraksi kemudian dilanjutkan proses kromatografi. Hasil kromatografi dari penelitian ini didapatkan 3 larutan dye dengan fraksi klorofil terlarut ditunjukkan pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2. Perbedaan warna hasil proses kromatografi**

Gambar 4.2 memperlihatkan larutan dye dengan fraksi klorofil terlarut yang diperoleh sesaat setelah proses kromatografi dilakukan ( $Sp_1$ ). Secara fisis larutan ini berwarna hijau tua, fraksi berikutnya yaitu berwarna lebih cerah dari fraksi pertama (hijau muda) disebut  $Sp_2$ , dan akhirnya fraksi ketiga yang dihasilkan dari kromatografi adalah hijau bening dinyatakan dengan  $Sp_3$ .

Selanjutnya sampel hasil kromatografi tersebut diuapkan sehingga berbentuk padatan. Untuk keperluan pengujian sampel klorofil sebagai bahan aktif pada DSSC, maka hasil padatan dapat dilarutkan dengan aseton untuk beragam variasi

Dari bentuk padatan tersebut masing-masing sampel sebanyak 1 gram dilarutkan dengan aseton sebanyak 25 ml sebagai larutan standar. Dari larutan standar tersebut dilarutkan lagi dengan aseton untuk variasi konsentrasi seperti pada tabel 4.1

**Tabel 4.1 Perbandingan konsentrasi sampel *Spirulina sp.***

Konsentrasi	Larutan standar (ml)	Aseton (ml)
1:10	1	10
1:15	1	15
1:20	1	20
2:10	2	10
2:15	2	15
2:20	2	20

Pada tabel 4.1 menjelaskan bahwa konsentrasi 1: 10 artinya 1 ml sampel standar dilarutkan dengan 10 ml aseton, 1: 15 artinya 1 ml sampel standar dilarutkan dengan 15 ml aseton, 1: 20 artinya 1 ml sampel standar dilarutkan dengan 20 ml aseton, 2: 10 artinya 2 ml sampel standar dilarutkan dengan 10 ml aseton, 2: 15 artinya 2 ml sampel standar dilarutkan dengan 15 ml aseton dan 2: 20 artinya 2 ml sampel standar dilarutkan dengan 20 ml aseton .

## 4.2. Sifat Optik *Dye*

### 4.2.1. Absorbansi larutan *dye* klorofil *Spirulina sp*

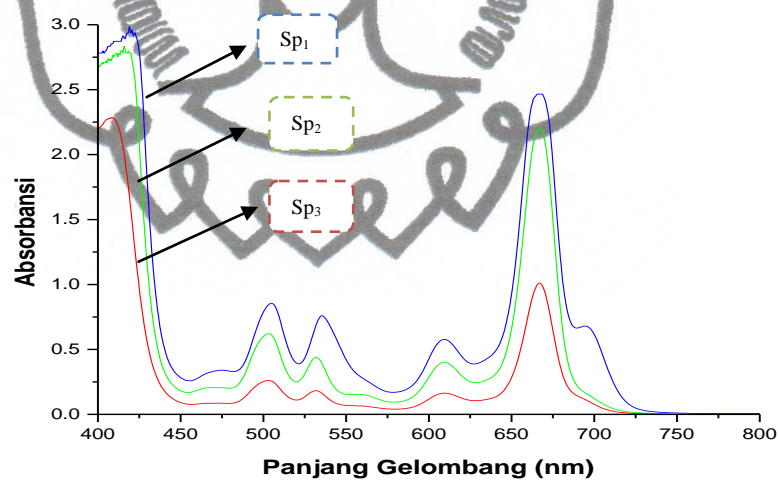
Absorbansi merupakan kuantitas yang menyatakan kemampuan bahan dalam menyerap cahaya. Senyawa organik mampu mengabsorpsi cahaya sebab senyawa organik mengandung elektron valensi yang dapat dieksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Salah satu senyawa organik tersebut adalah klorofil.

Karakteristik absorbansi klorofil dalam mengabsorpsi ini menjadi hal yang penting dalam pemanfaatannya, yaitu sebagai *dye* pada sistem DSSC. Oleh karena itu perlu dilakukan uji absorbansi hasil isolasi klorofil *Spirulina sp.*

Dengan mengetahui karakteristik absorbansi klorofil *Spirulina sp*, maka fungsional klorofil *dye* pada sistem DSSC dapat dikonfirmasi.

Setelah diperoleh hasil isolasi klorofil dalam tiga sampel maka klorofil diuji dengan *Spectrometer UV-Vis* pada panjang gelombang 300-800 nm. Pada rentang panjang gelombang tersebut, klorofil secara alami efektif menyerap cahaya pada panjang gelombang saat berlangsungnya proses fotosintesis. Hasil absorbansi ketiga sampel klorofil hasil isolasi *Spirulina sp* ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Proses pengujian absorbansi *dye* klorofil pada tiga warna diawali dengan proses *baseline* pada spektrometer. Proses ini bertujuan untuk mengurangi pengaruh aseton sebagai pelarut pada ekstrak *Spirulina sp* sehingga hanya spektrum absorpsi dari zat terlarut saja yang terukur. Selanjutnya setelah proses *baseline*, dilakukan pengujian absorpsi *dye* klorofil *Spirulina sp*.



**Gambar 4.3. Grafik absorbansi larutan klorofil *spirulina sp* untuk 3 variasi sampel yaitu Sp<sub>1</sub> (a), Sp<sub>2</sub> (b), Sp<sub>3</sub> (c).**

Gambar 4.3 memperlihatkan grafik absorbansi sampel larutan *Spirulina sp* pada semua sampel sebagai fungsi dari panjang gelombang yang diukur dari panjang gelombang 300 nm Hingga 700 nm. Teramati dengan jelas karakteristik dua puncak absorbansi hasil eksperimen yang konsisten dengan spektrum absorbansi klorofil standar seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.

Hasil pengujian tersebut memperlihatkan bahwa puncak pertama absorpsi pada  $Sp_1$ ,  $Sp_2$  dan  $Sp_3$  terjadi pada rentang panjang gelombang yang sama yakni 450-500 nm dan puncak kedua pada panjang 650-700 nm. Nilai puncak absorpsi pada setiap warna larutan klorofil ditampilkan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2. Nilai puncak absorpsi larutan klorofil**

Sampel	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi (Abs)
SP <sub>1</sub>	415	2,9138
	664	2,4434
SP <sub>2</sub>	411	2,7682
	664	2,1316
SP <sub>3</sub>	401	2,2101
	664	0,9587

Pada gambar 4.3 dan tabel 4.2 diatas teramati dengan jelas puncak absorpsi. SP<sub>1</sub> diserap pada  $\lambda=415$  nm dengan nilai absorpsi 2,9138 Abs dan  $\lambda= 664$  nm dengan absorpsi 2,4434 Abs. SP<sub>2</sub> diserap pada panjang gelombang  $\lambda= 411$  dengan nilai absorpsi 2,7682 Abs dan  $\lambda=664$  nm dengan absorpsi 2,1316 Abs. Sedangkan SP<sub>3</sub> diserap pada panjang gelombang  $\lambda=401$  nm dengan absorpsi 2,2101 Abs dan  $\lambda= 664$  nm dengan nilai absorpsi 0,9587 Abs. Selain 2 puncak tersebut terdapat puncak-puncak lain yang belum diketahui materialnya yaitu pada  $\lambda= 501$  nm,  $\lambda=532$  nm dan  $\lambda =603$  nm. Keseluruhan tipikal puncak absorpsi sampel tersebut melemah dari SP<sub>1</sub> hingga SP<sub>3</sub>.

Pada SP<sub>3</sub> terjadi puncak absorpsi lebih rendah dari pada SP<sub>1</sub> dan SP<sub>2</sub>. Pada sampel ini menunjukkan kemampuan absorpsi yang lebih rendah dibanding SP<sub>1</sub> dan SP<sub>2</sub>. Penurunan Kemampuan absorpsi pada sampel ini dikarenakan kadar klorofil SP<sub>3</sub> lebih rendah dibanding SP<sub>1</sub> dan SP<sub>2</sub>. Meskipun kemampuan mengabsorbsinya rendah namun pada sampel ini muncul konsistensi yakni dua puncak pada spektrum absorpsinya.

#### 4.2.2. Kandungan Klorofil *Spirulina sp*

Molekul-molekul klorofil adalah bagian aktif yang menyerap cahaya matahari. Tingkat energi cahaya tampak sesuai dengan tingkat energi yang diperlukan untuk mengaktifkan molekul pigmen. Cahaya matahari diserap oleh molekul-molekul klorofil dalam bentuk energi foton yang digunakan oleh elektron-elektron untuk bertransisi ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Cahaya yang datang akan digunakan untuk membawa elektron sehingga terjadi proses eksitasi elektron-elektron ke tingkat yang lebih tinggi. Semakin banyak cahaya yang diserap maka semakin banyak aliran elektron. Semakin banyak elektron-elektron yang tereksitasi berarti kemampuan menghasilkan listriknya semakin baik sehingga material yang memiliki kandungan klorofil terbanyak akan mampu menyerap foton cahaya secara maksimal dan menghasilkan listrik secara maksimal pula.

Secara teori susunan klorofil secara umum bukan disusun oleh molekul tunggal melainkan terdiri dari klorofil-a, klorofil-b, dan betakarotin. Klorofil-a sebagai pigmen utama yang paling banyak jumlahnya dan satu-satunya molekul klorofil yang berperan dalam fotosintesis, sedangkan klorofil-b dan betakarotin sebagai pigmen pelengkap. Dari perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.5) serta hasil kurva absorbansi maka diperoleh nilai kandungan klorofil ( g/ml) masing-masing sampel secara kuantitatif dapat diprediksi pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3 kandungan klorofil masing-masing sampel *Spirulina sp*.**

Sampel	Klorofil a ( g/ml)	Klorofil b ( g/ml)
Sp 1	28,09	1,96
Sp 2	24,58	0,83
Sp 3	10,79	0,51

Teramati dengan jelas bahwa tinggi puncak absorbansi berkorelasi langsung dengan kandungan klorofil yang terlarut. Hal ini teramati pada Tabel 4.3 di atas , Untuk SP<sub>1</sub> diperoleh klorofil-a sebesar: 28,09 g/ml dan klorofil-b =1,96



g/ml, Sedangkan SP<sub>2</sub> diperoleh klorofil-a sebesar: 24,58 g/ml dan klorofil-b = 0,83 g/ml, Dan akhirnya SP<sub>3</sub> kandungan klorofil-a yg diperoleh sebesar 10,79 g/ml dan klorofil-b =0,51 g/ml.

Nilai absorbansi molekul klorofil akan mempengaruhi Jumlah kandungan klorofil masing-masing sampel. Dari tabel 4.3 di atas dapat diketahui bahwa SP<sub>1</sub> memiliki kandungan klorofil yang paling banyak sehingga SP<sub>1</sub> memiliki kemampuan menyerap energi foton lebih baik daripada SP<sub>2</sub> dan SP<sub>3</sub>. Sampel yang memiliki kandungan klorofil optimum berarti memiliki jumlah molekul penyerap foton maksimal. Energi foton tersebut dapat dikonversi menjadi energi elektrik pada aplikasi sel surya. Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis kurva absorbansi yang diperoleh maka dapat diungkapkan bahwa SP<sub>2</sub> adalah sampel yang terbaik pada isolasi ini terkait dengan spektrum serapan tunggal pada panjang gelombang 664 nm.

#### 4.3. Karakterisasi I-V Larutan Klorofil *Spirulina sp*

Untuk mengkonfirmasi kinerja larutan klorofil sebagai bahan aktif DSSC, maka dilakukan pengukuran karakteristik I-V sampel. Ini untuk melihat respon sensitizer larutan yang terungkap dari konduktivitas bahan.

Konduktivitas listrik suatu larutan bergantung pada konsentrasi, jenis, dan pergerakan ion di dalam larutan. Ion yang mudah bergerak memiliki konduktivitas listrik yang besar. Aseton merupakan pelarut semi polar dan klorofil merupakan molekul polar sehingga kepolaran sampel tersebut berkontribusi terhadap nilai konduktivitas listrik klorofil.

Klorofil hasil isolasi ini digunakan sebagai *dye* pada sistem DSSC sehingga harus mampu mengalirkan listrik dan memiliki perbedaan pada kondisi gelap dan terang.

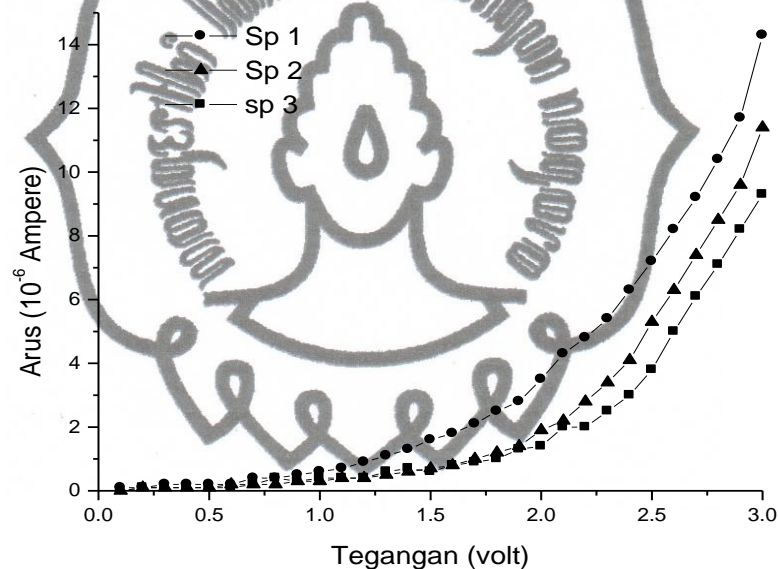
Pengukuran *I-V* dilakukan pada dua kondisi berbeda yaitu kondisi terang dan kondisi gelap dengan metode *two point probe*, Sebagai sumber tegangan di pakai *Keithley 6517 A*. Pengukuran pada kondisi gelap dilakukan di ruang gelap dengan mengisolasi ruang dari cahaya. Sedangkan pengukuran pada kondisi



terang, larutan disinari dengan illuminator dengan intensitas sebesar 1504 lux. Pengukuran intensitas menggunakan luxmeter.

Karakterisasi  $I$ - $V$  dilakukan dengan nilai tegangan 0-3 V. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua ujung plat aluminium maka terjadi aliran arus melewati larutan klorofil yang dapat diukur dengan rangkaian *two point probe* yang terhubung dengan *Keithley 6517 A*.

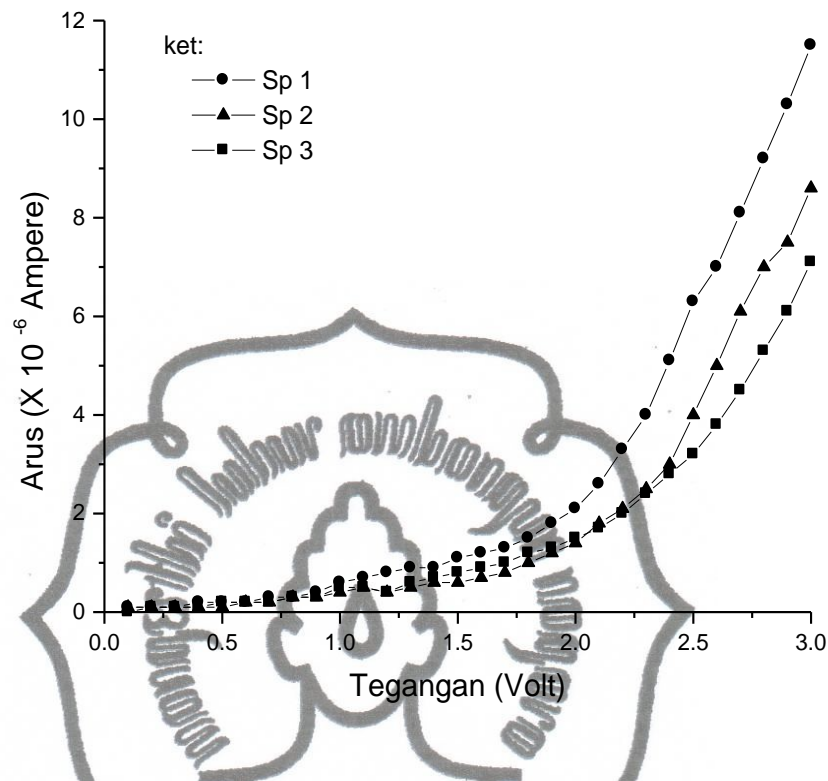
Perbedaan kemampuan larutan klorofil dalam mengabsorpsi cahaya mempengaruhi kemampuannya dalam mengalirkan elektron. Hal ini ditunjukkan pada hasil pengujian  $I$ - $V$  larutan.



**Gambar 4.4. Grafik karakteristik  $I$ - $V$  larutan klorofil pada kondisi terang**

Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian tiga variasi sampel yaitu  $Sp_1$ ,  $Sp_2$ ,  $Sp_3$  pada kondisi terang. Perbandingan antar sampel menunjukkan kemampuan sampel dalam mengalirkan arus. Dari hasil kurva menunjukkan  $Sp_1$  menghasilkan arus yang paling tinggi dari pada sampel yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa klorofil terlarut menentukan konduktivitas larutan. Pada kurva absorbansi memperlihatkan kemampuan absorbansi paling tinggi pada sampel  $Sp_1$ ,  $Sp_3$  hal yang sama muncul pada kemampuan  $Sp_1$  dalam menghasilkan arus.

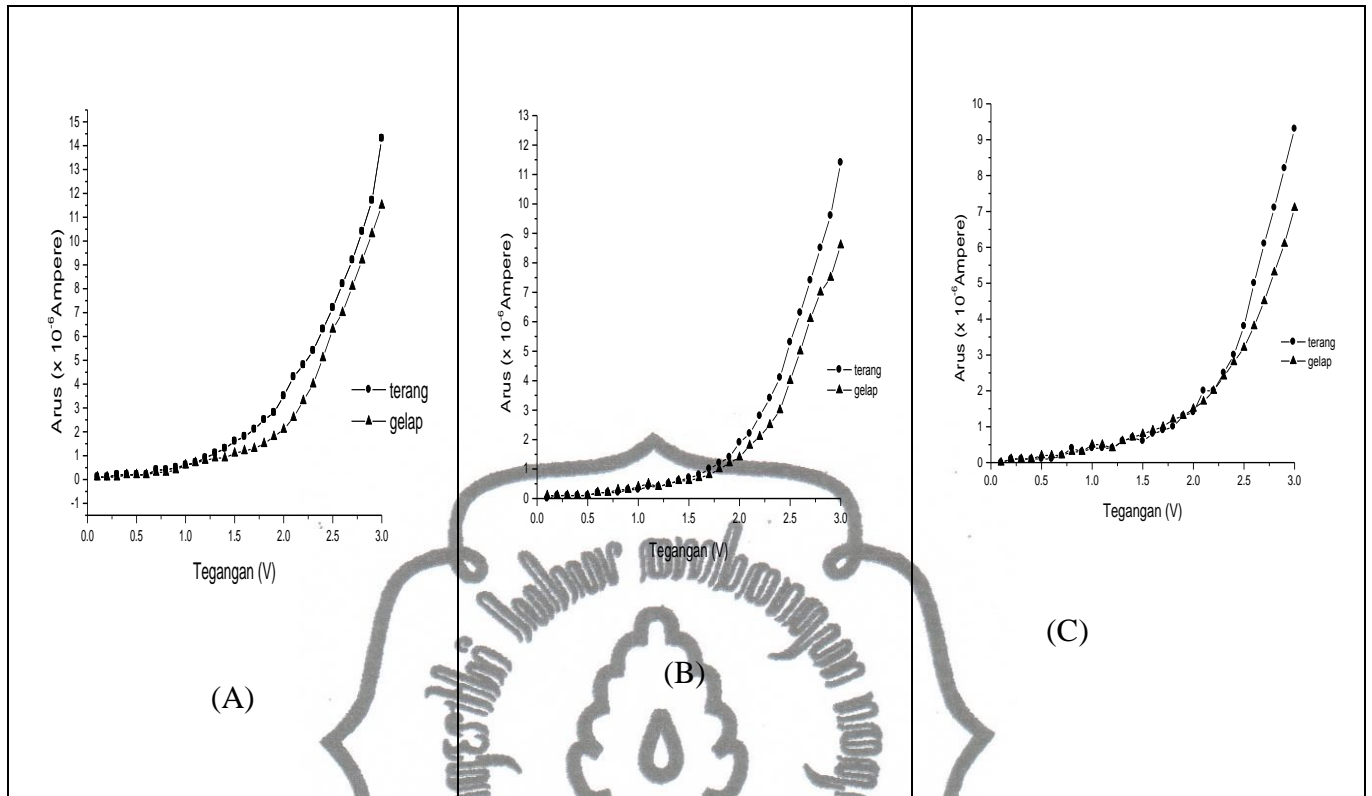
*commit to user*



**Gambar 4.5. Grafik karakteristik  $I$ - $V$  larutan klorofil pada kondisi gelap**

Gambar 4.5. memperlihatkan grafik hubungan antara arus sebagai fungsi tegangan pada kondisi gelap. Sampel pertama ( $Sp_1$ ) memiliki kemampuan menghasilkan arus paling besar dari pada sampel lainnya. Sampel ke tiga ( $Sp_3$ ) menghasilkan arus paling kecil. Hal ini konsisten dengan ketika sampel diberi cahaya

Hasil pengukuran respon cahaya terhadap klorofil untuk perbandingan masing-masing sampel ditunjukkan pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6. Kurva  $I$ - $V$  gelap-terang larutan klorofil *Spirulina Sp* A. Sp<sub>1</sub>, B. Sp<sub>2</sub>, C. Sp<sub>3</sub>,**

Gambar 4.6 merupakan perbandingan Kurva  $I$ - $V$  gelap-terang larutan klorofil *Spirulina Sp* A. Sp<sub>1</sub>, B. Sp<sub>2</sub>, C. Sp<sub>3</sub>, pada kondisi gelap dan terang. Teramati dengan jelas karakteristik peningkatan arus secara linier dilanjutkan eksponensial ketika tegangan dinaikkan. Arus yang muncul pada kondisi gelap lebih kecil dibandingkan larutan pada kondisi terang. Hasil ini mengidentifikasi bahwa klorofil berperan sebagai fotosensitizer sehingga terdapat arus.

Mula-mula pada grafik peningkatan arus secara linier muncul ada tegangan dibawah 1,5 V. Setelah diberikan tegangan lebih dari 1,5 V terjadi kenaikan yang signifikan sehingga grafik hubungan arus sebagai fungsi tegangan menunjukkan grafik yang cenderung eksponensial. Hal ini merupakan ciri dari karakteristik  $I$ - $V$  bahan organik.

Kurva karakteristik  $I$ - $V$  pada sampel Sp<sub>1</sub> kondisi gelap dan terang menunjukkan nilai arus yang hampir sama ketika tegangan yang diberikan 0-1,4 V sehingga pada kurva terlihat saling berhimpitan. Saat tegangan yang diberikan

bernilai 1,5 V hingga 3 V, terlihat selisih besar arus pada kondisi gelap dan terang. Arus yang dihasilkan kondisi terang lebih tinggi dibandingkan kondisi gelap.

Pengukuran yang sama dilakukan pada  $Sp_2$ , dan  $Sp_3$ . Pada pengukuran karakteristik listrik larutan  $Sp_2$ , hubungan antara arus dan tegangan pada kondisi gelap dan terang seperti pada Gambar 4.6 B. Terlihat dari kurva bahwa selisih arus pada kondisi gelap dan terang muncul saat diberikan tegangan 1,9 V hingga 3 V. Pada tegangan 0–1,9 V saat kondisi gelap dan terang dihasilkan arus yang hampir sama, sehingga pada kurva terlihat saling berhimpitan. Pada Pengukuran  $Sp_3$  muncul perbedaan arus kondisi gelap dan terang saat diberikan tegangan 2,4 - 3 V.

Pengukuran karakteristik listrik larutan sampel ketiga menunjukkan bahwa pada kondisi gelap arus naik secara perlahan namun cenderung konstan yakni pada saat tegangan 0–2,0V. Pada saat diberi cahaya arus meningkat perlahan. Perbandingan antara pengukuran setiap sampel adalah pada  $SP_3$  kurva cenderung linier dan menghasilkan arus yang kecil dibanding sampel lainnya. Pada sampel ketiga arus yang dihasilkan kecil karena kandungan klorofil yang dimiliki kecil.

Apabila perbedaan arus yang dihasilkan untuk keadaan gelap dan terang menjadi kriteria kinerja sell surya maka adalah  $Sp_2$  yang terbaik. Hal ini di karenakan serapannya yang tinggi seperti yang telah didiskusikan pada pembahasan sebelumnya

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil pembuatan dan pengujian klorofil *Spirulina sp* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Telah berhasil dilakukan isolasi *dye* klorofil *Spirulina sp* dengan menggunakan metode kolom kromatografi.
2. Hasil pengukuran optik menunjukkan karakteristik dua puncak absorbansi hasil eksperimen yang konsisten dengan spektrum absorbansi klorofil standar.
3. Hasil pengukuran *I-V* Teramati dengan jelas karakteristik peningkatan arus secara linier dilanjutkan eksponensial ketika tegangan dinaikkan. Pengukuran sifat listrik menunjukkan hasil yang berbeda saat di ukur pada keadaan gelap dan terang. Karakteristik ini menunjukkan sifat fotosensitizer klorofil sebagai *dye* pada DSSC.

#### 5.2. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut dari skripsi ini maka disarankan: Dari pengujian dihasilkan SP<sub>2</sub> yang memiliki absorbansi maksimum dan arus yang dihasilkan paling maksimum, maka sebaiknya dilakukan pengembangan lebih lanjut untuk sampel SP<sub>2</sub>.