

Skripsi

**STUDI KARAKTERISTIK KLOROFIL PADA DAUN  
SEBAGAI MATERIAL  
*PHOTODETECTOR ORGANIC***



**ARROHMAH**

**M0202017**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2007**

**Skripsi**

**STUDI KARAKTERISTIK KLOROFIL PADA DAUN  
SEBAGAI MATERIAL *PHOTODETECTOR ORGANIC***

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana



**ARROHMAH**

**M0202017**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2007**

**SKRIPSI**  
**STUDI KARAKTERISTIK KLOOROFIL PADA DAUN**  
**SEBAGAI MATERIAL**  
***PHOTODETECTOR ORGANIC***

**Ar Rohmah**  
**M0202017**

Dinyatakan lulus ujian skripsi oleh tim penguji  
Pada hari Jumat tanggal 20 Juli 2007

**Tim Penguji**

<b><u>Agus Supriyanto, M.Si</u></b> <b>NIP. 132 240 169</b>	.....
<b><u>Kusumandari, M.Si</u></b> <b>NIP. 132 309 951</b>	.....
<b><u>Ahmad Marzuki, S.Si., Ph.D</u> (Penguji I)</b> <b>NIP. 132 163 993</b>	.....
<b><u>Nuryani, M.Si</u> (Penguji II)</b> <b>NIP. 132 240 483</b>	.....

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
memperoleh gelar sarjana sains

**Dekan**

**Ketua Jurusan Fisika**

**Prof. Dr. Sutarno, M.Sc, Ph.D**  
**NIP.131 649 948**

**Drs.Harjana, M.Si., Ph.D**  
**NIP. 131 570 309**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual dari skripsi saya yang berjudul “*Studi Karakteristik Klorofil pada Daun sebagai Material Photodetector Organic*” adalah hasil kerja dan sepengetahuan saya. Dalam skripsi ini tidak berisi tentang materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain serta materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar di Universitas Sebelas Maret Surakarta ataupun di Perguruan Tinggi lainnya kecuali telah dituliskan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Bagi semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi ini saya ucapkan banyak terima kasih.

Surakarta, 17 Juli 2007

Penulis

Ar Rohmah  
M 0202017

## MOTTO

Tidak ada KEBETULAN dalam hidup ini  
Semua ada dalam skenario-Nya  
*(Miftahur Rohmah)*

## PERSEMBAHAN



Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang

Karya sederhana ini ku persembahkan untuk :

Ibu & Bapakku

Kakak-kakakku semua

Semua yang telah dan akan menjadi bagian dariku



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh*

Syukur kehadiran Alloh SWT atas segala limpahan kasih dan sayang-Nya pada seluruh umat-Nya terkhusus kepada penulis yang telah diberi-Nya kemudahan untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Studi Karakteristik Klorofil Pada Daun Sebagai Material *Photodetector Organic***".

Alam merupakan laboratorium tersibuk di dunia. Penyingkapan terhadap rahasia alam akan semakin menunjukkan kekuasaan-Nya yang tak terbatas. Skripsi ini mencoba menelusuri salah satu rahasia alam yang terletak pada tumbuhan/daun yang merupakan sumber utama dan paling utama kehidupan di alam ini, dari sudut ilmu serta aplikasinya di bidang fisika. Skripsi ini berisi tentang hubungan antara kandungan klorofil pada daun terkait dengan sifat optik dan sifat listriknya. Sifat optik mengenai kemampuannya menyerap foton cahaya (absorbansi) sedangkan sifat listrik terkait kemampuannya mengalirkan arus listrik (konduktivitas). Sampel daun bayam memiliki kandungan klorofil cukup banyak efektif untuk aplikasi sel surya karena memiliki molekul klorofil yang mampu menyerap energi foton secara maksimal sehingga menghasilkan arus yang optimal. Uji karakterisasi sifat optik dilakukan dengan *Spechtrophotometer UV-Vis*, uji karakterisasi sifat listrik dilakukan dengan metode probe dua titik I-V sedangkan uji kestabilan dengan mengamati perubahan kandungan klorofil.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran adalah sebuah keniscayaan bagi sebuah perbaikan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan sedikit kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan. Amin.

*Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh*

Surakarta, Juli 2007

Penulis

ARROHMAH  
NIM M0202017



## UCAPAN TERIMA KASIH

### *Bismillahirrohmanirrohim*

Alhamdulillah, syukurku pada-Mu ya Alloh. Aku bersaksi tiada Illah selain Engkau dan Nabi Muhammad utusan-Mu. Syukur tiada terkira atas limpahan ni'mat karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam, semoga tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan jalan kebenaran menuju kemuliaan.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini telah banyak melibatkan bantuan dari berbagai pihak, hanya ungkapan terima kasih yang tulus penulis ucapkan kepada :

1. Ibu dan Bapakku atas segala cinta dan pengorbanannya, atas do'a dan ridhonya, atas cucuran kasih sayangnya, atas tetesan peluh keringatnya, dan atas guratan pedih deritanya.
2. Bapak Prof. Dr. Sutarno, M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.
3. Bapak Drs. Harjana, M.Si., Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Bapak Drs. Cari MA, Ph.D selaku Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan nasehat, bimbingan, arahan dan masukan.
5. Bapak Agus Supriyanto, M.Si selaku Pembimbing I atas bimbingan, arahan, ilmu dan pengalaman yang telah diberikan.
6. Ibu Kusumandari, M.Si selaku Pembimbing II atas bimbingan, arahan, dan ilmu yang telah diberikan.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, atas ilmu dan pengalaman berharga.

8. Semua staff di SubLab Fisika (pak Eko, pak Yun, pak Ari, Mas Johan dan pak Mul) dan staff di Sub Lab Biologi (pak Susilo, mas Lantip) atas bantuannya selama ini. Staff jurusan fisika (Mba Dwi, Mba Ning dan mas David) atas semua bantuannya.
9. Mas Yudi, Mbak Wartu dan Mas Sugeng atas motivasi dan dukungan serta kepercayaannya untukku bisa hidup seperti yang ku inginkan. Lima cowok's keponakanku, bangga dech hidup di tengah kalian.
10. Sahabat Sejatiku, aku senantiasa dalam janjimu. *Someday, We will be together..... If, We still 'commit' with Islam.* Sahabat-sahabatku di medan amal nyata, *Maafkanlah diriku bila tak sejalan denganmu.*
11. Teman seperjuangan ngelabku Rini, istiqomah yuk dalam menapaki terjalnya hidup ini. *Thank's for All 'n Maaf semua salahku.*
12. Adhe'-adhe' Phiechie (Vatkul, Wida, Wati, Rosyida, Shoffie, Ning, Lilik, Isna, Mila, Eni) bersama kalian kutemukan 'duniaku yang baru' di akhir perjalananku.
13. Temen-temen fisika 2002 (Anggi, Isti, Ivana, Nita, Rica, Rina, Retno, Rofi', Sarji, Siwi, Wenny, Widyo, dan bapak2 fis'02) makasih atas kebersamaannya.
14. Kakak dan adik tingkat semuanya. Temen-temen jurusan lain seangkatan dan yang tidak seangkatan. *Thank's for all Memories in here.*
15. Semua pihak yang tidak penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga selesainya skripsi ini.

Hanya Allahlah muara setiap amal kita dan semoga keikhlasan dan pengorbanan yang telah diberikan diganti-Nya dengan yang lebih baik.

Surakarta, 17 juni 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
INTISARI.....	viii
ABSTRACT.....	ix
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
I.1.Latar Belakang.....	1
I.2.Rumusan Masalah .....	4
I.3.Batasan Masalah.....	4
I.4.Tujuan Penelitian.....	4
I.5.Manfaat Penelitian.....	5
I.6.Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II. DASAR TEORI</b>	
II.1.Bahan Organik .....	7
II.2.Klorofil.....	8
II.1.1.Interaksi Klorofil dengan Cahaya.....	9
II.1.2.Peranan Klorofil dalam Fotosintesis .....	12
II.1.3.Degradasi Klorofil.....	13
II.3.Ekstraksi .....	15
II.4.Karakterisasi Sifat Optik.....	16
II.4.1.Jangkauan Energi Cahaya Tampak .....	16
II.4.2.Absorbansi.....	17
II.5.Karakterisasi Sifat Listrik .....	19
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>	
III.1.Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
III.2.Alat dan Bahan.....	23
III.2.1.Alat Penelitian.....	23
III.2.2.Bahan Penelitian.....	24
III.3.Diagram Alir Penelitian .....	25
III.4.Prosedur Penelitian .....	25
III.4.1.Persiapan .....	26
III.4.2.Pembuatan Larutan Ekstrak .....	26
III.4.3.Karakterisasi Larutan Klorofil .....	27
III.4.4.1. Uji Absorbansi .....	27
III.4.4.2.Uji Konduktivitas .....	27
III.4.4.3. Uji Kestabilan.....	29

III.4.4.Teknik Analisa Data.....	29
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1.Absorbansi Klorofil .....	31
IV.2.Sifat Listrik Klorofil .....	36
IV.3.Kestabilan Klorofil. ....	39
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1.Kesimpulan .....	43
V.2.Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Struktur kimia klorofil a dan b 8
Gambar 2.2	Spektrum absorpsi klorofil a dan b 10
Gambar 2.3	Terjadinya elektron pada fotosintesis 12
Gambar 2.4	Alur proses degradasi klorofil 14
Gambar 2.5	Spektrum cahaya tampak 17
Gambar 2.6	Skema pengukuran resistansi larutan klorofil 22
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian 25
Gambar 3.2	Skema pengukuran resistansi larutan klorofil 28
Gambar 4.1	Kurva absorbansi klorofil beberapa sampel 31
Gambar 4.2	Grafik I-V beberapa sampel 36
Gambar 4.3	Kurva kestabilan klorofil daun bayam 39
Gambar 4.4	Kurva kestabilan klorofil daun mengkudu 40
Gambar 4.5	Kurva kestabilan klorofil daun singkong 41

## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Tatanama turunan klorofil	14
Tabel 4.1	Puncak absorbansi beberapa sampel daun	32
Tabel 4.2	Kandungan klorofil beberapa sampel daun	35
Tabel 4.3	Resistensi dan Konduktivitas klorofil beberapa sampel daun	37
Tabel 4.4	Penurunan kandungan klorofil	42

## DAFTAR ISTILAH

Absorbansi : kemampuan suatu material dalam menyerap energi foton.

Arus listrik : banyaknya muatan listrik yang mengalir tiap satuan waktu.

Atom : bagian terkecil materi yang masih mempertahankan sifat-sifat unsur.

ATP (*Adenosin TriPosfat*) : enzim yang berfungsi menyimpan dan mentransfer energi kimia dalam sel.

Degradasi : hilangnya salah satu unsur dari suatu zat/material.

Elektroda : sebuah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian nonlogam dari sebuah sirkuit.

Feofitin : molekul klorofil terdegradasi dengan dua atom H mengganti atom Mg pusat.

Fotofosforilasi : pembentukan ATP dalam kloroplas ketika terdapat cahaya.

Fotosistem : satuan yang dibentuk oleh pigmen-pigmen yang berkelompok.

Ikatan kimia : tarikan antar sesama atom untuk mempertahankan atom-atom dalam unit-unit yang dapat dideteksi.

Intensitas : energi tiap satuan waktu tiap satuan luas.

Konduktivitas listrik : ukuran dari kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik.

Larutan : campuran homogen dari dua zat atau lebih.

Lumen (lm) : satuan SI untuk fluks yang dipancarkan oleh suatu zat.

Molekul : gabungan dari atom-atom.

NADPH (*Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate*) : enzim yang terdapat dalam kloroplas yang berguna dalam proses fiksasi karbon dioksida

OLED (*Organic Light Emitting Diode*) : dioda dari bahan organik yang dapat memancarkan cahaya jika diberi tegangan maju.

Pelarut : bahan yang dapat melarutkan benda lain.

Semikonduktor : bahan dengan konduktivitas listrik yang berada di antara isolator dan konduktor.

Senyawa : zat yang terdiri atas dua unsur atau lebih yang dikombinasikan dengan rasio yang tetap.

## INTISARI

### **Studi Karakteristik Klorofil Pada Daun Sebagai Material *Photodetector Organic***

**Oleh  
Ar Rohmah  
M0202017**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat optik dan sifat listrik klorofil pada sampel daun bayam dari jenis *Amaranthus sp*, daun mengkudu dan daun singkong. Pengukuran sifat optik yaitu absorbansi dilakukan dengan Spektrofotometer Uv-Vis. Penentuan sifat listrik yaitu konduktivitas dilakukan menggunakan metode *Two Point Probe*. Dari penelitian diperoleh bahwa nilai absorbansi sampel daun bayam lebih tinggi daripada sampel yang lain. Dari data I-V diperoleh bahwa nilai konduktivitas pada kondisi gelap untuk sampel daun bayam, daun mengkudu dan daun singkong adalah sebesar  $(3,8133 \pm 0,0007) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ ,  $(3,2761 \pm 0,0006) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  dan  $(1,893 \pm 0,001) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  sedangkan nilai konduktivitas kondisi terang untuk sampel daun bayam, daun mengkudu dan daun singkong yaitu sebesar  $(4,1947 \pm 0,0007) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ ,  $(3,4061 \pm 0,0007) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  dan  $(2,0973 \pm 0,0006) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ . Sampel daun bayam mengalami peningkatan nilai konduktivitas pada kondisi terang sebesar  $(0,38 \pm 0,06) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  yang lebih tinggi daripada sampel lain. Kandungan klorofil total sampel daun bayam adalah 27 mg/l, sampel daun mengkudu adalah 22 mg/l dan sampel daun singkong adalah 16 mg/l. Penurunan kandungan klorofil mudah terjadi karena adanya proses degradasi molekul klorofil menjadi molekul turunannya.

Kata kunci: klorofil, ekstraksi, absorbansi, konduktivitas, degradasi.



## **ABSTRACT**

### **Study of Chlorophyll Characteristic on the Leaves As Photodetector Organic Material**

**By  
Ar Rohmah  
M0202017**

The aim of research was studied the optically and the electrically chlorophyll on the leaves such as spinach of *Amaranthus* sp, morinda citrifolia and cassava leaves. Measurement of the optic is absorbance with Uv-Vis Spechtrophotometer and the electric is conductivity with two point probe methods. Absorbance of spinach are higher than the others. I-V data showed the conductivity on the dark of spinach, morinda citrifolia and cassava leaves are  $(3,8133 \pm 0,0007) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ ,  $(3,2761 \pm 0,0006) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  dan  $(1,893 \pm 0,001) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ , while the conductivity on the lighted of spinach, morinda citrifolia and cassava leaves are  $(4,1947 \pm 0,0007) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ ,  $(3,4061 \pm 0,0007) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  and  $(2,0973 \pm 0.0006) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ . The increasing of conductivity on the lighted spinach are higher than the others, are  $(0,38 \pm 0,06) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ . The total chlorophyll of spinach are 27 mg/l, morinda citrifolia are 22 mg/l and cassava leaves are 16 mg/l. The reducing of total chlorophyll happened by degradation of chlorophyll molecules become its generation molecules.

Keyword: chlorophyll, extraction, absorbance, conductivity, degradation

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang**

Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sebenarnya sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai  $3 \times 10^{24}$  joule pertahun (Yuliarto, 2006). Sedikitnya  $10^{17}$  kkal energi bebas dibentuk oleh dunia tumbuhan dengan memanfaatkan energi surya. Jumlah ini 10 kali lebih besar dibandingkan dengan semua energi bahan bakar fosil yang digunakan per tahun oleh umat manusia di seluruh dunia. Bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi dan gas alam) merupakan produk fotosintesis yang terjadi jutaan tahun yang lalu. Mekanisme fotosintesis merupakan masalah yang mendasar dalam memenuhi kebutuhan energi dan makanan. Karena mekanisme fotosintesis pada kloroplas sangat efisien dalam mengubah energi surya menjadi energi kimia ATP dan NADPH, banyak penelitian yang dilakukan untuk menstimulasi proses ini dengan sistem molekul buatan yang lebih sederhana, dengan harapan dapat memanfaatkan energi surya yang tidak ada habis-habisnya di atas permukaan bumi (Lehninger, 1982).

Fotosintesis terjadi karena klorofil pada tanaman menyerap energi foton dari sinar matahari. Dalam QS Yasin (36): 80 yang artinya: *"(Allah) yang menjadikan untuk kamu api dari kayu yang hijau, maka kamu (dapat) menyalakan (api) darinya (kayu hijau itu)."* Ayat tersebut mengisyaratkan tentang klorofil pada tumbuhan. Klorofil yang terdiri dari ikatan zat-zat karbon, hidrogen, nitrogen

dan magnesium memiliki aktivitas utama : mengubah zat organik dari zat anorganik sederhana dengan bantuan sinar matahari. Jadi, klorofil mengubah tenaga radiasi matahari menjadi tenaga kimiawi melalui proses fotosintesis atau dengan kata lain menyimpan tenaga matahari dalam tumbuh-tumbuhan berupa makanan dan bahan bakar yang nantinya akan muncul sebagai api atau tenaga kalori sewaktu terjadi pembakaran (Chudrin, 2006).

Hampir semua tumbuhan tingkat tinggi mengandung sejumlah besar klorofil yang mampu menyerap energi foton dari sinar matahari secara maksimal. Bayam merupakan salah satu tumbuhan tingkat tinggi yang sekarang ini banyak diteliti. Bayam sebagai salah satu tumbuhan hijau dinilai sangat efisien, dilihat dari jumlah energi yang dihasilkan bila dibandingkan dengan berat dan ukuran bayam itu sendiri. Saat ini para ilmuwan AS ingin mendapatkan energi dari bayam dengan memanfaatkannya untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Dengan sebuah piranti elektronik khusus, Shuguang Zhang dari *Massachusetts Institute of Technology* dan rekan-rekannya, menggabungkan protein kompleks yang diambil dari kloroplas bayam dengan semikonduktor organik untuk membuat sel tenaga surya yang bisa menghasilkan tenaga listrik. Sel tenaga surya yang dihasilkan dengan menggunakan bayam ini lebih tipis dan ringan dibanding panel-panel surya yang ada dan bisa digunakan untuk membuat panel yang efisien (Kompas, 2004). Kloroplas ada di dalam setiap tanaman berdaun hijau. Jadi pada dasarnya setiap tanaman--tidak hanya bayam--memiliki potensi untuk menjadi sumber listrik sehingga pada penelitian ini mencoba membandingkannya dengan daun tanaman yang lain.

Elektron-elektron dari molekul klorofil akan tereksitasi ketika dikenai cahaya yang memiliki energi yang besarnya sama dengan selisih antara tingkat energi dasar dan tingkat energi eksitasinya. Tanaman menggunakan gerakan elektron ini untuk memberi tenaga pada waktu terjadi proses fotosintesis. Adapun piranti yang dikembangkan Zhang memanfaatkan proses serupa untuk menggerakkan elektron ke semikonduktor organik yang dijajarkan di lapisan atas kaca. Atau dengan kata lain, tanaman menggunakan elektron bebas tersebut untuk menghasilkan karbohidrat sedangkan sel surya menggunakan elektron untuk menghasilkan arus listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kandungan klorofil terkait sifat optik dan sifat listrik dengan proses konversi tersebut.

Klorofil bersifat labil dan mudah mengalami proses degradasi menjadi molekul-molekul turunannya. Proses degradasi klorofil dapat terjadi karena pengaruh suhu, oksigen. Molekul hasil degradasi tidak efektif untuk proses fotosintesis sehingga kemungkinan juga kurang efektif pada sel surya. Oleh karena itu, pada penelitian ini perlu diamati adanya perubahan kestabilan klorofil dari larutan ekstrak klorofil yang dibuat untuk mengetahui apakah setelah sekian hari klorofil akan mengalami kerusakan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperlambat proses degradasi adalah dengan penambahan bahan kimia tertentu, misalnya  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ .

## **I.2. Rumusan Masalah**

Memperhatikan uraian tersebut di atas maka timbul permasalahan berikut:

1. Bagaimana karakteristik sifat optik serta hubungannya dengan kandungan klorofil ?
2. Bagaimana karakteristik sifat listrik serta hubungannya dengan kandungan klorofil ?
3. Bagaimana kestabilan klorofil dari larutan ekstrak setelah beberapa hari ?

## **I.3. Batasan Masalah**

Penelitian ini diberi batasan sebagai berikut:

1. Larutan ekstrak klorofil dibuat dari daun tumbuhan lokal yakni daun bayam dari jenis *Amaranthus sp*, daun mengkudu, dan daun singkong.
2. Dikarakterisasi menggunakan karakterisasi optik meliputi absorbansi yang didapat dari pengamatan menggunakan *UV-Vis Spechtrophotometer* dan karakterisasi I-V dari pengukuran arus-tegangan dengan *two point probe*.

## **I.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui karakteristik sifat optik serta hubungannya dengan kandungan klorofil.
2. Mengetahui karakteristik sifat listrik serta hubungannya dengan kandungan klorofil.
3. Meneliti kestabilan klorofil dari larutan ekstrak setelah beberapa hari.

### **I.5. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sifat optik dan sifat listrik klorofil serta hubungannya dengan kandungan klorofil dari daun tumbuhan lokal sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang pembuatan sel surya dari material organik.

### **I.6. Sistematika Penulisan**

Secara umum penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab dan lampiran

- Bab I. Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.
- Bab II. Berisi tentang penjelasan konsep dan prinsip dasar yang diperlukan dalam penelitian dan perumusan teoritis, meliputi: 1. Bahan Organik. 2. Klorofil: interaksi klorofil dengan cahaya yang meliputi pigmen fotosintetik: *receptor* cahaya dan fotoeksitasi klorofil, peranan klorofil dalam fotosintesis dan degradasi klorofil. 3. Ekstraksi. 4. Karakterisasi sifat optik: jangkauan energi sinar tampak dan absorbansi dan 5. Karakterisasi sifat listrik: konduktivitas.
- Bab III. Berisi tentang metode penelitian yang menjelaskan uraian singkat tentang tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, diagram alir penelitian, prosedur penelitian dan karakterisasi larutan klorofil yang meliputi sifat optik (absorbansi), sifat listrik

(konduktivitas) terkait hubungannya dengan kandungan klorofil dan kestabilan kandungan klorofil larutan setelah beberapa hari yang diuji nilai absorbansinya dengan *Spectrophotometer UV-Vis*.

Bab IV. Memuat hasil penelitian dan pembahasan hasil penelitian yang terdiri dari : 1. Absorbansi klorofil. 2. Konduktivitas. 3. Kestabilan klorofil.

Bab V. Berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan.

Lampiran berisi data eksperimen dan perhitungan.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

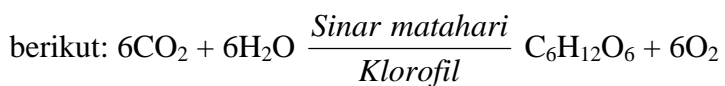
#### **II.1. Bahan Organik**

Dewasa ini bahan semikonduktor organik mendapat perhatian baik dari kalangan peneliti maupun industri. Hal ini dikarenakan sifatnya yang ramah lingkungan, yakni mudah hancur di alam sehingga sampahnya tidak merusak lingkungan. Bahan organik dengan kandungan karbon, hidrogen dan oksigen, telah menarik perhatian para peneliti karena ikatan antar molekul yang lemah dalam keadaan *solid*, dapat menjadikan bahan organik sebagai bahan insulator dan semikonduktor. Diketahui juga bahwa bahan semikonduktor organik bersifat *photoconductive* dibawah sinar biasa. Penemuan ini menarik perhatian industri untuk aplikasi dalam *electrophotography* dan tabung sinar dalam LCD (*Liquid Crystal Display*). Penelitian *Organic Light Emitting Diode* (OLED) mulai mendapat perhatian sejak *research group* dari *Eastman Kodak* melaporkannya tahun 1987 dengan molekul kecil sebagai bahannya, di susul dengan peneliti dari *Cambridge University* tahun 1990, dengan menggunakan *polymer* sebagai bahannya. Selain dalam OLED, aplikasi untuk pembuatan transistor juga mendapat perhatian. Salah satu divaisnya adalah *organic thin film transistor* (OTFT). Aplikasi OTFT dalam *smart card* tengah dikembangkan oleh beberapa perusahaan elektronik raksasa meskipun kecepatannya tidak dapat menyaingi transistor silikon. Dengan berkembangnya teknologi semikonduktor organik ini, sampah elektronik yang relatif tidak ramah lingkungan akan dapat berkurang di masa depan (Candra, 2000).

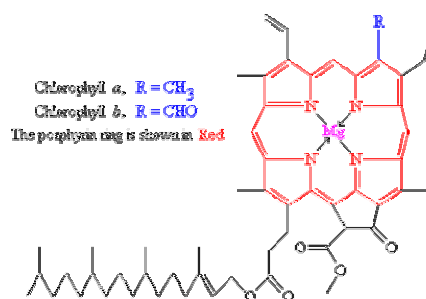


## II.2 Klorofil

Klorofil bertindak untuk menarik elektron dari cahaya matahari agar terjadi fotosintesis. Struktur kimianya sama dengan heme, suatu senyawa cincin pada haemoglobin, dimana poros Fe pada heme digantikan oleh Mg. Klorofil itu bertindak sebagai pengabsorpsi energi dari sinar matahari sehingga ia berubah menjadi molekul yang berenergi tinggi, yang dapat melepaskan elektron dari molekul air dan proton dari oksigen. Reaksi kimia fotosintesis adalah sebagai berikut:



Ada 2 fotosistem: fotosistem klorofil 1 dan fotosistem klorofil 2. Fotosistem klorofil 1 mengabsorpsi cahaya gelombang panjang (merah), fotosistem klorofil 2 mengabsorpsi cahaya gelombang pendek yang termasuk fotosistem klorofil 1 adalah klorofil a, sedang yang termasuk fotosistem klorofil 2 adalah klorofil a dan b. Klorofil a:  $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_4\text{N}_4\text{Mg}$ , klorofil b:  $\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$ . Perbedaan kedua klorofil ini terletak pada jumlah atom H dan O. Klorofil a mengabsorpsi cahaya gelombang panjang dan sedikit gelombang pendek. Klorofil b hanya mengabsorpsi cahaya pada gelombang pendek (Yatim, 1999).



**Gambar 2.1 Struktur kimia klorofil a dan b (May, 2006)**

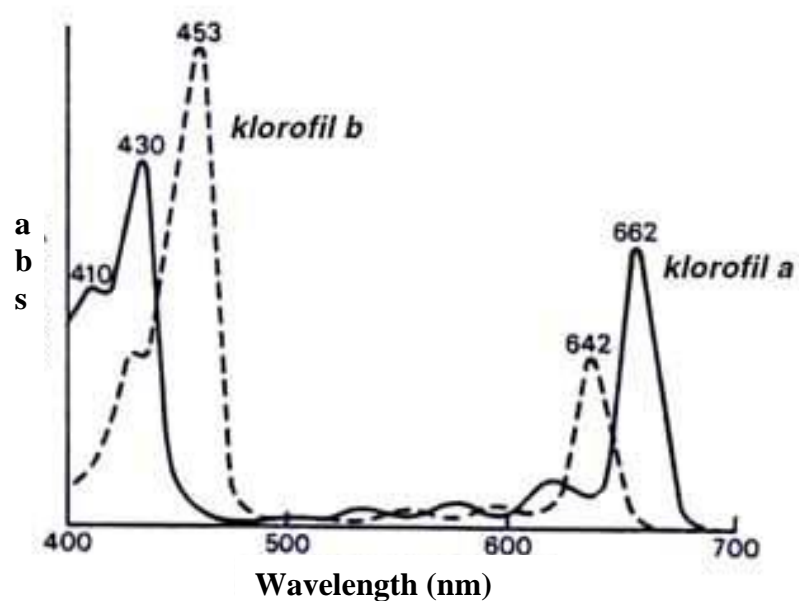
## **II.2.1 Interaksi klorofil dengan cahaya**

### **II.2.1.1 Pigmen Fotosintetik: Reseptor Cahaya**

Ketika cahaya mengenai materi, cahaya itu dapat dipantulkan, diteruskan (ditransmisi) atau diserap (diabsorpsi). Pigmen tertentu akan menyerap cahaya dengan panjang gelombang tertentu dan cahaya yang diserap akan hilang dengan melepaskan panas. Jika suatu pigmen disinari dengan cahaya putih, warna yang terlihat adalah warna yang dipantulkan atau diteruskan oleh pigmen yang bersangkutan. Pigmen klorofil menyerap lebih banyak cahaya tampak pada warna biru (400-450 nanometer) dan merah (650-700 nanometer) dibandingkan hijau (500-600 nanometer). Tumbuhan dapat memperoleh seluruh kebutuhan energi mereka dari spektrum merah dan biru di dalam wilayah spektrum cahaya tampak dan pada wilayah antara 500-600 nm sangat sedikit cahaya yang diserap. Jadi, warna hijau pada daun disebabkan karena klorofil menyerap cahaya merah dan biru serta meneruskan dan memantulkan cahaya hijau.

Spektrum absorpsi klorofil a dan b ditunjukkan pada gambar 2.2. Spektrum absorpsi untuk klorofil a menunjukkan keefektifan relatif panjang gelombang yang berbeda dalam menggerakkan fotosintesis, karena cahaya dapat bekerja dalam kloroplas hanya jika ia diserap. Klorofil a yang dapat berperan serta secara langsung dalam reaksi terang, yang mengubah energi matahari menjadi energi kimiawi, tetapi pigmen lain dalam membran tilakoid dapat menyerap cahaya dan mentransfer energinya ke klorofil a pada reaksi terang. Salah satu pigmen aksesoris ini ialah bentuk klorofil yang lain, yaitu klorofil b. Klorofil b hampir sama dengan klorofil a, hanya terdapat perbedaan struktur kimia

di antara keduanya. Perbedaan struktur kimia inilah yang membuat kedua pigmen tersebut mempunyai spektra absorpsi yang berbeda sehingga warnanya juga berbeda. Klorofil a berwarna biru-hijau sementara klorofil b berwarna kuning-hijau. Ketika foton cahaya matahari diserap oleh klorofil b, energi disalurkan ke klorofil a sehingga seolah-olah klorofil inilah yang telah menyerap foton tersebut. Pigmen aksesoris lainnya adalah karotenoid, yakni hidrokarbon yang mempunyai warna campuran kuning dan jingga. Beberapa karotenoid berfungsi dalam fotoproteksi yaitu menyerap dan melepaskan energi cahaya yang berlebihan, yang jika tidak dilepas akan merusak klorofil.



**Gambar 2.2 Spektrum absorpsi klorofil a dan klorofil b (Poruka, 2004)**

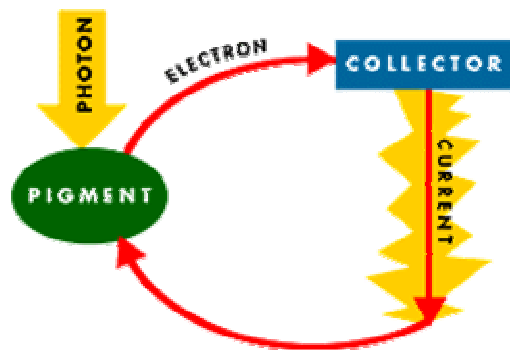
### **II.2.1.2 Fotoeksitasi Klorofil**

Molekul klorofil membantu tanaman memperoleh energi dari cahaya matahari. Ketika molekul menyerap foton, salah satu elektron dari molekul yang berada pada keadaan dasar akan dinaikkan ke suatu orbital yang memiliki energi potensial lebih tinggi. Hal ini terjadi dikarenakan energi cahaya yang diserap akan menggerakkan elektron sehingga elektron bergerak ke tingkat energi yang lebih tinggi. Satu-satunya foton yang diserap adalah foton yang memiliki energi yang besarnya sama dengan selisih energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi dan selisih energi ini berbeda dari satu atom atau molekul dengan atom atau molekul lain. Dengan demikian, suatu molekul tertentu hanya menyerap foton yang sesuai dengan panjang gelombang tertentu, karena itulah setiap pigmen memiliki spektrum absorpsi yang unik.

Energi foton yang diserap akan diubah menjadi energi potensial elektron yang dinaikkan dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Tetapi keadaan eksitasi itu berlangsung singkat dan elektron-elektron kembali ke tingkat energi semula. Secara umum, apabila molekul pigmen menyerap cahaya maka elektron tereksitasinya akan kembali ke tingkat energi dasarnya dalam per sekian detik dengan melepaskan energi berlebihnya sebagai panas. Sebagian pigmen termasuk klorofil, selain memancarkan panas juga memancarkan cahaya setelah menyerap foton. Pasca-pijar ini disebut fluoresensi. Jika larutan klorofil yang diisolasi dari kloroplas dikenai cahaya, larutan ini akan berfluoresensi atau mengeluarkan spektrum warna merah dan juga melepas panas.

## II.2.2 Peranan Klorofil dalam fotosintesis

Dalam tanaman fotosintetik, cahaya akan diserap oleh molekul klorofil untuk dikumpulkan pada pusat-pusat reaksi. Pada tumbuhan ada dua jenis pigmen yang berfungsi aktif sebagai pusat reaksi atau fotosistem yaitu fotosistem II dan fotosistem I. Fotosistem II terdiri dari molekul klorofil yang menyerap cahaya dengan panjang gelombang 680 nanometer, sedangkan fotosistem I pada 700 nanometer. Kedua fotosistem ini akan bekerja secara simultan dalam fotosintesis.



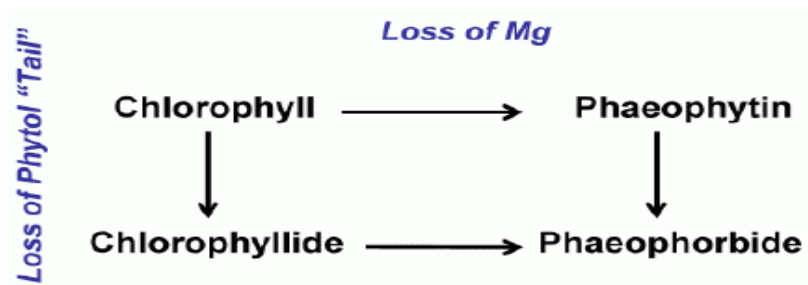
**Gambar 2.3 Terjadinya elektron pada fotosintesis (Tenenbaum, 1998)**

Fotosintesis dimulai ketika cahaya mengionisasi molekul klorofil pada fotosistem II sehingga elektron-elektronnya terlepas dan elektron tersebut akan ditransfer sepanjang rantai transpor elektron. Energi dari elektron ini digunakan untuk fotofosforilasi yang menghasilkan ATP. Reaksi ini menyebabkan fotosistem II mengalami kekurangan elektron yang dapat dipenuhi oleh elektron dari hasil ionisasi air yang terjadi bersamaan dengan ionisasi klorofil. Hasil ionisasi air ini adalah elektron dan oksigen.

Pada saat yang sama dengan ionisasi fotosistem II, cahaya juga mengionisasi fotosistem I, melepaskan elektron yang ditransfer sepanjang rantai transpor elektron yang akhirnya mereduksi NADP menjadi NADPH. ATP dan NADPH yang dihasilkan dalam proses fotosintesis memicu berbagai proses biokimia. Pada tumbuhan proses biokimia yang terpicu adalah siklus Calvin dimana karbon dioksida diubah menjadi ribulosa (dan kemudian menjadi gula seperti glukosa). Reaksi ini disebut reaksi gelap karena tidak bergantung pada ada tidaknya cahaya.

### II.2.3 Degradasi Klorofil

Klorofil bersifat labil terhadap pengaruh cahaya, suhu dan oksigen sehingga mudah terdegradasi menjadi molekul-molekul turunannya. Langkah awal degradasi klorofil adalah hilangnya magnesium dari molekul pusat atau hilangnya rantai ekor fitol. Skema proses degradasi klorofil ditunjukkan pada gambar 2.4. Ketika molekul klorofil mengalami degradasi, sejumlah molekul turunan akan terbentuk seperti *phaeophytins*, *chlorophyllides*, dan *phaeophorbides* yang tergantung pada molekul induknya. Molekul hasil degradasi atom Mg dari klorofil adalah feofitin dan molekul hasil degradasi rantai ekor fitol klorofil adalah klorofilida, sedangkan feoforbida terjadi ketika klorofil telah terdegradasi atom Mg serta rantai ekor fitolnya. Atau dengan kata lain, produk degradasi dari feofitin atau klorofilida akan menghasilkan molekul feoforbida, karena feoforbida terbentuk karena hilangnya rantai ekor fitol dan hilangnya magnesium.



**Gambar 2.4** Alur proses degradasi klorofil (Carlson et al, 1996)

Berbagai turunan klorofil yang terdapat di alam atau sebagai molekul hasil degradasi klorofil terbentuk karena hilangnya magnesium dan hidrolisis salah satu gugus ester atau keduanya (Robinson, 1995). Ikhtisar molekul turunan seperti itu terdapat pada tabel 1.

**Tabel 2.1** Tatanama turunan klorofil

Nama	Struktur
klorin	dihidroporfirin
rodin	dihidroporfirin dengan karbonil berdampingan dengan dengan cincin pirol
forbin	dihidroporfirin dengan cincin karbosiklik tambahan
forbida	ester dari forbin
feoforbida	ester metil dari forbin
fitin	ester fitil dari forbin
feofitin	ester metil dan fitil dari forbin
filin	turunan magnesium dari salah satu senyawa di atas
klorofilin	turunan magnesium dari fitin
klorofilida	turunan magnesium dari feoforbidin

### II.3 Ekstraksi

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 kepolarannya rendah. Pelarut yang lebih polar seperti alkohol dan etil asetat untuk mengambil senyawa yang lebih polar (Harborne, 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 alam 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 polar dan juga sebaliknya, senyawa nonpolar akan larut dalam pelarut non polar (Sastrohamidjojo, 1991).

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.



## II.4 Karakterisasi Sifat Optik

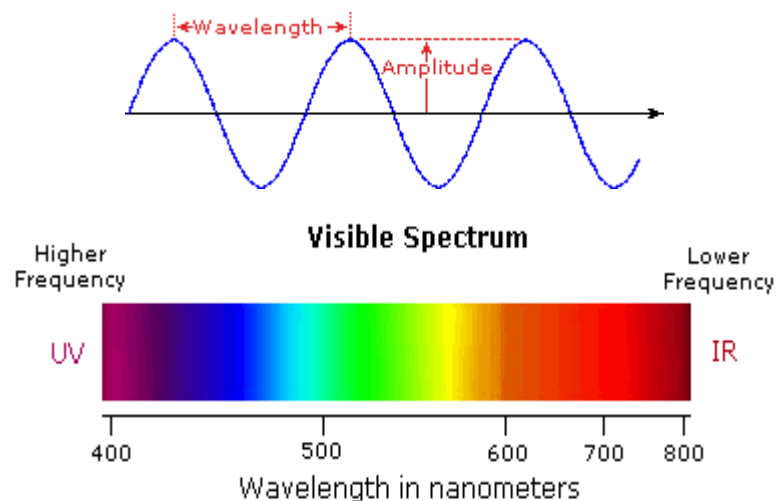
Spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi foton secara relatif jika energi foton tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diabsorbsikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometer UV-Vis merupakan spektrofotometer yang digunakan untuk pengukuran di daerah ultraviolet dan di daerah tampak. Semua metode spektrofotometer berdasarkan pada serapan sinar oleh atom/molekul tertentu, sinar yang digunakan adalah sinar yang semonokromatis mungkin. Dari penelitian akan diperoleh grafik hasil spektrofotometer yang menunjukkan hubungan absorbansi dan panjang gelombang ( $\lambda$ ) yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya cahaya yang diserap.

### II.4.1 Jangkauan Energi Sinar Tampak

Spektrum radiasi elektromagnetik terdiri atas radiasi dengan beberapa panjang gelombang mulai dari yang sangat pendek (misalnya sinar X dan sinar gamma) sampai ke yang sangat panjang (misalnya gelombang mikro dan gelombang radio).

Cahaya tampak (*visible light*) memiliki panjang gelombang antara (360-760) nm, frekuensi ( $4 \times 10^{14}$ -  $7,5 \times 10^{14}$ ) Hz dan energi kuantum (1,65-3,1) eV. Interaksi antara cahaya tampak dengan materi dapat menyebabkan transisi elektron pada tingkat energi yang lebih tinggi.

Daerah di bawah cahaya tampak adalah ultraviolet yang memiliki panjang gelombang (100-360) nm, frekuensi ( $7,5 \times 10^{14}$ - $3 \times 10^{16}$ ) Hz dengan energi kuantum (3,1-124) eV.



**Gambar 2.5. Spektrum Cahaya Tampak (Reusch, 2004)**

Kecepatan cahaya adalah tetap dan di dalam vakum adalah  $c = 3 \times 10^8$  m/s. Frekuensi dari cahaya dapat dicari dari hubungan  $f = c/\lambda$ , dimana  $f$  adalah frekuensi dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang.

Sinar matahari terdiri dari foton-foton yang memiliki energi yang besarnya adalah

$$E_{\text{foton}} = \frac{hc}{\lambda} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan  $h$  merupakan konstanta Planck =  $6,626 \times 10^{-34}$  js,  $c$  merupakan kecepatan foton dalam ruang hampa =  $3 \times 10^8$  m/s, dan  $\lambda$  merupakan panjang gelombang foton.

### II.4.2 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 berikut ini:

$$I = I_0 e^{-a'lc} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana  $I$  merupakan intensitas setelah melewati bahan,  $I_0$  adalah intensitas mula-mula,  $a'$  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, dituliskan dalam persamaan berikut:

$$A = -\log_{10} (T) = -\log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

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

## II.5 Karakterisasi Sifat Listrik

Secara ideal, konduktor merupakan bahan dimana muatan listrik yang dikandungnya dapat bergerak bebas sehingga bila diberi muatan listrik maka muatan-muatan tersebut akan bergerak menuju ke permukaan konduktor karena muatan-muatan tersebut akan saling menjauhi karena gaya elektrostatis yang saling tolak menolak.

Bahan konduktor yang baik akan mempunyai nilai konduktifitas tinggi, sedangkan untuk bahan isolator, konduktivitasnya rendah karena tingginya resistivitas. Besarnya resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas, dan hubungannya ditunjukkan dengan persamaan :

$$r = \frac{1}{s} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana  $s$  merupakan konduktivitas ( $\Omega\text{m})^{-1}$  dan  $r$  adalah resistivitas ( $\Omega\text{m}$ ).

Medan listrik  $E$  dan rapat arus  $J$  akan dihasilkan pada suatu konduktor apabila konduktor tersebut dialiri arus, dimana besarnya rapat arus sebanding dengan kuat medan listrik dalam konduktor dan secara matematik dirumuskan :

$$J = s \cdot E \dots\dots\dots (2.5)$$

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

$$J = \frac{I}{A} \dots\dots\dots (2.6)$$

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

$$E = \frac{V}{L} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana  $L$  merupakan panjang penampang (m).

Dari persamaan ( 2.4 ), ( 2.5 ), dan ( 2.7 ) diperoleh :

$$J = \frac{V}{r.L} \dots\dots\dots (2.8)$$

Besarnya tahanan  $R$  dari suatu konduktor :

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dari persamaan ( 2.6 ) dan ( 2.9 ) diperoleh :

$$\frac{V}{I} = \frac{r.L}{A} \dots\dots\dots (2.10)$$

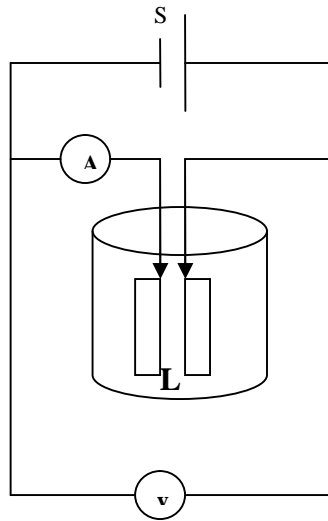
Sehingga resistansi dapat juga dinyatakan dalam :

$$R = \frac{r.L}{A} \dots\dots\dots (2.11)$$

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

Persamaan (2.4) 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 (2.11) juga dapat ditunjukkan bahwa resistansi sebanding dengan resistivitas bahan, yaitu semakin besar resistansi suatu bahan maka resistivitasnya makin besar dan juga sebaliknya. Besarnya resistansi dari suatu 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 2.6.



**Gambar 2.6 Skema pengukuran resistansi larutan klorofil**

Dimana 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 *keithley* sebagai sumber tegangan. Skema pengukuran resistansi diatas dilakukan dengan mengabaikan tahanan dalam alat ukur.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **III.1.Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pusat Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penelitian dimulai dari bulan Oktober 2006 sampai Februari 2007. Pengukuran nilai absorbansi dilaksanakan di Laboratorium Pusat jurusan Biologi MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta, sedangkan uji konduktivitas gelap terang dilaksanakan di Laboratorium Pusat jurusan Fisika MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.

#### **III.2.Alat dan Bahan**

##### **III.2.1.Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Satu set alat ekstraksi, untuk mengambil pigmen-pigmen dari bahan yang digunakan.
2. *UV-Visible Spectrophotometer* 1601 PC, untuk mengukur absorbansi larutan ekstraksi.
3. *Two Point Probe Keithley type* 6517 A, sebagai sumber tegangan dalam pengukuran konduktivitas larutan klorofil.
4. *Stopwatch*, untuk mengukur lama waktu konduktivitas.
5. Neraca digital spesifikasi Neraca XY-200A merk *Aslep*, untuk menimbang bahan-bahan yang akan diekstrak.



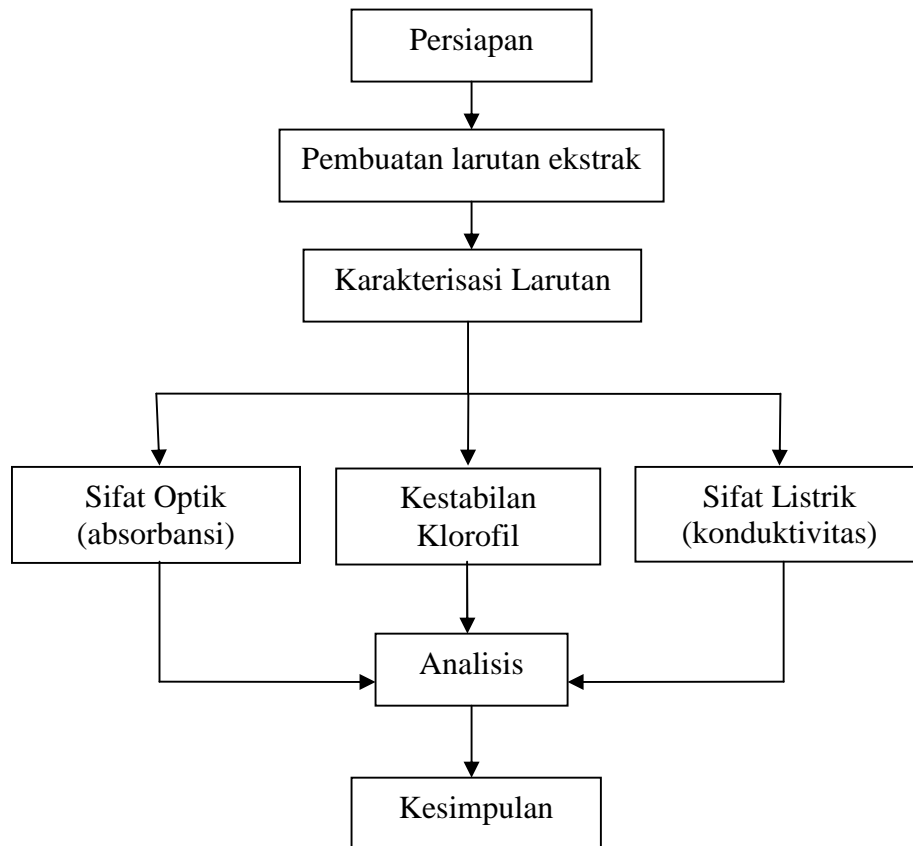
6. Multimeter digunakan untuk mengukur arus yang melalui larutan klorofil pada saat pengukuran konduktivitas.
7. *Vortex stirrer*, untuk mengaduk larutan dalam tabung reaksi.
8. *Illuminator* sebagai sumber cahaya.
9. *Luxmeter*, untuk mengukur intensitas cahaya.
10. Kabel penghubung.
11. Tabung reaksi.
12. Gelas ukur.
13. Pipet tetes.

### **III.2.2.Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Daun bayam segar dari jenis *Amaranthus sp*, daun mengkudu segar, dan daun singkong segar masing-masing 0,1 gr.
2. Aseton 80 %, sebagai pelarut pigmen klorofil daun.
3. Tembaga dengan ketebalan 0,1 mm sebagai elektroda.
4. Kertas saring *Whatman* no.42, untuk menyaring larutan ekstrak.
5. Kertas Abrasif 2000 dan tissue sebagai bahan pembersih.

### III.3. Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1 Diagram alir penelitian**

### III.4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu: persiapan, pembuatan larutan ekstrak, karakterisasi larutan meliputi: karakterisasi sifat optik (absorbansi), pengamatan kestabilan klorofil, karakterisasi sifat listrik (konduktivitas), analisa data dan kesimpulan.

#### **III.4.1.Persiapan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa daun hijau segar. Tahap persiapan meliputi: pemilihan daun yang memiliki lebar dan warna hijau sempurna. Daun dibersihkan dan kemudian ditimbang dengan neraca digital. Plat tembaga diampas dengan kertas abrasif 2000 untuk mengangkat lemak dan debu yang masih menempel pada plat.

#### **III.4.2.Pembuatan larutan ekstrak**

Ekstraksi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut

1. Menyiapkan larutan aseton 80%.
2. Menimbang 0,1 gr daun segar.
3. Daun dihancurkan dalam mortar kemudian ditambahkan 10 ml aseton 80%.
4. Larutan didiamkan beberapa saat sehingga klorofil larut.
5. Larutan ekstrak tersebut kemudian diaduk menggunakan pengaduk *vortex* sampai semua bahan–bahan tersebut larut.
6. Larutan disaring dengan kertas saring whatman no. 42 supaya sisa daunnya teringgal.
7. Filtrat diukur volumenya dan ditambahkan aseton 80% hingga volumenya mencapai 10 ml.

### III.4.3. Karakterisasi larutan

Pada penelitian ini uji karakterisasi larutan yang dilakukan adalah uji nilai absorbansi larutan, uji konduktivitas larutan dan uji kestabilan larutan.

#### 1. Uji absorbansi

Pengujian absorbansi larutan dilakukan dengan *UV-Visible Spectrophotometer* 1601 PC dengan tahapan sebagai berikut:

1. Larutan klorofil dimasukkan dalam kuvet sebanyak 3 ml kemudian dimasukkan ke dalam *Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu* 1601 PC.
2. Sumber cahaya dinyalakan.
3. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm dalam sel 1 cm.
4. Kandungan klorofil di hitung dengan rumus ( Harborne, 1973):
  - a. Klorofil a =  $12,7 (A.663) - 2,69 (A.645)$  mg/l.
  - b. Klorofil b =  $22,9 (A.645) - 4,68 (A.663)$  mg/l.
  - c. Klorofil total =  $8,02 (A.663) + 20,2 (A.645)$  mg/l.

#### 2. Uji konduktivitas

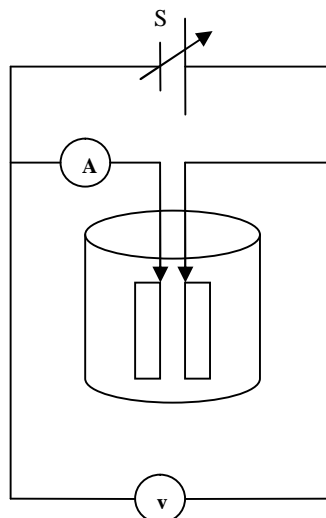
Pengukuran konduktivitas larutan dapat dilakukan dengan mengalirkan arus pada dua elektroda. Kedua elektroda tersebut dicelupkan ke dalam larutan klorofil sehingga jika *Keithley* dihidupkan, arus akan mengalir pada larutan tersebut. Pengukuran resistansi larutan klorofil dilakukan dengan menggunakan 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:

$$V = IR$$

Dimana  $R$  merupakan resistansi dalam  $\Omega$ ,  $V$  adalah tegangan dalam volt dan  $I$  adalah arus listrik yang mengalir dalam ampere (A).

Berikut adalah gambar skema *two point probe*:



**Gambar 3.2 Skema pengukuran resistansi larutan klorofil**

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

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

Dimana A merupakan amperemeter yang digunakan untuk mengukur besarnya arus yang mengalir melalui larutan klorofil, V merupakan voltmeter yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan dan S adalah *Keithley* sebagai sumber arus. Skema pengukuran resistansi diatas dilakukan dengan mengabaikan tahanan dalam alat ukur.

### 3. Uji kestabilan

Pengujian kestabilan larutan dilakukan dengan membandingkan puncak grafik nilai absorbansi larutan klorofil setelah beberapa hari. Uji kestabilan juga dapat dilakukan dengan membandingkan perubahan warna larutan ekstrak setelah beberapa hari. Uji kestabilan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya perubahan kandungan klorofil dan kemungkinan terjadinya proses degradasi klorofil menjadi molekul turunannya.

#### III.4.4. Teknik Analisa Data

Dari pengukuran dengan *two point probe Keithley 6517 A* diperoleh data tegangan (V) dan arus (I), kemudian dari data V-I tersebut dibuat plot grafik hubungan V-I dengan V sebagai sumbu x dan I sebagai sumbu y.

Dengan menggunakan persamaan linier  $y = mx+n$  maka didapat nilai slope m, dimana  $m = 1/R$ . Besarnya nilai konduktivitas ditentukan oleh:

$$S = \frac{1}{R} \frac{L}{A}$$

$$S = m \frac{L}{A} \quad \text{dimana besarnya } A = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ dan } L = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

sehingga

$$S = m \times 86,667$$

Besarnya ketidakpastian  $s_m$  dihitung menggunakan simpangan baku (Darmawan Djonoputro, 1984):

$$s_y^2 = \frac{1}{N-2} \left[ \sum y_i^2 - \frac{\sum x_i^2 (\sum y_i)^2 - 2 \sum x_i \sum y_i \sum (x_i y_i) + N (\sum x_i y_i)^2}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \right]$$

$$s_m = s_y \sqrt{\frac{N}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

Ketidakpastian  $\Delta \sigma$  diperoleh dari perbandingan  $m$  dan  $s_m$

$$\Delta S = \frac{s_m}{m} S$$

## BAB IV

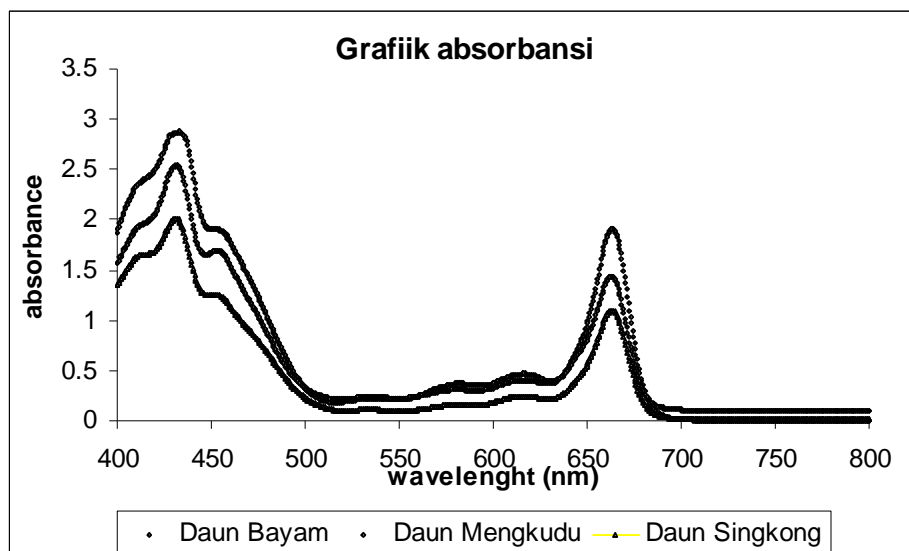
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV.1 Karakterisasi Sifat Optik

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.

##### Absorbansi larutan klorofil

Absorbansi merupakan besarnya cahaya yang diserap bahan. Sampel yang berupa daun yang mengandung pigmen klorofil akan menyerap maksimum pada panjang gelombang tertentu, terutama pada spektrum biru dan merah. Berikut adalah grafik yang menunjukkan absorbansi dari beberapa sampel.



**Gambar 4.1 Kurva absorbansi sampel daun bayam, daun mengkudu dan daun singkong**



Dari kurva diatas dapat diketahui nilai puncak absorbansi masing-masing larutan:

**Tabel 4-1 Puncak absorbansi beberapa sampel daun**

No	Daun bayam		Daun mengkudu		Daun singkong	
	l (nm)	abs	l (nm)	abs	l (nm)	abs
1	663	1,9	663	1,4	663	1,1
2	616	0,5	616	0,4	616	0,2
3	582	0,4	581	0,3	582	0,2
4	536	0,2	535	0,2	534	0,1
5	433	2,9	453	1,7	452	1,3
6			432	2,6	431	2,0

Gambar di atas merupakan grafik yang memperlihatkan besarnya absorbansi dari masing-masing sampel dengan rincian nilai absorbansi maksimum pada panjang gelombangnya masing-masing yang tertera dalam tabel 4-1.

Dari grafik terlihat bahwa nilai puncak tertinggi adalah absorbansi dari sampel daun bayam, grafik kedua untuk absorbansi daun mengkudu, dan grafik ketiga untuk absorbansi daun singkong. Kurva absorbansi sampel daun bayam memiliki lima puncak panjang gelombang, sampel daun mengkudu memiliki enam puncak, dan sampel daun singkong memiliki enam puncak.

Puncak-puncak tersebut mengindikasikan jenis klorofil tertentu yang berperan dalam proses penyerapan foton dengan berbagai panjang gelombang yang mengenai sampel tersebut. Molekul-molekul penyusun klorofil daun tumbuhan antara lain: klorofil a, klorofil b dan karotenoid. Klorofil a sebagai pigmen utama yang paling banyak jumlahnya dan satu-satunya molekul klorofil yang berperan dalam reaksi terang fotosintesis, klorofil b dan karotenoid sebagai pigmen pelengkap. Setiap pigmen dibedakan berdasarkan spektrum absorbsinya

yaitu pada panjang gelombang yang diserap, bukan panjang gelombang yang dipantulkan ataupun yang diteruskan.

Grafik diatas merupakan grafik perpaduan berbagai komponen penyusun pigmen klorofil, yakni masih mengandung klorofil a, klorofil b, dan betakaroten. Klorofil a memiliki absorbansi maksimum pada panjang gelombang 662 nm, 430 nm dan 410 nm. Dari tabel 4-1 dapat diketahui bahwa spektrum absorbansi klorofil a dicapai sampel pada panjang gelombang yang sama yaitu pada 663 nm dan sedikit berbeda untuk absorpsi pada daerah 430 nm. Spektrum absorpsi klorofil a sampel daun bayam, daun mengkudu dan daun singkong masing-masing adalah 1,9, 1,4 dan 1,1 pada panjang gelombang 663 nm dan 2,9, 2,6 dan 2,0 pada panjang gelombang di sekitar 430 nm. Jadi, sampel daun bayam memiliki kemampuan menyerap foton yang lebih baik daripada daun mengkudu maupun daun singkong. Klorofil b memiliki absorbansi maksimum pada panjang gelombang 642 nm dan 453 nm. Spektrum absorpsi klorofil b berimpit dengan klorofil a sehingga puncak-puncaknya tidak nampak kecuali pada sampel daun mengkudu dan daun singkong pada panjang gelombang di sekitar 453 nm dan 452 nm mempunyai absorbansi sebesar 1,7 dan 1,3 sedangkan untuk keberadaan pigmen karotenoid pada daun tidak nampak karena adanya pigmen klorofil. Spektrum absorpsi klorofil a pada 663 nm menunjukkan bahwa pada panjang gelombang tersebut klorofil a menyerap maksimum warna merah sedangkan absorpsinya pada 430 nm menunjukkan bahwa klorofil a menyerap maksimum warna biru. Spektrum warna merah dan biru berperan penting dalam proses fotosintesis tumbuhan karena tumbuhan dapat memperoleh seluruh kebutuhan

energinya dari spektrum merah dan biru. Klorofil a yang berwarna hijau-biru akan memantulkan warna hijau dan menyerap warna merah, karena spektrum warna merah memiliki panjang gelombang panjang dan spektrum warna biru memiliki energi yang besar maka kedua spektrum warna inilah yang mampu menembus lapisan atmosfer bumi dan diserap secara maksimal oleh molekul klorofil daun. Untuk puncak-puncak lain yang berada di antara panjang gelombang 500-600 nm sangat sedikit cahaya yang diserap karena spektrum warna hijau akan dipantulkan oleh molekul klorofil.

Secara umum, grafik di atas menunjukkan bahwa sampel daun bayam memiliki absorbansi lebih tinggi daripada sampel yang lain.

#### ✓ **Kandungan klorofil dari beberapa sampel**

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.

Nilai kandungan klorofil masing-masing sampel ditunjukkan pada tabel 4-2 berikut ini:

**Tabel 4-2 Kandungan klorofil beberapa sampel daun**

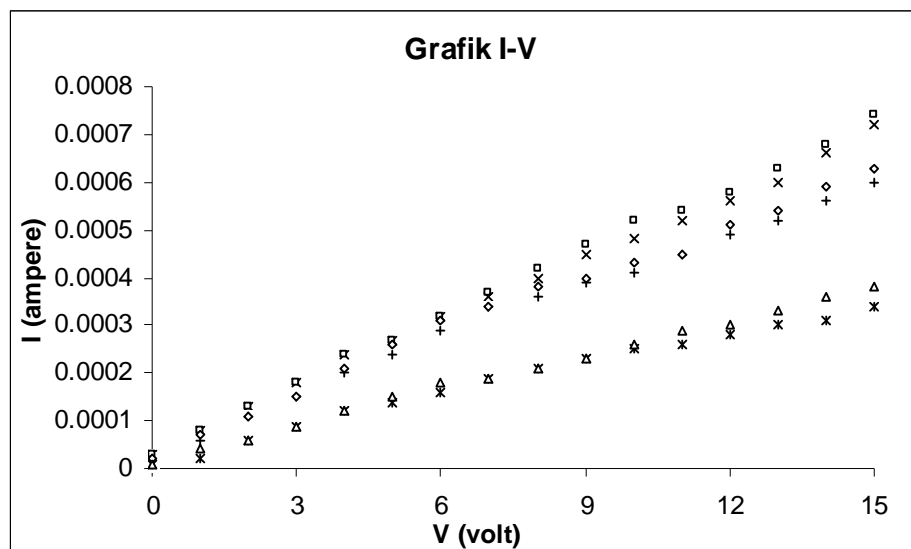
<b>Sampel</b>	<b>Klorofil a (mg/l)</b>	<b>Klorofil b (mg/l)</b>	<b>Klorofil total (mg/l)</b>
Bayam	21	5,8	27
Mengkudu	16	6,7	22
Singkong	12	3,4	16

Tabel di atas memperlihatkan besarnya kandungan klorofil dari beberapa sampel yang diujikan. Jumlah kandungan klorofil ini akan mempengaruhi jumlah foton yang diabsorpsi oleh molekul klorofil sehingga akan mempengaruhi nilai absorbansi masing-masing sampel. Prinsip dasar penyerapan cahaya adalah bahwa setiap molekul hanya dapat menyerap satu foton pada waktu tertentu dan foton ini akan menyebabkan terjadinya eksitasi pada satu elektron dalam suatu molekul. Semakin besar kandungan klorofil suatu bahan, semakin banyak energi foton yang diserapnya sehingga semakin banyak elektron bergerak yang menghasilkan aliran elektron efektif yang dapat dikonversi menjadi aliran listrik.

Dari tabel 4-2 di atas dapat diketahui bahwa sampel daun bayam memiliki kandungan klorofil yang paling banyak sehingga daun bayam memiliki kemampuan menyerap energi foton lebih baik daripada sampel lain. Sampel yang memiliki kandungan klorofil maksimal berarti memiliki jumlah molekul penyerap foton maksimal. Ketika energi foton yang diserap maksimal maka energi yang disimpan akan maksimal pula. Energi foton tersebut dapat mengkonversi menjadi energi elektrik pada aplikasi sel surya.

## IV.2 Karakterisasi Sifat Listrik

Pengukuran resistansi larutan klorofil ini dilakukan di Sub Lab Fisika Laboratorium Pusat Universitas Sebelas Maret Surakarta. Metode yang digunakan adalah metode *two point probe* dan *Keithley 6517 A* yang menghasilkan data arus dan tegangan. Nilai resistansi diperoleh berdasarkan pada perhitungan gradien yang dihasilkan oleh grafik I-V yaitu grafik hubungan arus dan tegangan yang terukur. Grafik I-V ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut ini.



**Gambar 4.2 Grafik I-V kondisi gelap terang beberapa sampel**

Pengukuran resistansi dilakukan dengan dua kondisi yaitu kondisi terang dan kondisi gelap. Nilai tegangan yang diberikan berkisar antara 0-15 volt sehingga arus yang tercatat akan meningkat dengan bertambahnya tegangan. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua ujung plat tembaga maka terjadi aliran arus melewati larutan klorofil yang dapat diukur dengan rangkaian *two point probe* yang terhubung dengan *Keithley 6517 A*. Pada pengujian keadaan terang, intensitas cahaya yang mengenai sampel adalah 180 lumen yang setara

585,36 mW/m<sup>2</sup> yang dihasilkan dari sebuah *illuminator*. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui respon cahaya dengan mengukur I-V pada saat gelap dan pada saat disinari. Hasil pengukuran respon cahaya terhadap klorofil dapat ditunjukkan pada gambar 4.2 sedangkan hasil perhitungan resistansi dan konduktivitas larutan klorofil ditunjukkan pada tabel 4-3.

**Tabel 4-3 Resistansi dan Konduktivitas klorofil beberapa sampel daun**

Sampel	R x 10 <sup>3</sup> (Ω)		σ x 10 <sup>-3</sup> (Ωm) <sup>-1</sup>		Δ σ x 10 <sup>-3</sup> (Ωm) <sup>-1</sup>
	Gelap	Terang	Gelap	Terang	
Daun Bayam	2,27	2,07	3,81	4,2	0,39
Daun Mengkudu	2,58	2,54	3,28	3,4	0,13
Daun Singkong	4,59	4,13	1,89	2,1	0,21

Pada kondisi gelap, nilai resistansi sampel lebih besar daripada kondisi terang. Perbedaan nilai resistansi pada dua kondisi ini dikarenakan jumlah elektron yang tereksitasi pada kondisi gelap lebih sedikit karena elektron-elektron ini tidak memiliki cukup energi untuk bertransisi ke orbital lain yang memiliki energi lebih tinggi. Semakin sedikit elektron-elektron yang tereksitasi maka nilai resistansinya semakin besar sehingga arus yang mengalir akan semakin kecil. Sampel daun bayam memiliki kandungan klorofil yang lebih banyak sehingga memiliki elektron bebas yang lebih banyak pula dibandingkan dengan sampel yang lain. Nilai resistansi sampel daun bayam ini lebih kecil dibandingkan kedua sampel yang lain. Sampel daun bayam bersifat lebih konduktif karena memiliki nilai resistansi terkecil dibandingkan sampel yang lain, baik pada kondisi gelap maupun kondisi terang.

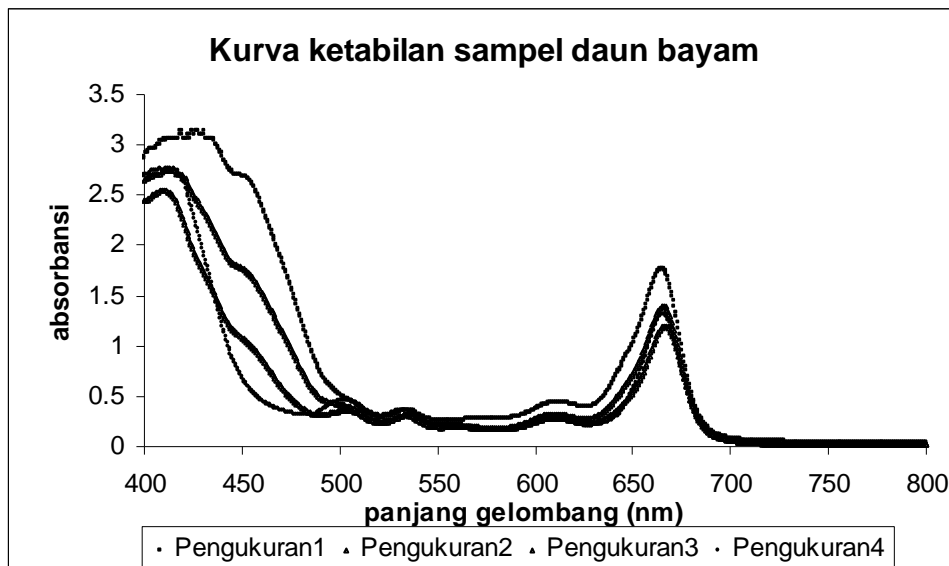
Dari gambar 4.2 tampak bahwa pada saat terang arus yang terukur lebih tinggi daripada saat larutan klorofil diukur saat gelap. Hal ini dikarenakan klorofil merupakan material yang bersifat reseptor cahaya yang menyerap cahaya tampak. Ketika cahaya atau foton diserap, akan terjadi eksitasi elektron. Semakin banyak elektron yang tereksitasi, arus terukur juga semakin besar sehingga ketika larutan dikenai cahaya arus yang terukur semakin besar.

Konduktivitas larutan klorofil dihitung menggunakan persamaan (2.11) berdasarkan data arus ( $I$ ) dan tegangan ( $V$ ) dari *two point probe*. Nilai konduktivitas larutan untuk masing-masing sampel ditunjukkan pada tabel 4-3. Dari tabel 4-3 dapat diketahui bahwa besarnya konduktivitas larutan klorofil berbanding terbalik dengan resistansi larutan. Selisih nilai konduktivitas gelap terang menunjukkan bahwa bahan bersifat konduktif yang baik meskipun tanpa pengaruh sumber tegangan dari luar.

Konduktivitas sampel daun bayam saat gelap yaitu sebesar  $(3,8133 \pm 0,0007) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  dan saat diterangi sebesar  $(4,1947 \pm 0,0007) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ . Sampel daun mengkudu saat gelap yaitu sebesar  $(3,2761 \pm 0,0006) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  dan saat diterangi sebesar  $(3,4061 \pm 0,0007) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  dan sampel daun singkong saat gelap yaitu sebesar  $(1,893 \pm 0,001) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$  dan saat diterangi sebesar  $(2,0973 \pm 0,0006) \times 10^{-3} (\Omega m)^{-1}$ . Dengan demikian, sampel daun bayam memiliki konduktivitas yang sangat baik karena mampu menghantarkan arus listrik secara maksimal. Hal ini dikarenakan sampel tersebut memiliki sejumlah besar molekul klorofil yang mampu menyerap foton secara maksimal.

### IV.3 Kurva Kestabilan

#### 1. Kurva kestabilan daun bayam



**Gambar 4.3 Kurva absorbansi daun bayam yang diukur pada hari ke-1, hari ke-31, hari ke-46, hari ke-53.**

Dari grafik diatas diketahui bahwa sampel daun bayam hari pertama memiliki serapan maksimum klorofil a pada panjang gelombang 664,50 yaitu sebesar 1,723 dan menurun menjadi 1,392 pada pengukuran kedua dan pengukuran selanjutnya sesuai pertambahan waktu. Hal ini juga terlihat pada pergeseran panjang gelombang dari 664,50 menjadi 665,50, 665,50, 666,50.

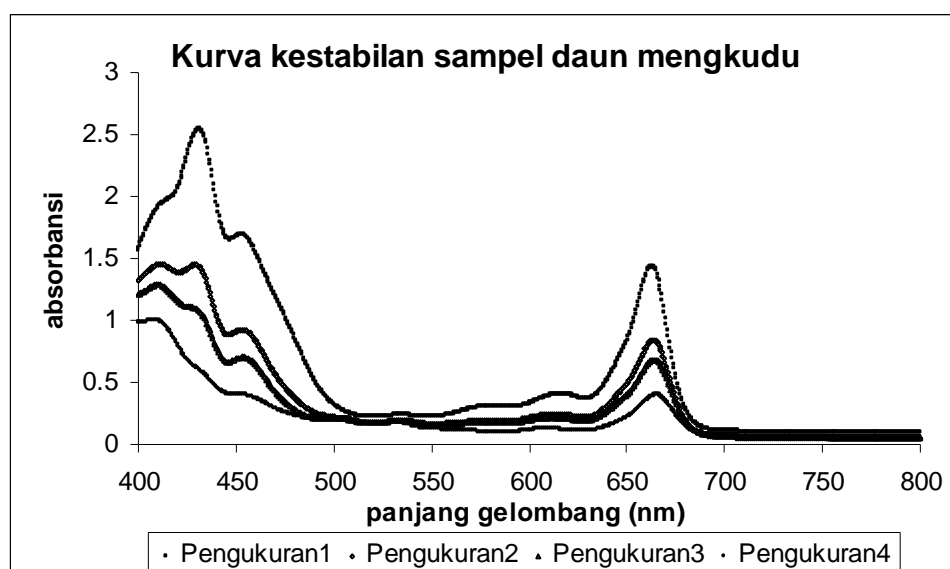
Dari grafik tersebut nampak bahwa pengukuran absorbansi pada hari pertama diperoleh tiga puncak yang cukup tajam, misalnya pada panjang gelombang 534,5 nm, 611,5 nm, dan 664,5 nm dengan besar absorbansi masing-masing adalah sebesar 1,7723, 0,4396 dan 0,3667. Pada pengukuran kedua, selang tigapuluh hari didapatkan penurunan puncak absorbansi serta pergeseran panjang gelombangnya, yaitu sebesar 0,3126, 0,3229 dan 1,3920 masing-masing pada



panjang gelombang 533,5 nm, 609,5 nm dan 665,5 nm. Demikian halnya pada pengukuran-pengukuran berikutnya. Beberapa penurunan puncak tersebut mengindikasikan adanya penurunan kualitas serapan molekul klorofil terhadap cahaya yang mengenainya. Dari perhitungan kandungan klorofil diperoleh penurunan kandungan klorofil total sebesar 29% pada pengukuran kedua, yakni setelah 30 hari. Penurunan sebesar 43% setelah 45 hari dan 61% setelah 52 hari. Adanya penurunan kandungan klorofil juga mengakibatkan adanya penurunan jumlah molekul klorofil yang berfungsi menyerap cahaya.

Setelah sekian hari kualitas serapan klorofil terhadap cahaya yang kian menurun tersebut dapat menyebabkan kualitas yang kurang baik terhadap divais yang akan dibuat, agar divais fotodetektor dapat beroperasi secara optimal maka kerusakan klorofil tersebut harus diminimalkan.

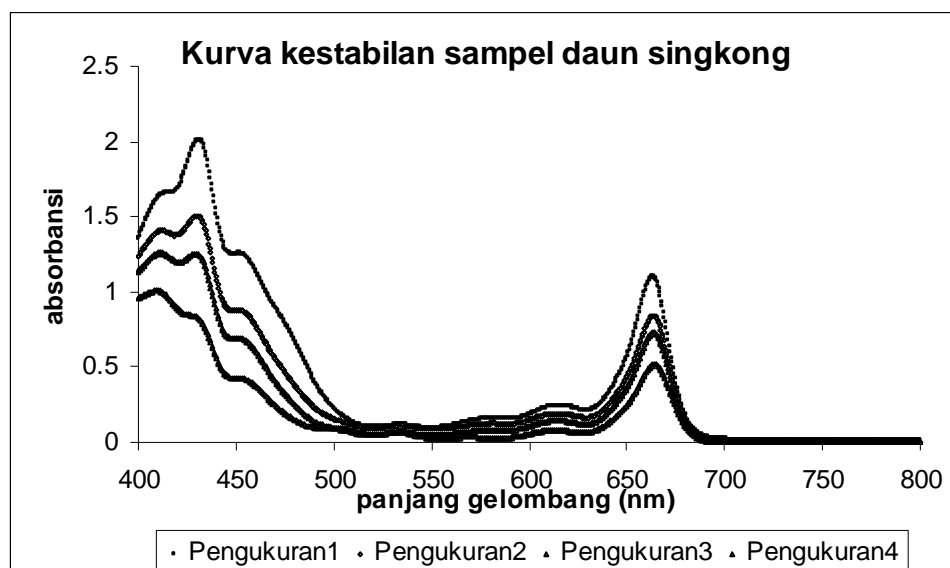
## 2. Kurva kestabilan daun mengkudu



**Gambar 4.6 Kurva absorbansi daun mengkudu yang diukur pada hari ke-1, hari ke-31, hari ke-46, hari ke-53.**

Dari grafik tersebut nampak bahwa pengukuran absorbansi pada hari pertama diperoleh tiga puncak yang cukup tajam, misalnya pada panjang gelombang 431,5 nm, 453 nm, dan 662,5 nm dengan besar absorbansi masing-masing adalah sebesar 2,5518, 1,6949 dan 1,4376. Pada pengukuran kedua didapatkan penurunan puncak absorbansi sebesar 1,4492, 0,9261 dan 0,8439 pada panjang gelombang 429,5 nm, 453 nm dan 663,5 nm. Dari perhitungan kandungan klorofil diperoleh penurunan kandungan klorofil total sebesar 41% pada pengukuran kedua, yakni setelah 30 hari. Penurunan kandungan klorofil pada sampel ini mengakibatkan penurunan jumlah molekul klorofil yang akan menyerap cahaya. Besarnya penurunan kandungan klorofil sampel daun mengkudu ini lebih besar daripada sampel daun bayam, sehingga divais dari sampel daun bayam akan bekerja lebih baik daripada divais dari sampel kedua ini.

### 3. Kurva kestabilan daun singkong



**Gambar 4.7 Kurva absorbansi daun singkong yang diukur pada hari ke-1, hari ke-31, hari ke-46, hari ke-53.**

Dari grafik kestabilan daun singkong tersebut terlihat adanya tiga puncak utama pada pengukuran absorbansi hari pertama yaitu pada panjang gelombang 431 nm, 451,5 nm dan 663 dengan absorbansi masing-masing sebesar 2,1035, 1,257 dan 1,0999. Penurunan kandungan klorofil dari sampel-sampel yang diujikan pada penelitian ini ditunjukkan dalam tabel 4-4.

**Tabel 4-4 Penurunan kandungan klorofil beberapa sampel daun**

Pengukuran	Daun bayam	Daun mengkudu	Daun singkong
1	0 %	0 %	0 %
2	29 %	41 %	25 %
3	43 %	54 %	38 %
4	61 %	68 %	56 %

Dari ketiga sampel yang diujikan pada penelitian ini, terdapat beberapa penurunan puncak yang mengindikasikan adanya penurunan kualitas serapan molekul klorofil terhadap cahaya yang datang mengenainya sehingga dalam hal ini dapat dikatakan bahwa setelah sekian hari molekul-molekul klorofil ini tidak mampu menyerap cahaya secara optimal untuk dapat dikonversi menjadi energi yang lain. Larutan klorofil secara umum akan mengalami perubahan fisik setelah beberapa hari. Perubahan fisik meliputi perubahan warna, yakni warna berubah menjadi kecokelatan, namun perubahan fisik ini tidak mempengaruhi perubahan kimiawi. Secara kimiawi, struktur dasar klorofilnya akan tetap hanya terjadi degradasi atom Mg dan rantai sampingnya.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Absorbansi klorofil sampel daun bayam lebih tinggi daripada absorbansi daun mengkudu maupun daun singkong.
2. Kandungan klorofil sampel daun bayam lebih besar daripada sampel lainnya.
3. Konduktivitas sampel daun bayam lebih besar dari sampel lain.
4. Besarnya konduktivitas klorofil adalah

Sampel	Konduktivitas ( $\times 10^{-3} (\Omega\text{m})^{-1}$ )	
	gelap	terang
Daun Bayam	(3,8133 $\pm$ 0,0007)	(4,1947 $\pm$ 0,0007)
Daun Mengkudu	(3,2761 $\pm$ 0,0006)	(3,4061 $\pm$ 0,0007)
Daun Singkong	(1,893 $\pm$ 0,001)	(2,097 $\pm$ 0,0006)

#### V.2. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut dari skripsi ini maka disarankan hal-hal berikut ini: klorofil a dan b dipisahkan dari komponen pigmen yang lain, pengukuran sifat listrik klorofil tidak dalam bentuk larutan, perlu penambahan bahan tertentu untuk menstabilkan klorofil, dan untuk aplikasi lebih lanjut molekul klorofil harus digabungkan dengan semikonduktor tertentu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Carlson, R.E. and J. Simpson. 1996. *A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods*. 96pp. <http://dipin.kent.edu/chlorophyll.htm>. 3 Mei 2007
- Chudrin, Tien. 2006. *Makanan dalam Perspektif Al Quran dan Ilmu Gizi*. Jakarta: Balai Penerbit FKUI.
- Djonoputro, Darmawan. 1984. *Teori Ketidakpastian*. Bandung: ITB
- D.,Candra. 2000. *Bahan Elektronik Ramah Lingkungan*. <http://www.mail-archive.com/portal@ikapens.org/msg005009.html>. 13 Maret 2007
- Harborne, Y.B. 1973. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan*. Alih bahasa oleh: Padmawinata, K. dan Soediro, I. Bandung: ITB.
- Kompas. 2004. *Bayam Hasilkan Sel Tenaga Surya yang Lebih Baik*. <http://www.kompas.com/teknologi/news/0409/22/150921.htm>. 27 april 2007
- Lehninger, Albert L. 1982. *Dasar-dasar Biokimia*; alih bahasa oleh: Maggy Thenawidjaja. Jakarta: Erlangga.
- May, Paul. 2006. *Chlorophyll*. <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/chlorophyll/chlorophyll.pdb>. 23 Desember 2005
- Poruka. 2004. *Chlorophyll*. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e24/3.htm>. 4 Mei 2007
- Reusch, William. 2004. *Uv/Vis Spectrophotometer*. [http://www.cem.msu.edu/~reusch/virtual text/spectrpy/uv-vis/spectrum.htm](http://www.cem.msu.edu/~reusch/virtual%20text/spectrpy/uv-vis/spectrum.htm). 22 September 2006
- Robinson, Trevor. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*; alih bahasa oleh Kosasih Padmawinata. Bandung: ITB.
- Sastrohamidjojo, H. 1991. *Kromatografi*. Yogyakarta: Liberty.
- Tenenbaum, David. 1998. *Bio-Solar Cells*. [http://whyfiles.org/shorties/images/synth\\_diagram.gif&imgrefurl](http://whyfiles.org/shorties/images/synth_diagram.gif&imgrefurl). 5 Juni 2007
- Yatim, Wildan. 1999. *Kamus Biologi*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Yuliarto, Brian. 2006. *Teknologi Sel Surya Untuk Energi Masa Depan*. <http://www.beritaiptek.com/zberita-beritaiptek.shtml>. 1 April 2007

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1: Data klorofil beberapa sampel

#### Data kandungan klorofil beberapa sampel

Sampel	Klorofil a (mg/l)	Klorofil b (mg/l)	Klorofil total (mg/l)
Daun Bayam	21	5,8	26,9
Daun Mengkudu	16	6,7	22,3
Daun Singkong	12	3,4	15,6

#### Data kestabilan klorofil daun bayam

Sampel Daun Bayam	Klorofil a (mg/l)	Klorofil b (mg/l)	Klorofil total (mg/l)
1	19	8,8	28
2	15	5,3	20
3	13	3,2	16
4	8,5	2,9	11

#### Data kestabilan klorofil daun mengkudu

Sampel Daun Mengkudu	Klorofil a (mg/l)	Klorofil b (mg/l)	Klorofil total (mg/l)
1	19	6,7	22
2	9,1	4,2	13
3	7,3	3,6	10
4	4,3	1,7	7

#### Data kestabilan klorofil daun singkong

Sampel Daun Singkong	Klorofil a (mg/l)	Klorofil b (mg/l)	Klorofil total (mg/l)
1	12	3,4	16
2	9,3	2,7	12
3	8,1	2,1	10
4	5,7	1,2	7

**LAMPIRAN 2: Data absorbansi maksimum****Sampel Daun bayam**

- Pengukuran 1

No	Wavelength (nm)	Abs
1	664,5	1,7723
2	611,5	0,4396
3	534,5	0,3667

- Pengukuran 2

No	Wavelength (nm)	Abs
1	666,5	1,2015
2	610	0,283
3	534,5	0,3171
4	504	0,3557

- Pengukuran 3

No	Wavelength (nm)	Abs
1	665,5	1,392
2	609,5	0,3229
3	560	0,1935
4	533,5	0,3126
5	409,5	2,7372
6	313,5	0,0547

- Pengukuran 4

No	Wavelength (nm)	Abs
1	665,5	1,3217
2	607,5	0,2938
3	532,5	0,3646
4	503	0,4604
5	408	2,7668

**Sampel Daun mengkudu**

- Pengukuran 1

No	Wavelength (nm)	Abs
1	662,5	1,4376
2	616	0,4064
3	581	0,3126
4	534,5	0,2373
5	453	1,6949
6	431,5	2,5518

- Pengukuran 2

No	Wavelength (nm)	Abs
1	663,5	0,8439
2	613	0,2474
3	581	0,1946
4	534	0,201
5	453	0,9261
6	429,5	1,4492
7	411	1,453

- Pengukuran 3

No	Wavelength (nm)	Abs
1	747	0,0573
2	664	0,684
3	611	0,2178
4	534	0,1997
5	453,5	0,7026
6	410	1,2877
7	369	2,1572
8	312,5	0,0624

- Pengukuran 4

No	Wavelength (nm)	Abs
1	665	0,4
2	609,5	0,1273
3	533	0,1754
4	500	0,2136
5	409	1,0044
6	368,5	1,9766

### Sampel Daun Singkong

- Pengukuran 1

No	Wavelength (nm)	Abs
1	663	1,0999
2	616	0,2457
3	581,5	0,161
4	534	0,1168
5	451,5	1,257
6	431	2,0135

- Pengukuran 2

No	Wavelength (nm)	Abs
1	663,5	0,8411
2	614,5	0,1913
3	581	0,1266
4	534	0,1146
5	451	0,8781
6	430	1,5078
7	411,5	1,4073

- Pengukuran 3

No	Wavelength (nm)	Abs
1	663,5	0,7281
2	614	0,1439
3	582	0,0825
4	534	0,075
5	451	0,692
6	429,5	1,2545
7	411,5	1,2583
8	365,5	1,4545

- Pengukuran 4

No	Wavelength (nm)	Abs
1	664	0,517
2	612,5	0,0796
3	567,5	0,0337
4	533,5	0,0684
5	409,5	1,0093
6	365,5	1,3566

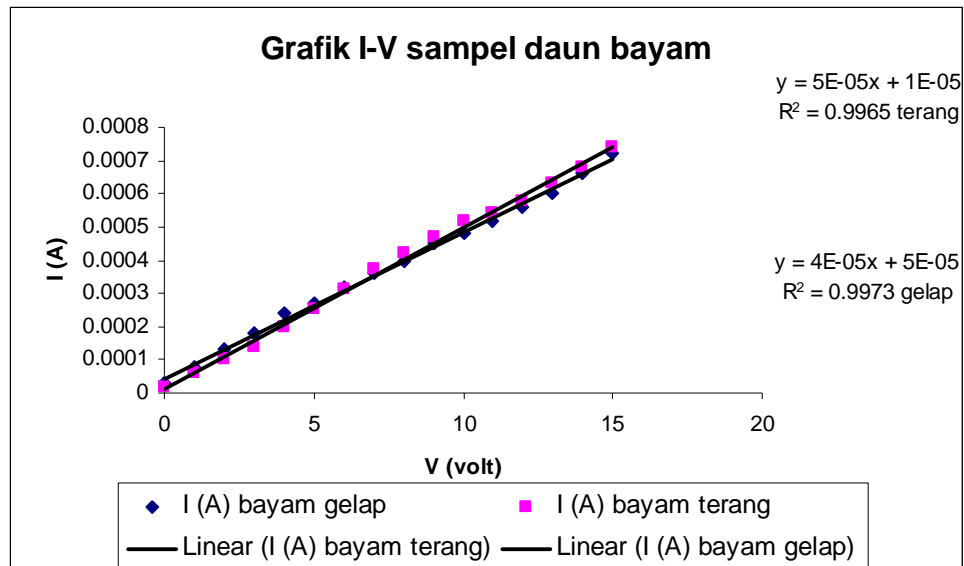
### LAMPIRAN 3: Data I-V beberapa sampel

V (volt)	Gelap			Terang		
	Bayam	Mengkudu	Singkong	Bayam	Mengkudu	Singkong
	I (mA)	I (mA)	I (mA)	I (mA)	I (mA)	I (mA)
0	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01
1	0,08	0,06	0,02	0,08	0,07	0,04
2	0,13	0,11	0,06	0,13	0,11	0,06
3	0,18	0,15	0,09	0,18	0,15	0,09
4	0,24	0,20	0,12	0,24	0,21	0,12
5	0,27	0,24	0,14	0,27	0,26	0,15
6	0,32	0,29	0,16	0,32	0,31	0,18
7	0,36	0,34	0,19	0,37	0,34	0,19
8	0,4	0,36	0,21	0,42	0,38	0,21
9	0,45	0,39	0,23	0,47	0,40	0,23
10	0,48	0,41	0,25	0,52	0,43	0,26
11	0,52	0,45	0,26	0,54	0,45	0,29
12	0,56	0,49	0,28	0,58	0,51	0,30
13	0,60	0,52	0,30	0,63	0,54	0,33
14	0,66	0,56	0,31	0,68	0,59	0,36
15	0,72	0,60	0,34	0,74	0,63	0,38



### Grafik I-V kondisi gelap dan kondisi terang

- Sampel daun bayam



#### Kondisi Gelap

Dari persamaan grafik I-V sampel daun bayam diperoleh  $y = 0,000044x + 0,000045$ , maka dapat didapatkan nilai gradien ( $m$ ) = 0,000044.

Berdasarkan hukum Ohm, nilai gradien tersebut merupakan satu per nilai resistansi yang terukur.

Nilai resistansi =  $1/m = 22,7 \times 10^3$  ohm.

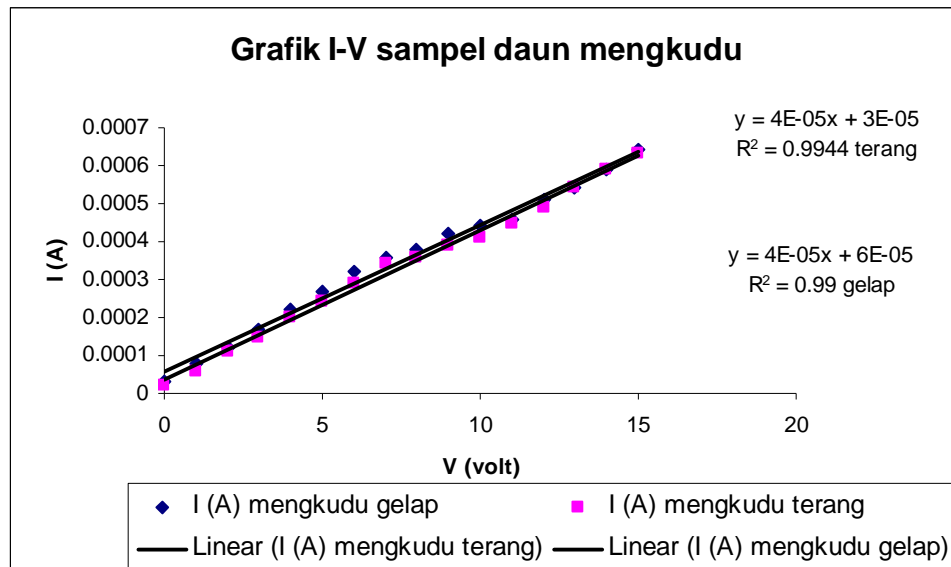
#### Kondisi Terang

Dari persamaan grafik I-V sampel daun bayam diperoleh  $y = 0,0000484x + 0,0000139$ , maka dapat didapatkan nilai gradien ( $m$ ) = 0,0000484.

Berdasarkan hukum Ohm, nilai gradien tersebut merupakan satu per nilai resistansi yang terukur.

Nilai resistansi =  $1/m = 20,7 \times 10^3$  ohm.

- **Sampel daun mengkudu**



### Kondisi Gelap

Dari persamaan grafik I-V sampel daun mengkudu diperoleh  $y = 0,0000378x + 0,000041$ , maka dapat didapatkan nilai gradien ( $m$ ) = 0,0000378.

Berdasarkan hukum Ohm, nilai gradien tersebut merupakan satu per nilai resistansi yang terukur.

Nilai resistansi =  $1/m = 26,5 \times 10^3$  ohm.

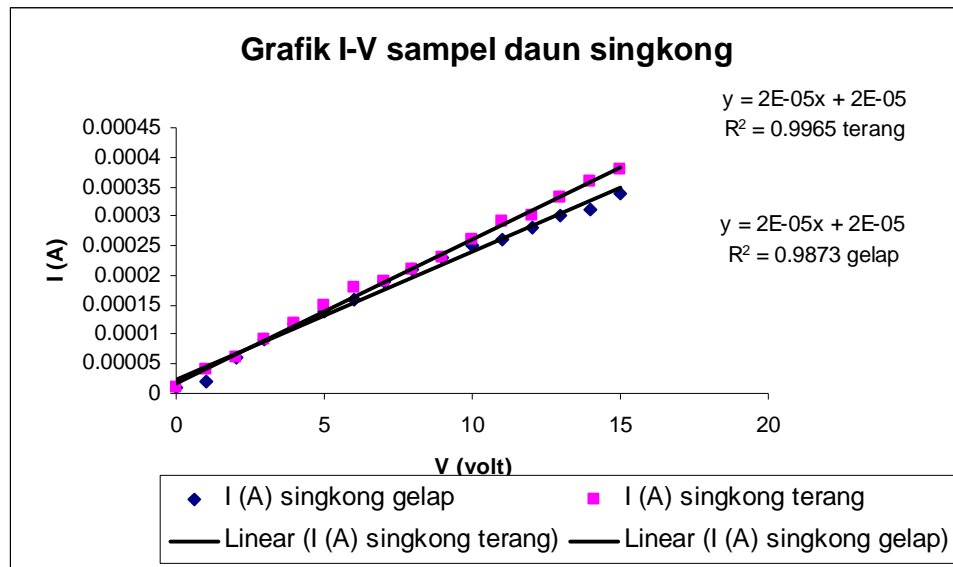
### Kondisi Terang

Dari persamaan grafik I-V sampel daun mengkudu diperoleh  $y = 0,0000393x + 0,0000428$ , maka dapat didapatkan nilai gradien ( $m$ ) = 0,0000393.

Berdasarkan hukum Ohm, nilai gradien tersebut merupakan satu per nilai resistansi yang terukur.

Nilai resistansi =  $1/m = 25,4 \times 10^3$  ohm.

- **Sampel daun singkong**



### Kondisi Gelap

Dari persamaan grafik I-V sampel daun singkong diperoleh  $y = 0,0000218x + 0,0000221$ , maka dapat didapatkan nilai gradien ( $m$ ) = 0,0000218.

Berdasarkan hukum Ohm, nilai gradien tersebut merupakan satu per nilai resistansi yang terukur.

Nilai resistansi =  $1/m = 45,9 \times 10^3$  ohm.

### Kondisi Terang

Dari persamaan grafik I-V sampel daun singkong diperoleh  $y = 0,0000242x + 0,0000182$ , maka dapat didapatkan nilai gradien ( $m$ ) = 0,0000242.

Berdasarkan hukum Ohm, nilai gradien tersebut merupakan satu per nilai resistansi yang terukur.

Nilai resistansi =  $1/m = 41,3 \times 10^3$  ohm.

### Perhitungan Nilai Konduktivitas

- Sampel daun bayam

#### kondisi gelap

$$S = \frac{1}{R} \frac{l}{A} \quad \text{dengan } A = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ dan } l = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \sigma &= 0,000044 \, \Omega^{-1} \times 86,667 \text{ m}^{-1} \\ &= 0,00381 \, \Omega^{-1} \text{m}^{-1} = 3,81 \times 10^{-3} (\Omega \text{m})^{-1} \end{aligned}$$

#### kondisi terang

$$S = \frac{1}{R} \frac{l}{A} \quad \text{dengan } A = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ dan } l = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \sigma &= 0,0000484 \, \Omega^{-1} \times 86,667 \text{ m}^{-1} \\ &= 0,00420 \, \Omega^{-1} \text{m}^{-1} = 4,20 \times 10^{-3} (\Omega \text{m})^{-1} \end{aligned}$$

- Sampel daun mengkudu

#### kondisi gelap

$$S = \frac{1}{R} \frac{l}{A} \quad \text{dengan } A = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ dan } l = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \sigma &= 0,0000378 \, \Omega^{-1} \times 86,667 \text{ m}^{-1} \\ &= 0,003276 \, \Omega^{-1} \text{m}^{-1} = 3,28 \times 10^{-3} (\Omega \text{m})^{-1} \end{aligned}$$

#### kondisi terang

$$S = \frac{1}{R} \frac{l}{A} \quad \text{dengan } A = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ dan } l = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \sigma &= 0,0000393 \, \Omega^{-1} \times 86,667 \text{ m}^{-1} \\ &= 0,0034061 \, \Omega^{-1} \text{m}^{-1} = 3,41 \times 10^{-3} (\Omega \text{m})^{-1} \end{aligned}$$

- **Sampel daun singkong**

**kondisi gelap**

$$S = \frac{1}{R} \frac{l}{A} \quad \text{dengan } A = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ dan } l = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \sigma &= 0,0000218 \, \Omega^{-1} \times 86,667 \text{ m}^{-1} \\ &= 0,001889 \, \Omega^{-1} \text{m}^{-1} = 1,89 \times 10^{-3} (\Omega \text{m})^{-1} \end{aligned}$$

**kondisi terang**

$$S = \frac{1}{R} \frac{l}{A} \quad \text{dengan } A = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ dan } l = 1,3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \sigma &= 0,0000242 \, \Omega^{-1} \times 86,667 \text{ m}^{-1} \\ &= 0,002097 \, \Omega^{-1} \text{m}^{-1} = 2,1 \times 10^{-3} (\Omega \text{m})^{-1} \end{aligned}$$

**Perhitungan Nilai Ketidakpastian**

Ketidakpastian ( $\Delta\sigma$ ) diperoleh dari perbandingan  $s_m$  dan  $m$

$$\Delta S = \frac{s_m}{m} S$$

Sehingga

Sampel	$R \times 10^3 (\Omega)$		$\sigma \times 10^{-3} (\Omega \text{m})^{-1}$		$\Delta \sigma \times 10^{-3} (\Omega \text{m})^{-1}$
	Gelap	Terang	Gelap	Terang	
Daun Bayam	2,27	2,07	3,81	4,20	$0,390 \pm 0,062$
Daun Mengkudu	2,58	2,54	3,28	3,41	$0,134 \pm 0,010$
Daun Singkong	4,59	4,13	1,89	2,10	$0,211 \pm 0,077$