

**PENGARUH SUHU TERHADAP PROSES PEMBENTUKAN FEOFITIN  
DAUN SUJI SEBAGAI BAHAN AKTIF *PHOTOSENSITIZER***

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana sains pada  
jurusan fisika universitas negeri padang*



**OLEH :**

**ARI ARFANDI**

**00328/2008**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2012**

**PENGARUH SUHU TERHADAP PROSES PEMBENTUKAN  
FEOFITIN DAUN SUJI SEBAGAI BAHAN AKTIF  
*PHOTOSENSITIZER***

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana sains pada jurusan  
fisika universitas negeri padang*



**OLEH :**

**ARI ARFANDI**

**00328/2008**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2012**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Suhu Terhadap Proses Pembentukan  
Feofitin Daun Suji Sebagai Bahan Aktif  
*Photosensitizer.*

Nama : Ari Arfandi

NIM : 00328

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 14 Agustus 2012

Disetujui oleh

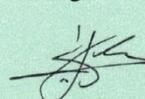
Pembimbing I



Dr. Ratnawulan, M.Si.

NIP.132 026 379

Pembimbing II



Dra. Yenni Darvina, M.Si.

NIP. 19630911 198903 2 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Ari Arfandi  
NIM : 00328  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

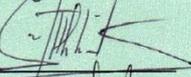
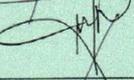
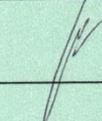
dengan judul

Pengaruh Suhu Terhadap Proses Pembentukan Feofitin Daun Suji Sebagai  
Bahan Aktif *Photosensitizer*

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 14 Agustus 2012

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
Ketua : Dr. Ratnawulan, M.Si	 _____
Sekretaris : Dra. Yenni Darvina, M.Si	 _____
Anggota : Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si	 _____
Anggota : Dra. Syakbaniah, M.Si	 _____
Anggota : Drs. Gusnedi, M.Si	 _____

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 14 Agustus 2012  
Yang menyatakan,

Ari Arfandi

## ABSTRAK

### **Ari Arfandi : Pengaruh Suhu Terhadap Proses Pembentukan *Feofitin* Daun Suji Sebagai Bahan Aktif *Photosensitizer***

Kanker merupakan salah satu jenis penyakit yang sulit diobati, teknik-teknik pengobatan kanker yang ada pada saat ini seperti pembedahan/operasi, kemoterapi dan radioterapi belum menghasilkan hasil yang memuaskan dalam mengatasi keganasan kanker. Namun, kanker sebagai salah satu penyakit yang ditakuti pada saat ini, dapat disembuhkan dengan menggunakan obat-obatan yang bahan bakunya berasal dari alam Indonesia. Pengobatan ini merupakan sebuah terapi kanker yang menggunakan tiga faktor penting seperti *photosensitizer*, oksigen dan cahaya, terapi kanker ini bernama Terapi Fotodinamik (TFD). *Photosensitizer* yang dibutuhkan dapat diperoleh dari daun suji (*Pleomele angustifolia* N. E. Brown) yang dipanaskan. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui jumlah kandungan klorofil daun suji sebelum dipanaskan, dan mengetahui suhu maksimum yang diperlukan untuk menghasilkan feofitin dengan nilai absorbansi maksimum serta, untuk mengetahui hubungan nilai absorbansi feofitin dengan jumlah kandungan klorofil pada daun suji setelah proses pemanasan.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang pengambilan datanya dilakukan di Laboratorium Fisika Material dan Biofisika FMIPA UNP, serta Laboratorium Kimia UNP pada bulan Juni sampai bulan Juli 2012. Variabel bebas dalam penelitian ini ialah variasi suhu pemanasan yang diberikan pada sampel daun suji, variabel terikat pada penelitian ini meliputi nilai absorbansi klorofil a, klorofil b, *feofitin* dan total klorofil, serta perubahan warna klorofil ketika dilakukan pengujian. Sedangkan variabel kontrol dalam penelitian ini adalah jenis daun suji, warna daun suji, massa daun suji, jumlah pelarut, lamanya maserasi (perendaman) dan waktu fraksinasi.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, jumlah kandungan klorofil yang terdapat di dalam daun suji sebelum dipanaskan ialah 11,26453  $\mu\text{g/ml}$  dan nilai absorbansi maksimum feofitin, terdapat pada pemanasan dengan suhu  $90^{\circ}\text{C}$  dengan nilai absorbansi maksimum sebesar 1,90130  $\mu\text{g/ml}$ . Serta terdapat hubungan antara nilai total absorbansi feofitin dengan jumlah kandungan klorofil yang terdapat di dalam daun suji, namun hubungannya tidak kontinu.

**Kata kunci:** *Daun suji, Suhu Pembentukan Feofitin, Feofitin, Photosensitizer*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayah yang dilimpahkan sebagai sumber kekuatan hati dan peneguh iman sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Suhu Terhadap Proses Pembentukan *Feofitin* Daun Suji Sebagai Bahan Aktif *Fotosensitizer*”. Salawat dan salam kepada nabi Muhamad SAW yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat di alam semesta ini.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan perkuliahan dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulis banyak mendapat arahan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak dalam menyusun, membuat dan menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini izinkan penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Ibu Dr. Ratnawulan, M.Si sebagai Dosen pembimbing I dan Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si sebagai dosen pembimbing II atas segala bantuannya yang telah tulus dan ikhlas memberikan arahan, membaca, memeriksa, mengoreksi dan memberikan saran-saran untuk perbaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Dra. Syakbaniah, M.Si, Bapak Drs. Gusnedi, M.Si dan Bapak Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan yang berarti demi kesempurnaan tugas akhir ini.
3. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

4. Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai ketua Program studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Bapak / Ibu Dosen Staf pengajar di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Seluruh keluarga tercinta atas do'a dan dorongan semangat yang diberikan.
7. Teman-teman yang telah banyak mmbantu penulis dalam menyusun skripsi ini.
8. Semua Senior, teman-teman Fisika 2008 dan Junior yang telah banyak membantu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan hati yang telah mereka berikan kepada penulis.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan umumnya dan kemajuan ilmu fisika khususnya Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi kelengkapan skripsi ini. Semoga semua bantuan, kritik dan saran yang telah diberikan menjadi masukan positif bagi penulis.

Padang, Juli 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Batasan Masalah .....	5
D. Pertanyaan Penelitian .....	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Daun Suji .....	8
B. Klorofil dan Fotosintesis .....	10
C. Sifat Fisika-Kimia Klorofil.....	15
D. Turunan Klorofil.....	18
E. Feofitin .....	20
F. Sifat Fisis Feofitin .....	20

G. Kanker .....	22
H. Gelombang Elektromagnetik.....	25
I. Daun Suji Sebagai <i>Photosensitizer</i> .....	30
J. Spektrofotometri Uv-Visibel .....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian .....	39
B. Waktu dan Tempat Penelitian .....	39
C. Variabel Penelitian .....	39
D. Bahan dan Alat yang Digunakan Dalam Penelitian .....	40
E. Langkah-Langkah Penelitian .....	51
F. Prosedur Penelitian.....	52
G. Teknik Pengumpulan Data .....	54
H. Teknik Pengolahan Data.....	55
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Deskripsi Data .....	56
B. Analisis Data .....	65
C. Pembahasan .....	70
<b>BAB VI PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan.....	78
B. Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	79
<b>LAMPIRAN</b> .....	82

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Daun Suji.....	8
2. Rantai Ikatan Klorofil a dan Klorofil b .....	11
3. Spektrum Optik dari Klorofil a dan Klorofil b.....	16
4. Struktur Molekul Klorofil (kiri) dan Struktur Molekul Sel Darah Merah (kanan) .....	18
5. Perubahan Klorofil Menjadi Beberapa Senyawa Turunannya.....	19
6. Reaksi <i>feofitinsi</i> .....	20
7. Spektrum Gelombang Elektromagnetik .....	26
8. Pemaparan Skematik Transisi Elektronik dari Suatu Tingkat Energi Yang Rendah Ke Suatu Tingkat Energi yang Tinggi .....	29
9. Eksitasi Oksigen Pada <i>Photosensitizer</i> .....	31
10. Skema <i>Photosensitizer</i> .....	32
11. Spektrofotometer Uv Vis .....	33
12. Diagram Spektrometer .....	34
13. Penyerapan Cahaya Oleh Larutan atau Bahan .....	35
14. Daun Suji .....	40
15. Aquades.....	40
16. Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> anhidrat .....	41
17. Alumunium Foil.....	41
18. Methanol .....	42
19. Dietil Eter.....	42
20. Larutan Aseton.....	43

21. Timbangan Digital .....	43
22. Pipet Tetes.....	44
23. Gelas Piala .....	44
24. Botol Kaca .....	44
25. Termometer 100 <sup>0</sup> C.....	45
26. Isolasi dan Labu Ukur 25 ml.....	45
27. Kertas Saring.....	46
28. Kertas Tisu .....	46
29. Corong.....	47
30. Batang Pengaduk .....	47
31. Corong Pisah.....	48
32. Open.....	48
33. <i>Water Batch</i> .....	49
34. <i>Rotary Evaporator</i> .....	49
35. Lemari Asam.....	50
36. Spektrofotometer Uv-Visibel.....	50
37. Langkah-Langkah Penelitian .....	51
38. Pola Spektra Uv-Vis Pada Pengukuran Nilai Absorbansi klorofil a dan b Pada Sampel Sebelum Dipanaskan .....	57
39. Pola Spektra Feofitin Pada Pemanasan 50 <sup>0</sup> C (Sampel 2).....	58
40. Pola Spektra Feofitin Pada Pemanasan 60 <sup>0</sup> C (Sampel 3).....	59
41. Pola Spektra Feofitin Pada Pemanasan 70 <sup>0</sup> C (Sampel 4).....	59
42. Pola Spektra Feofitin Pada Pemanasan 80 <sup>0</sup> C (Sampel 5).....	60
43. Pola Spektra Feofitin Pada Pemanasan 90 <sup>0</sup> C (Sampel 6).....	61

44. Pola Spektra Feofitin Pada Pemanasan 100 <sup>0</sup> C (Sampel 7) .....	61
45. Pola Spektra Seluruh Sampel.....	62
46. Grafik Hubungan Suhu Terhadap Absorbansi Pada Panjang Gelombang 409,5 nm.....	67
47. Grafik Hubungan Nilai Total Absorbansi Feofitin dan Total Klorofil Terhadap Suhu .....	69

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Macam-Macam Gelombang Elektromagnetik .....	27
2. Nilai Absorbansi Klorofil a dan Klorofil b Pada Sampel Kontrol (Sampel 1) .....	56
3. Nilai Absorbansi <i>Feofitin</i> Pada Sampel Sebelum Dan Setelah Dipanaskan..	63
4. Nilai Absorbansi Klorofil a dan Klorofil b Pada Enam Variasi Suhu Pemanasan.....	64
5. Nilai total klorofil pada sampel kontrol (sampel 1) .....	65
6. Hasil perhitungan nilai total absorbansi produk <i>feofitin</i> dan total klorofil ....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Nilai Total Klorofil .....	85
2. Foto-Foto Penelitian.....	87

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Di Indonesia, kanker merupakan salah satu jenis penyakit yang ditakuti dan cukup sulit penanganannya. Berbagai macam teknik dan terapi telah diciptakan dan dikembangkan untuk mengatasi keganasan kanker. Teknik yang telah diterapkan seperti pembedahan/operasi, kemoterapi, dan radioterapi. Namun, hasil teknik–teknik tersebut masih belum memuaskan dalam mengatasi keganasan kanker, karena efek pascaterapi dari teknik–teknik tersebut cukup berbahaya bagi pasien.

Kanker sebagai salah satu penyakit yang ditakuti pada saat ini, sesungguhnya dapat disembuhkan dengan menggunakan obat–obatan yang bahan bakunya sangat banyak terdapat di alam Indonesia. Salah satu senyawa antikanker yang dapat dimanfaatkan ialah feofitin yang terdapat di dalam klorofil daun suji.

Klorofil dikenal sebagai zat pewarna alami, karena klorofil sangat banyak digunakan pada industri makanan untuk memberikan tampilan warna makanan agar lebih menarik dan menggugah selera, selain itu menurut Reddy *et al* dalam Sari (2007) klorofil dan turunannya juga dapat bertindak sebagai zat antikanker. Peran klorofil khususnya turunan dari klorofil yaitu feofitin sangat bermanfaat dalam terapi pengobatan kanker, karena feofitin mampu mengaktivasi senyawa radikal yang berbahaya bagi sel.

Baru-baru ini dalam dunia terapi kanker telah dikembangkan metode baru yaitu Terapi Fotodinamik (TFD). Terapi fotodinamik bisa digunakan untuk terapi pengobatan kanker menggunakan infra merah berkekuatan 650-800 nanometer tanpa memerlukan operasi, sehingga efek samping yang ditimbulkan oleh terapi fotodinamik lebih minim. Selain itu, terapi fotodinamik mampu mengobati kanker dalam rentang waktu 3 sampai 8 bulan. Menurut Dubakiene dan Kupriene (2006) metode ini menggunakan tiga faktor penting yaitu *photosensitizer*, cahaya, dan oksigen.

Sebagai penangkap cahaya, klorofil mampu menyerap maksimal pada panjang gelombang maksimum ( $\lambda$  maks) 670 nm (klorofil a) dan 650 nm (klorofil b) (Brotosudarmo dan Limantara dalam Ayu, 2008). Dalam metode terapi fotodinamik feofitin digunakan sebagai *photosensitizer*. Teknologi terapi fotodinamik didasarkan pada penemuan bahwa suatu senyawa yang bernama *photosensitizer* akan dapat membunuh sel-sel kanker ketika senyawa tersebut diekspos dengan cahaya tampak pada panjang gelombang tertentu.

Terapi fotodinamik merupakan metode terapi yang aman saat ini. Ditemukannya peran klorofil khususnya feofitin sebagai *photosensitizer* dalam fotodinamik terapi (Brotosudarmo, 2002), menghantarkan fotodinamik sebagai terapi kanker yang mutakhir, aman, dan ramah bagi tubuh pasien.

Terapi fotodinamik dalam pengaplikasiannya feofitin diinjeksikan ke tubuh, yang kemudian diserap secara otomatis oleh seluruh sel. Feofitin akan terakumulasi dalam sel kanker dan tinggal lebih lama jika dibandingkan

dengan keberadaannya di dalam sel normal (Brotosudarmo, 2002). Untuk mendeteksi keberadaan feofitin dalam sel kanker, pasien yang telah diberi obat dipindai. Menurut Putra dan Bahri (2007), bagian yang terdapat feofitin akan berpendar terang.

Feofitin mengabsorpsi cahaya kemudian tereksitasi pada keadaan singlet. Keadaan ini tidak berlangsung lama, feofitin akan berubah ke keadaan triplet. Feofitin pada keadaan triplet ini akan bereaksi dengan oksigen yang tentunya ada dalam jaringan tubuh manusia, termasuk dalam jaringan kanker. Oksigen dalam keadaan dasar akan tereksitasi menjadi singlet oksigen yang bersifat sangat reaktif dan dapat menghancurkan sel-sel kanker.

Pada akhirnya, feofitin yang telah menjalankan tugasnya akan kembali ke keadaan normal. Sifat fototoksitas klorofil yang timbul ketika berinteraksi dengan cahaya, kemudian dikembangkan untuk aplikasi perusakan/penghancuran sel kanker yang dikenal sebagai terapi fotodinamika tumor dan kanker (Agostinis dkk dalam Budiyanto dkk, 2008).

Dalam metode terapi fotodinamik, diperoleh beberapa keuntungan yaitu: 1). Fotodinamik terapi bersifat spesifik, *photosensitizer* akan terakumulasi dan tinggal lebih lama secara spesifik dalam sel-sel kanker. 2). *Photosensitizer* akan kembali pada keadaan normal setelah proses penyinaran. 3). Panjang gelombang iradiasi yang digunakan hanya diserap secara aktif oleh *photosensitizer*. 4). Iradiasi ditunjukkan secara langsung pada daerah

kanker. 5). Singlet oksigen yang sangat reaktif hanya secara spesifik menyerang pada sel target.

Persyaratan penting yang harus dimiliki oleh *photosensitizer* yaitu, senyawa-senyawa yang mampu secara khusus menyerap cahaya pada panjang gelombang 630-800 nm dan dapat, mentransferkan energi eksitasinya ke oksigen

yang ada dalam jaringan kanker (Limantara dalam Janiez, 2009). Pembentukan feofitin sebagai *photosensitizer* yang berasal dari turunan klorofil sangat dipengaruhi oleh suhu, cahaya, air, asam, basa dan alkohol (Kusmita dan Limantara, 2009).

Kemudian proses fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, air, oksigen, karbohidrat, zat besi dan magnesium. Faktor – faktor inilah yang sangat mempengaruhi jumlah klorofil yang terbentuk dari hasil fotosintesis yang juga akan menentukan kualitas feofitin yang akan digunakan sebagai *photosensitizer*.

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan terkait dengan pembentukan feofitin dilakukan oleh Kusmita dan Limantara (2009). Mereka meneliti proses pembentukan feofitin berdasarkan asam, basa dan dampak penambahan pelarut air, dari penelitian mereka terbukti bahwa asam, basa dan pelarut air mempengaruhi proses pembentukan feofitin, sedangkan faktor – faktor yang mempengaruhi proses pembentukan feofitin yang lainnya belum diteliti.

Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk meneliti tentang seberapa banyak kandungan klorofil pada daun suji, serta melihat pengaruh kenaikan suhu pada nilai absorbansi feofitin sebagai *photosensitizer* untuk pengobatan kanker, maka penulis melakukan penelitian yang berjudul: **“Pengaruh Suhu Terhadap Proses Pembentukan Feofitin Daun Suji Sebagai Bahan Aktif *Photosensitizer*”**

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu berapa kandungan klorofil daun suji dan pada suhu berapa daun suji sebagai bahan aktif *photosensitizer* akan menghasilkan feofitin dengan nilai absorbansi maksimum, serta melihat keterkaitan antara feofitin dengan jumlah kandungan klorofil daun suji setelah pemanasan.

## **C. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Daun suji yang digunakan adalah daun suji segar berwarna hijau yang biasa digunakan masyarakat sebagai pewarna, daun suji diperoleh dari daerah sekitar kampus Universitas Negeri Padang.
2. Variasi suhu yang digunakan berentang dari 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C dan 100°C dengan waktu pemanasan 10 menit.

#### **D. Pertanyaan Penelitian**

Untuk menentukan arah penelitian, penulis membuat pertanyaan mengenai apa yang akan diteliti. Adapun pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Berapakah kandungan klorofil yang terdapat di dalam daun suji?
2. Berapakah suhu maksimum yang diperlukan untuk menghasilkan feofitin dengan nilai absorbansi maksimum?
3. Bagaimana hubungan nilai absorbansi feofitin dengan jumlah kandungan klorofil yang terdapat di dalam daun suji setelah proses pemanasan?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui kandungan klorofil yang terdapat didalam daun suji?
2. Mengetahui suhu maksimum yang diperlukan untuk menghasilkan feofitin dengan nilai absorbansi maksimum?
3. Mengetahui hubungan nilai absorbansi feofitin dengan jumlah kandungan klorofil yang terdapat didalam daun suji setelah pemanasan?

## **F. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan nantinya akan berkontribusi bagi:

1. Industri obat–obatan, sebagai tindakan pengoptimalan dari pemanfaatan obat–obatan yang berasal dari alam Indonesia, sehingga mengurangi ketergantungan terhadap bahan–bahan obat yang berasal dari luar negeri.
2. Dunia medis, diharapkan dapat membantu memberikan alternatif pada pengobatan kanker.
3. Penulis, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Fisika S1 dan pengembangan di bidang Fisika khususnya kajian Fisika Material.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Daun Suji

Daun suji (*Pleomele angustifolia* N. E. Brown) adalah tanaman perdu yang dapat mencapai ketinggian 8 meter. Bentuk daunnya memanjang dan tersusun melingkar, karena keindahan bentuk daunnya tanaman ini sering dijadikan tanaman hias. Bentuk dari daun suji dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Daun Suji (Sutomo, 2008)

Divisi	Spermatophyta
Sub divisi	Angiospermae
Kelas	Monocotyledoneae
Bangsa	Liliales
Suku	Liliaceae
Marga	Pleomele
Jenis	<i>Pleomele angustifolia</i> N.E. Brown.

Daun suji juga merupakan tanaman yang kaya akan kandungan pigmen klorofil. Daun suji banyak digunakan sebagai pewarna hijau pada makanan,

kue-kue tradisional dan minuman. Selain memberikan warna hijau, daun suji juga memberikan aroma harum yang khas walaupun tidak seharum daun pandan. Dalam penggunaannya daun suji sering dicampur dengan daun pandan agar aroma kue, makan dan minuman menjadi lebih harum (Yefrida,2009).

Tanaman ini tersebar di India, Indonesia, Birma, Myanmar, Cina bagian selatan, Thailand, Filipina, New Guinea dan Australia bagian utara. Tanaman ini tumbuh di daerah pegunungan atau dekat aliran air (sumur, sungai kecil) dan biasanya, bagi sebagian penduduk menanam tanaman ini di pekarangan rumah dengan potongan rimpangnya atau ditanam sebagai pagar hidup, namun belum ditanam dalam skala besar atau perkebunan.

Secara tradisional pemanfaatan tanaman ini sangatlah beragam. Di Maluku, ekstrak daunnya digunakan sebagai obat luar untuk mengatasi beri-beri. Sedangkan pucuk-pucuk mudanya dapat dibuat sayur, kemudian daun suji juga dapat digunakan sebagai pewarna kertas, minyak jarak dan minyak kelapa serta penyubur rambut (Sari, 2005)

Di setiap daerah di Indonesia, tanaman suji mempunyai nama daerah yang berbeda antara lain jejuang bukit atau pendusta utan (Ambon), ngase kolotide (Ternate), jingkang, hanjuwang merak atau suji (Jawa Barat), semar (Jawa Tengah dan Jawa Timur), kopoi (Ponos), popopok im bolai, rereindeng im bolai, tawaang im bolai (Minahasa).

## B. Klorofil dan Fotosintesis

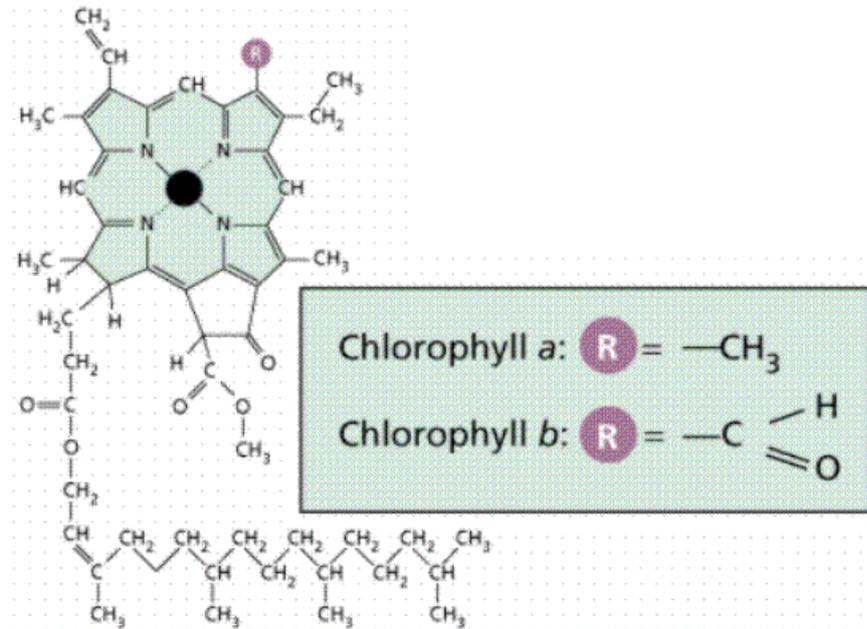
Istilah klorofil berasal dari bahasa Yunani yaitu *Chloros* artinya hijau dan *phyllos* artinya daun. Ini diperkenalkan tahun 1818, dimana pigmen tersebut diekstrak dari tumbuhan dengan menggunakan pelarut organik (Muththalib, 2009). Klorofil adalah pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan, alga dan bakteri fotosintetik. Senyawa ini yang berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah tenaga cahaya menjadi tenaga kimia.

Beberapa jenis klorofil telah diketahui seperti klorofil a, b, c, d, bakterioklorofil a dan b, dan klorobium klorofil (Clydesdale dalam Sari, 2005). Beberapa tipe klorofil tersebut distribusinya kecil, hanya dua yang perlu diperhatikan karena peranannya dalam warna hijau daun pada tanaman yaitu klorofil a dan b (Wulan S, 2005).

Dalam proses fotosintesis, terdapat 3 fungsi utama dari klorofil yaitu memanfaatkan energi matahari, memicu fiksasi CO<sub>2</sub> menjadi karbohidrat dan menyediakan dasar energetik bagi ekosistem secara keseluruhan. Serta karbohidrat yang dihasilkan fotosintesis melalui proses anabolisme diubah menjadi protein, lemak, asam nukleat dan molekul organik lainnya.

Pada tanaman tingkat tinggi ada 2 macam klorofil yaitu klorofil a (C<sub>55</sub>H<sub>72</sub>O<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Mg) yang berwarna hijau tua dan klorofil b (C<sub>55</sub>H<sub>70</sub>O<sub>6</sub>N<sub>4</sub>Mg) yang berwarna hijau muda. Klorofil a dan b paling kuat menyerap cahaya di bagian merah (600-700 nm), sedangkan yang paling sedikit cahaya hijau (500-600 nm) dan cahaya berwarna biru dari spektrum

tersebut diserap oleh karotenoid. Rantai ikatan yang membentuk klorofil a dan klorofil b dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rantai Ikatan Klorofil a dan Klorofil b (Stanley,2004)

Karotenoid ternyata berperan membantu mengabsorpsi cahaya sehingga spektrum matahari dapat dimanfaatkan dengan lebih baik. Energi yang diserap karotenoid diteruskan kepada klorofil a untuk diserap dan digunakan dalam proses fotosintesis, demikian pula dengan klorofil b.

Proses fotosintesis berlangsung dalam kloroplas, suatu organel yang terdapat di dalam sel tumbuhan hijau. Kloroplas memiliki membran, dua lapisan membran atau pembungkus mengelilingi suatu ruang pusat yang besar yang dinamai stroma. Stroma mengandung beberapa banyak enzim larut yang berbeda yang berfungsi menggabungkan sebagian organik. Di dalam stroma, membran juga membentuk granum, granum dihubungkan antara satu sama

lain oleh lamela stroma. Klorofil ada pada membran granum, dan menjadikannya sistem penyimpanan energi bagi kloroplas.

Klorofil tidak menyerap panjang gelombang cahaya dengan banyak. Karena itu, cahaya dipantulkan ke mata sehingga mata dapat melihat klorofil sebagai suatu pigmen hijau (Pazos, 2007). Dari hasil penelitian diketahui bahwa klorofil a memainkan peranan penting pada fotosintesis I dan II (dahulu disebut fotoreaksi gelombang pendek dan gelombang panjang). Pada tahun 1957, Bessel Kok menemukan adanya klorofil a khususnya yang dinamakan P700 dan ia berpendapat bahwa itu adalah pusat reaksi klorofil a fotosintesis.

Selanjutnya diperkirakan keadaan klorofil a khusus lainnya, yakni pusat reaksi P680 dari sistem gelombang pendek. Klorofil a tidak hanya berperan dalam pemanenan cahaya dan pengubahan energi cahaya menjadi energi kimia, akan tetapi klorofil a juga bertindak sebagai penyumbang elektron utama (P680, P700), maupun penerima elektron utama.

Sistem transpor elektron penting untuk reaksi terang dan gelap yang menyusun fotosintesis. Terdapat dua pusat reaksi tempat energi dari foton yang terserap digunakan untuk menjalankan sistem. Pusat-pusat reaksi ini mempunyai banyak molekul pigmen. Apabila suatu pigmen seperti klorofil atau karotenoid menyerap suatu foton, energi menaikkan suatu elektron ( $e^-$ ) dari tingkat energi yang lebih rendah ke energi yang lebih tinggi (terekstisasi).

Pada saat berada pada tingkat energi tinggi ini molekul pigmen dapat memberikan dan menerima elektron dari molekul-molekul lain. Fotosintesis

II mengkatalisis pelepasan elektron dari molekul air, dan elektron-elektron ini diterima oleh suatu senyawa-senyawa yang disebut Q. Hal ini menyiapkan energi yang dibutuhkan untuk fotofosforilasi (pembentukan ATP) dan reduksi  $\text{NADP}^+$ .

Lamela kloroplas sebagian besar berupa dua macam klorofil (a dan b) dan dua macam pigmen kuning sampai orange yang diklasifikasikan sebagai karotenoid (karoten dan santofil). Penyelidikan menunjukkan bahwa cincin porfirin klorofil berhubungan dengan bagian protein membran, dan ekor fitol serta bagian karotenoidnya yang bersifat hidrofob diperkirakan berhubungan dengan bagian-bagian di dalam lamela yang berupa lipid. Karotenoid berfungsi sebagai pigmen pembantu dalam penyerapan cahaya. Beberapa diantaranya tidak aktif, sebagian yang lain menyerap cahaya dan mentransfernya dari fotosistem yang satu ke fotosistem yang lainnya (Utomo, 2007).

Menurut Suyitno (2008) metode penentuan klorofil dengan teknik spektroskopi menggunakan spektrofotometer UV. Pengukuran kadar klorofil secara spektrofotometrik didasarkan pada hukum Lambert Beer. Beberapa metode untuk mengetahui nilai absorbansi klorofil a, klorofil b dan klorofil total telah dirumuskan, di antaranya adalah :

1. **Metode Arnon** (1949), menggunakan pelarut aseton 85 % dan mengukur nilai absorbansi larutan klorofil pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) = 663 dan 645 nm.

2. **Metode Wintermans and De Mots** (1965), menggunakan pelarut ethanol (ethyl alcohol) 96 % dan mengukur absorbansi (A) larutan klorofil pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) = 649 dan 665 nm.

Setelah diketahui nilai absorbansi klorofil a dan klorofil b, maka dapat diketahui nilai klorofil a, klorofil b dan total klorofil yang terkandung didalam daun, maupun yang terkandung didalam suatu larutan dengan menggunakan rumus yang dikemukakan (Madalena dkk, 2007) untuk menghitung nilai klorofil a, klorofil b dan total klorofil yang terdapat dalam larutan uji digunakan rumus sebagai berikut:

$$Klo. a = 12,25 A_{663,6} - 2,55 A_{646,6}$$

$$Klo. b = 20,31 A_{646,6} - 4,91 A_{663,6}$$

$$Total\ klorofil = 17,76 A_{646,6} + 7,34 A_{663,6} \dots\dots\dots (1)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan klorofil dalam tumbuhan menurut Dwidjoseputro di dalam Septiadi (1980) yaitu :

- a. Faktor genetik
 

Pembentukan klorofil dibawa oleh suatu gen tertentu di dalam kromosom. Jika gen ini tidak ada maka akan terjadi albino.
- b. Cahaya
 

Faktor cahaya pada jenis tanaman tertentu tidak begitu penting, misalnya pada tanaman angiospermae.
- c. Oksigen
 

Oksigen bersama-sama dengan cahaya dapat mempengaruhi proses pembentukan klorofil.
- d. Karbohidrat
 

Karbohidrat terutama dalam bentuk gula membantu pembentukan klorofil dalam daun-daun yang mengalami tumbuh dalam gelap (etiolasi).

e. Nitrogen, magnesium dan besi (N, Mg, Fe)

Bahan-bahan pembentuk klorofil ini harus ada dalam tumbuhan, kekurangan salah satu zat-zat tersebut mengakibatkan klorosis.

f. Air (H<sub>2</sub>O)

Kekurangan air mengakibatkan desentegrasi dari klorofil.

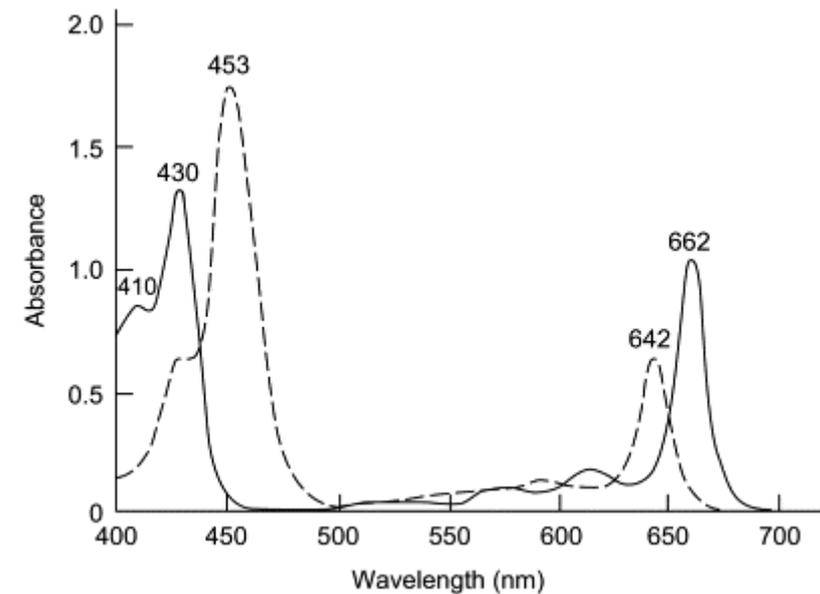
g. Temperatur

Kondisi terbaik pembentukan klorofil adalah pada suhu 26-30<sup>0</sup>C

### C. Sifat Fisika-Kimia Klorofil

Klorofil menyerap cahaya berupa radiasi elektromagnetik pada spektrum kasat mata (*visible*). Misalnya, cahaya matahari mengandung semua warna spektrum kasat mata dari merah sampai *violet*, tetapi seluruh panjang gelombang unsurnya tidak diserap dengan baik secara merata oleh klorofil. Klorofil a memiliki serapan pada panjang gelombang 662 nm dan klorofil b pada panjang gelombang 642 nm.

Klorofil dapat menampung energi cahaya yang diserap oleh pigmen cahaya atau pigmen lainnya melalui fotosintesis, sehingga klorofil disebut sebagai pigmen pusat reaksi fotosintesis. Dalam proses fotosintesis, tumbuhan hanya dapat memanfaatkan sinar dengan panjang gelombang antara 400-700 nm (Gobel dkk dalam Muththalib, 2009). Spektrum optik dari klorofil a dan klorofil b dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum Optik dari Klorofil a ( — ) dan Klorofil b ( - - - )  
(Sengbusch, 2001)

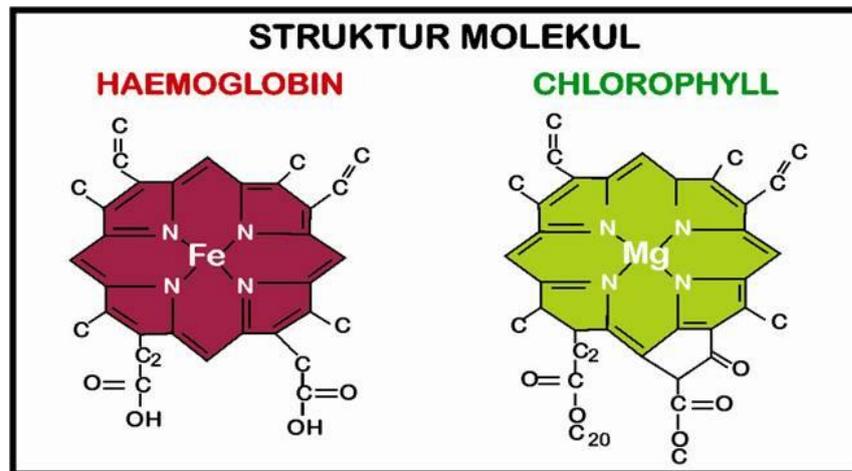
Sifat fisik klorofil adalah menerima dan memantul sinar dengan menyerap sinar pada panjang gelombang antara 400-700 nm, terutama sinar merah dan biru. Sifat kimia klorofil antara lain (1) tidak larut dalam air, melainkan larut dalam pelarut organik yang lebih polar, seperti etanol dan kloroform, (2) inti Mg akan tergeser oleh 2 atom H bila dalam suasana asam, sehingga membentuk suatu persenyawaan yang disebut feofitin yang berwarna *coklat*. (Suyitno, 2008).

Klorofil a bersifat kurang polar dan berwarna biru-hijau, sedangkan klorofil b bersifat lebih polar dan berwarna kuning-hijau. Klorofil a larut dalam alkohol, eter, dan aseton. Dalam keadaan murni, sedikit larut dalam petroleum eter, tetapi tidak larut dalam air. Klorofil b dan feofitin b larut dalam alkohol, eter, aseton, dan benzen. Dalam keadaan murni, hampir tidak larut dalam petroleum eter, dan tidak larut dalam air.

Secara kimiawi, klorofil merupakan molekul yang sangat besar dan terdiri dari empat cincin pirol yang dihungkan satu dengan yang lainnya oleh gugus metana (CH=) membentuk sebuah molekul yang pipih (Hutajulu, T.F., 2008). Dimana keempat cincin berikatan dengan ion  $Mg^{2+}$ , cincin isosiklik yang kelima berada dekat dengan cincin pirol ketiga. Dalam cincin keempat, substituen asam propionat diesterifikasi oleh diterpen alkohol fitol ( $C_{20}H_{39}OH$ ) yang bersifat hidrofobik, dan jika dihilangkan menjadi hidrofilik (Gross, 1991).

Klorofil yang terkandung di dalam daun berikatan erat dengan lipid, protein dan lipoprotein. Kloroplas kering mengandung sekitar 10% klorofil dan 60% protein. Adapun kandungan kimia yang terdapat di dalam daun suji ialah daun, batang dan akar *Pleomele angustifolia* N.E. Brown mengandung saponin dan polifenol.

Klorofil memiliki struktur kimia yang sangat mirip dengan struktur kimia yang ditemukan dalam sel darah merah manusia. Perbedaan mendasar adalah fakta bahwa struktur (disebut sebuah cincin porfirin) mengandung sebuah atom besi di pusatnya ketika ditemukan dalam sel-sel darah merah manusia, tetapi jika ditemukan pada tumbuhan, mengandung sebuah atom magnesium di pusat. Gambar dari struktur molekul klorofil dan struktur molekul sel darah merah dapat dilihat pada Gambar 4.



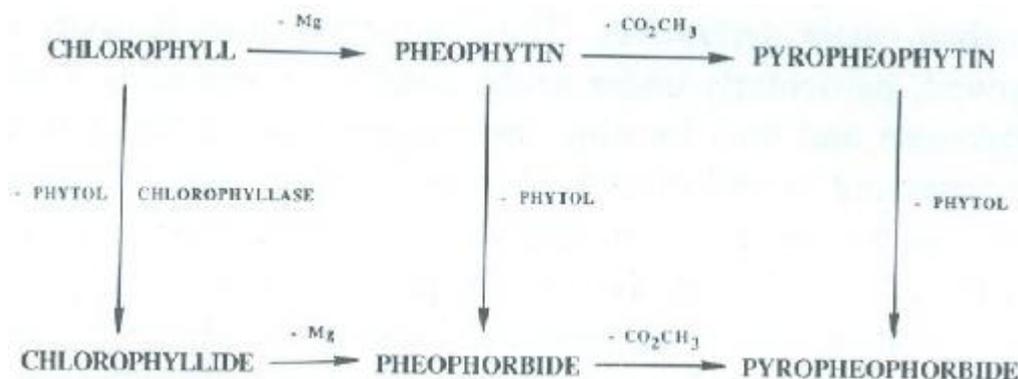
Gambar 4. Struktur Molekul Sel Darah Merah (Kiri) dan Struktur Molekul Klorofil (Kanan)

Berdasarkan kemiripan ini klorofil juga dapat digunakan sebagai pembentuk sel darah merah. Pengkonsumsian klorofil secara teratur akan sangat membantu penyembuhan penyakit kekurangan darah (leukemia).

#### D. Turunan Klorofil

Klorofil merupakan ester dan larut dalam kebanyakan pelarut organik. Dalam larutan, baik klorofil a maupun b, keduanya bersifat *fluoresen*. Satu karakteristik penting dari klorofil adalah kelabilannya yang ekstrim, yaitu sensitif terhadap cahaya, panas, oksigen (Nurdin, 2009). Klorofil yang tidak stabil akan mengalami perubahan menjadi senyawa derivatnya sehingga terdegradasi.

Menurut Eskin dalam Sari (2005) secara umum senyawa klorofil dapat terdegradasi secara kimia menjadi turunannya melalui salah satu atau lebih dari proses-proses berikut yaitu reaksi feofitinisasi, reaksi pembentukan klorofilid dan reaksi oksidasi. Hubungan dari reaksi-reaksi perubahan klorofil menjadi senyawa turunannya digambarkan dengan skema pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan Klorofil Menjadi Beberapa Senyawa Turunannya (Schwartz dan Lorenzo, 1990)

Menurut Schwartz dan Lorenzo (1990) perubahan klorofil menjadi turunannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

### 1. *Chlorophyllide*

Ester *phytyl* dapat terhidrolisis dan menghasilkan *chlorophyllide* dan *phytol*. Hidrolisis dapat terjadi pada kondisi asam maupun alkali. Secara umum *chlorophyllide* dibuat secara enzimatik, dimana hidrolisis dikatalisis oleh *chlorophyllase*, suatu enzim utama dalam jaringan tanaman.

### 2. *Pheophytin a dan b*

*Pheophytin* adalah turunan klorofil bebas Mg, yang dengan mudah dihasilkan bila direaksikan dalam asam. Reaksinya dalam waktu 1 hingga 2 menit dengan konsentrasi HCl sebanyak 13%.

### 3. *Pheophorbide a dan b*

*Pheophorbide a* dan *b* adalah klorofil terhidrolisis tanpa *phytol* (*chlorophyllide*) yang juga bebas Mg. Dibuat dari klorofil dengan suasana asam (HCl 30%) atau *chlorophyllide* yang diasamkan.

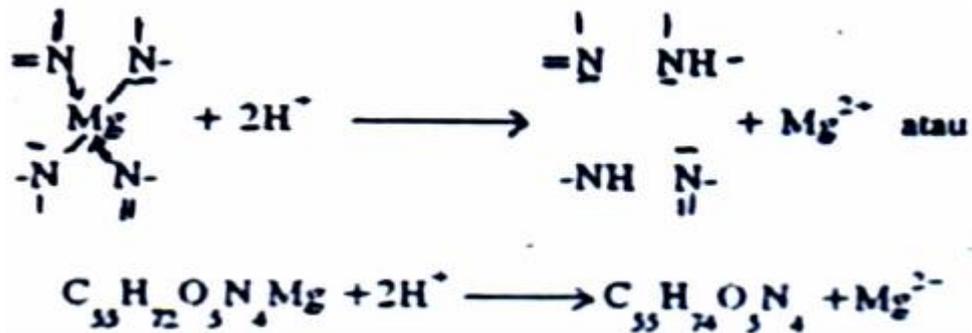
### 4. *Pyrochlorophyll*

Turunan *pyro* dari klorofil merupakan senyawa yang kehilangan gugus karbometoksi (-COOCH<sub>3</sub>) pada C-10 dari cincin isosiklik, suatu gugus yang diganti oleh hidrogen. Klorofil a, *methyl chlorophyllide a*, *pheophytin a*, atau *methyl pheophorbide a* bila dipanaskan pada 100 °C menghasilkan turunan *pyro* oleh dekarbometoksilasi.

## E. Feofitin

Dalam upaya menghasilkan feofitin yang akan digunakan sebagai *photosensitizer* pada terapi kanker, maka terlebih dahulu harus mengetahui proses dari pembentukan feofitin.

Menurut Gross (1991) proses feofitinisasi adalah reaksi pembentukan feofitin yang berwarna hijau kecoklatan. Reaksi ini terjadi karena ion Mg di pusat molekul klorofil terlepas dan diganti oleh ion H. Denaturasi protein pelindung dalam kloroplas menyebabkan ion magnesium mudah terlepas dan diganti ion hidrogen membentuk feofitin. Reaksi dari feofitinisasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Reaksi feofitinasi (Kyzlink dalam Sari, 2005)

Beberapa peneliti melaporkan bahwa, klorofil a mengalami perubahan menjadi feofitin a sebesar 5-10 kali lebih cepat, jika dibandingkan dengan kecepatan perubahan klorofil b menjadi feofitin b. Kemudian Mac Kinney dan Joslyn 1940 dalam Sari, (2005) melaporkan bahwa dalam pelarut aseton pelepasan magnesium dari klorofil a lebih cepat sembilan kali lipat dibandingkan dengan klorofil b.

## F. Sifat Fisis Feofitin

### 1. Pengaruh Suhu Terhadap Pembentukan Feofitin

Pigmen daun klorofil yang berwarna hijau mempunyai sifat tidak stabil. Perlakuan klorofil a dengan penambahan asam menyebabkan perpindahan

magnesium digantikan oleh dua atom hidrogen, membentuk sebuah feofitin a yang berwarna hijau kecoklatan, komponen yang sama juga terbentuk untuk feofitin b dari klorofil b.

Feofitin memacu perubahan warna pada daun dari kuning menjadi coklat. Degradasi pigmen klorofil tersebut terjadi pada PH rendah dan pemanasan, hal inilah yang memicu terjadinya proses feofitinisasi. Menurut Gross (1991) feofitin adalah derivat klorofil bebas magnesium. Selain dapat bereaksi dengan asam, klorofil juga dapat bereaksi dengan basa yang menghasilkan gugus bernama filin (phyllins) yaitu sebuah komponen porpirin bergugus magnesium. Jenis perubahan dari klorofil a ini membentuk klorofilin a, filin dapat bereaksi dengan asam membentuk porpirin.

Menurut Elva (2010) degradasi klorofil pada jaringan sayuran dipengaruhi oleh PH. Pada media basa (PH 9) klorofil sangat stabil terhadap panas, sedangkan pada media asam (PH 3) tidak stabil. Warna klorofil akan segera memudar setelah pemanasan, hal ini dikarenakan penurunan nilai PH yang terjadi ketika pemanasan mengakibatkan pelepasan asam.

Pemanasan merupakan proses fisika yang dapat mengakibatkan kerusakan klorofil. Klorofil terdapat dalam bentuk ikatan kompleks dengan protein yang diduga menstabilkan molekul klorofil dengan cara memberikan ligan tambahan. Pemanasan dapat mengakibatkan denaturasi protein sehingga klorofil menjadi tidak terlindung lagi (Oktaviani dalam Sari, 2005).

Selama pemanasan, akan terjadi pelepasan asam-asam organik dari jaringan yang berdampak pada pembentukan feofitin. Pemanasan juga

memberi pengaruh terhadap aktivitas enzim klorofilase dan enzim lipoksigenase. Klorofilase merupakan satu-satunya enzim yang dapat mengatalis degradasi klorofil (Manurung, 2011). Menurut laporan Mac Kinney dan Weast dalam Sari (2005) bahwa aktifitas maksimum dari enzim klorofilase adalah 75<sup>0</sup>C. Jones *et al* dalam Sari (2005) melaporkan bahwa blansir pada suhu 100<sup>0</sup>C selama 4 detik secara nyata menginaktivasi enzim klorofilase.

Kemudian semakin tinggi suhu, viskositas pelarut akan semakin rendah sehingga makin mudah untuk mengekstrak pigmen pada daun (Anam, 2010). Hal ini disebabkan karena difusivitas solvent yang semakin besar (Buchor, 2007).

#### **G. Kanker**

Kanker adalah pertumbuhan sel-sel jaringan tubuh yang tidak normal, berkembang dengan cepat, tidak terkendali, dan akan terus membelah diri, selanjutnya menyusup ke jaringan sekitar (*invasive*) dan terus menyebar melalui jaringan ikat, darah, dan menyerang organ-organ penting serta syaraf tulang belakang. Sel-sel yang berkembang ini akan menumpuk, mendesak dan merusak jaringan dan organ yang ditempati. Penumpukan sel baru inilah yang disebut tumor ganas.

Sel-sel kanker memiliki 3 sifat kelakuan yang khas :

1. Kemampuan berkembang terus dan mengalahkan mekanisme pengawasan yang dilakukan tubuh normal.

2. Kemampuan melanjutkan pertumbuhan menyerbu jaringan sekitarnya.
3. Kemampuan menjalar ke bagian-bagian lain dari tubuh. (*metastasis*)

Beberapa faktor yang diduga meningkatkan resiko terjadinya kanker antara lain:

1. Faktor Keturunan

Faktor genetik menyebabkan beberapa keluarga memiliki resiko lebih tinggi untuk menderita kanker tertentu bila dibandingkan dengan keluarga lainnya. Jenis kanker yang cenderung diturunkan dalam keluarga adalah kanker payudara, kanker indung telur, kanker kulit dan kanker usus besar.

Sebagai contoh, risiko wanita untuk menderita kanker meningkat 1,5 s/d 3 kali jika ibunya atau saudara perempuannya menderita kanker payudara.

2. Merokok

Meningkatkan resiko kanker paru-paru, mulut, laring (pita suara) dan kandung kemih.

3. Radiasi Ionisasi

Radiasi ionisasi dalam sinar *rontgen* yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga nuklir dan ledakan bom atom.

Contoh, orang yang selamat dari bom atom di Hiroshima dan Nagasaki pada Perang Dunia II, berisiko tinggi menderita kanker sel darah seperti Leukemia.

4. Faktor Makanan yang Mengandung Bahan Kimia.

Beberapa jenis makanan yang bisa menimbulkan kanker pada tubuh manusia seperti:

- a. Makanan yang diasap dan diasamkan (dalam bentuk acar) meningkatkan resiko terjadinya kanker lambung.
- b. Minuman yang mengandung alkohol menyebabkan berisiko lebih tinggi terhadap kanker kerongkongan.
- c. Zat sintetis pewarna makanan
- d. Logam berat seperti merkuri yang sering terdapat pada makanan laut yang tercemar seperti: kerang, ikan, dsb.
- e. Berbagai makanan (manis, tepung) yang diproses secara berlebihan.

#### 5. Virus

Virus yang dapat dan dicurigai menyebabkan kanker antara lain :

- a. *Virus Papilloma*, menyebabkan kutil alat kelamin (genitalis) dan juga dicurigai sebagai salah satu penyebab kanker leher rahim pada wanita.
- b. *Virus Sitomegalo*, menyebabkan sarkoma kaposi (kanker sistem pembuluh darah) yang ditandai oleh lesi kulit berwarna merah.
- c. *Virus Hepatitis B*, dapat menyebabkan kanker hati.
- d. *Virus Epstein Bar* (di Afrika) menyebabkan *limfoma burkitt*, sedangkan di China virus ini menyebabkan kanker hidung dan tenggorokan. Ini terjadi karena faktor lingkungan dan genetik.
- e. *Virus Retro* pada manusia misalnya virus HIV menyebabkan limfoma dan kanker darah lainnya.

## 6. Infeksi

- a. *Parasit Schistosoma (bilharzia)* dapat menyebabkan kanker kandung kemih karena terjadinya iritasi menahun pada kandung kemih. Namun penyebab iritasi menahun lainnya tidak menyebabkan kanker.
- b. Infeksi oleh *Clonorchis* yang menyebabkan kanker pankreas dan saluran empedu.
- c. *Helicobacter Pylori* adalah bakteri yang dicurigai penyebab kanker lambung, dan diduga bakteri ini menyebabkan cedera dan peradangan lambung kronis sehingga terjadi peningkatan kecepatan siklus sel.

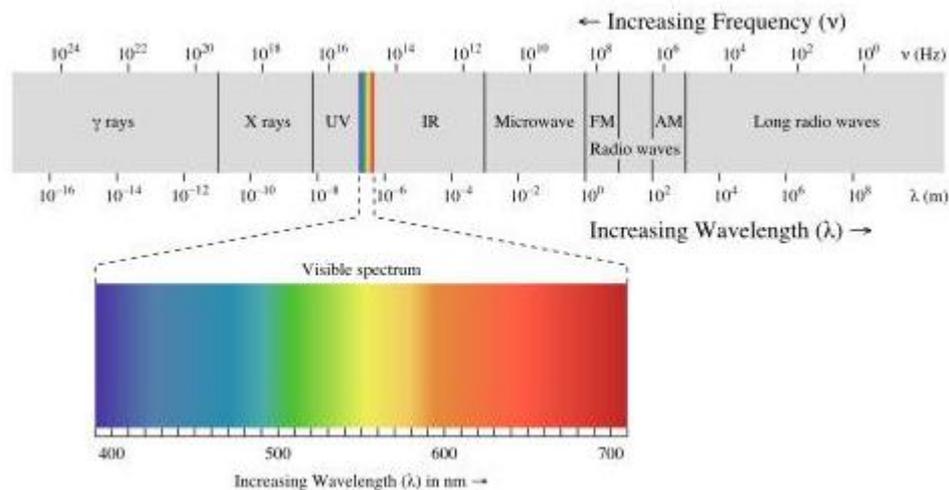
## 7. Faktor Perilaku

Merokok, mengkonsumsi makanan yang banyak mengandung lemak dan daging yang diawetkan, peminum minuman beralkohol, melakukan hubungan intim diusia dini dan sering berganti ganti pasangan beresiko lebih tinggi terkena kanker.

## H. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik yang dirumuskan oleh Maxwell ternyata terbentang dalam rentang frekuensi yang luas. Sebagai sebuah gejala gelombang, gelombang elektromagnetik dapat diidentifikasi berdasarkan frekuensi dan panjang gelombangnya (Hari, 2009). Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik sebagaimana gelombang radio atau sinar X.

Masing-masing memiliki penggunaan yang berbeda meskipun mereka secara fisika menggambarkan gejala yang serupa, yaitu gejala gelombang. Frekuensi dan panjang gelombang dari gelombang elektromagnetik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Hari, 2009)

Absorpsi radiasi infra merah oleh suatu molekul mengakibatkan naiknya vibrasi ikatan-ikatan kovalen. Transisi molekul dari keadaan dasar ke suatu keadaan vibrasi tereksitasi memerlukan energi 2 – 15 kkal/mol.

Radiasi ultra violet dan sinar tampak berenergi lebih tinggi daripada radiasi infra merah, absorpsi radiasi sinar UV atau sinar tampak akan mengakibatkan terjadinya transisi elektronik. Promosi elektron-elektron dari orbital dasar, berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi dengan energi yang lebih tinggi, transisi ini memerlukan 40–300 kkal/mol. Energi yang terserap selanjutnya terbuang sebagai kalor, sebagai cahaya tampak atau tersalurkan dalam reaksi kimia isomerisasi dan reaksi radikal bebas. Macam-macam gelombang elektromagnetik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Macam-Macam Gelombang Elektromagnetik

No	Jenis Gelombang	Frekuensi (Hz)	Panjang Gelombang (nm)
1	Gelombang radio	$3.10^8$ - $3.10^5$	$1.10^9$ - $1.10^{12}$
2	Gelombang mikro	$1.10^6$ - $1.10^9$	$3.10^{11}$ - $3.10^8$
3	Sinar Inframerah Dekat	$7,5.10^2$ - $1.10^6$	$4.10^{14}$ - $3.10^{11}$
4	Cahaya Tampak	350-750	$8,6.10^{14}$ - $4.10^{14}$
5	Sinar ultraviolet	10-350	$3.10^{16}$ - $8,6.10^{14}$
6	Sinar X	$1.10^{-3}$ -10	$3.10^{20}$ - $3.10^{16}$
7	Sinar gamma	$10^{-3} - 10^{-5}$	$3.10^{20}$

(Giwankara, 2007)

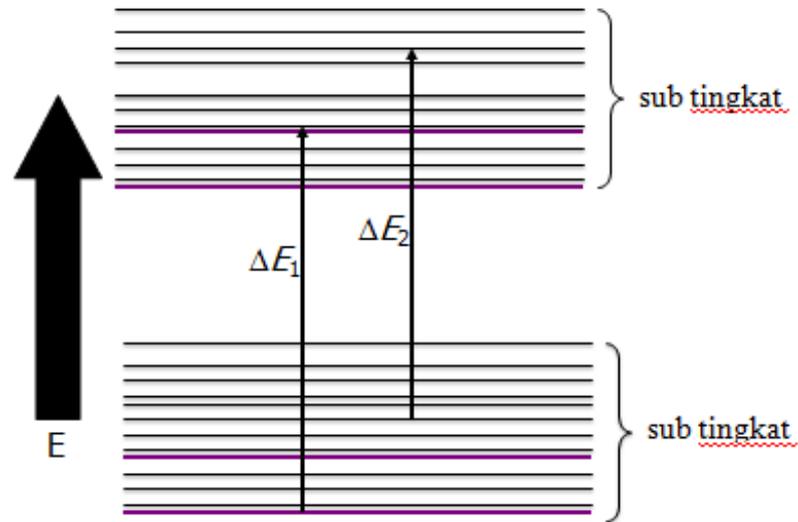
Panjang gelombang radiasi sinar UV dan sinar tampak tergantung pada mudahnya promosi elektron, molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk promosi elektronnya akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul yang memerlukan lebih sedikit energi untuk promosi elektronnya, akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang.

Panjang gelombang serapan merupakan ukuran dari pemisahan tingkatan-tingkatan tenaga dari orbital molekul. Feofitin memiliki serapan pada wilayah 409,5, 474,7, 506,3, 534,7, 608,9 dan 665nm (Kusmita dan Limantara, 2009). Energi aktivasi yang dibutuhkan untuk perubahan klorofil a menjadi feofitin *a* adalah sebesar 25.2 kkal/mol dan untuk klorofil b sebesar 22.5 kkal/mol (Schwartz dan Von Elbe dalam Sari, 2005).

Senyawa yang menyerap cahaya dalam daerah tampak (senyawa berwarna) mempunyai elektron yang lebih mudah dipromosikan (energi lebih rendah), daripada senyawa yang menyerap pada panjang gelombang UV yang lebih pendek. Molekul yang terdapat dalam suatu sampel hanya akan berinteraksi dengan radiasi yang energinya sesuai.

Absorpsi radiasi oleh suatu sampel ditentukan pada berbagai panjang gelombang dan dialirkan oleh suatu perekam untuk menghasilkan spektrum, karena absorpsi energi oleh suatu molekul terkuantitasi, maka absorpsi untuk transisi elektron seharusnya sinar tampak pada panjang gelombang diskrit sebagai suatu spektrum garis atau *peak* (puncak) tajam. Ternyata tidak demikian, spektrum UV maupun sinar tampak terdiri dari pita absorpsi lebar pada daerah panjang gelombang yang lebar.

Hal ini disebabkan oleh terbaginya keadaan dasar dan keadaan tereksitasi sebuah molekul dalam subtingkat subtingkat rotasi dan vibrasi, transisi elektron dapat terjadi dari subtingkat apa saja dari keadaan dasar ke sub tingkat apa saja dari keadaan tereksitasi. Karena berbagai transisi ini memiliki perbedaan energi yang sedikit sekali, maka panjang gelombang absorpsinya juga berbeda sedikit dan menimbulkan pita lebar yang tampak dalam spektrum seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Pemaparan Skematik Transisi Elektronik dari Suatu Tingkat Energi Yang Rendah Ke Suatu Tingkat Energi yang Tinggi (Syahrani Achmad, 2004)

Absorpsi energi direkam sebagai absorbansi (bukan transmittan), absorbansi pada panjang gelombang tertentu didefinisikan sebagai :

$$A = \log I_0/I \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

A = Absorbansi

$I_0$  = Intensitas Cahaya Rujukan (Standard)

I = Intensitas Cahaya Sampel

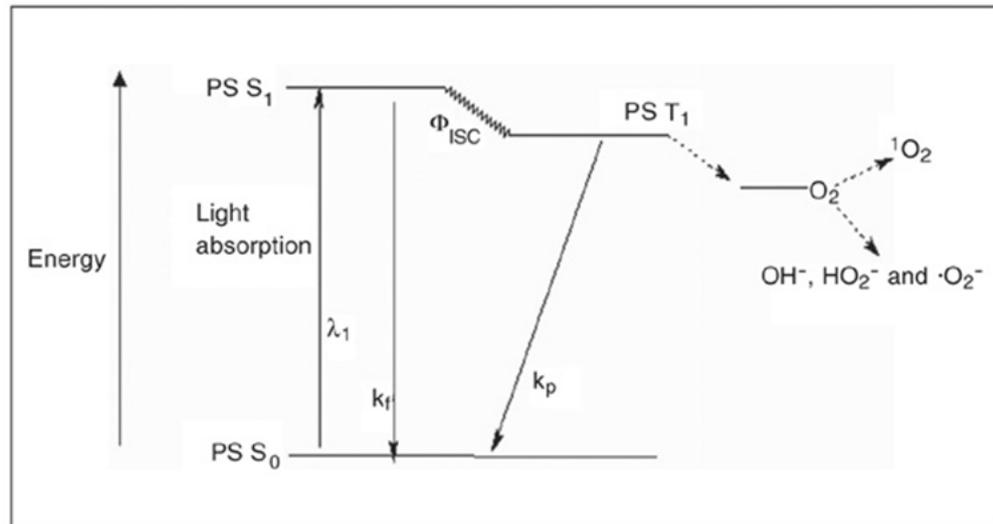
Absorbansi suatu senyawa pada panjang gelombang tertentu bertambah dengan makin banyaknya molekul mengalami transisi.

## I. Daun Suji Sebagai *Photosensitizer*

*Photosensitizer* merupakan obat atau senyawa kimia yang digunakan dalam terapi fotodinamik (terapi pengobatan kanker). Ketika diserap oleh sel kanker dan terkena cahaya dengan panjang gelombang tertentu, akan mengakibatkan obat menjadi aktif dan dapat membunuh sel kanker (Jayashankar, 2007).

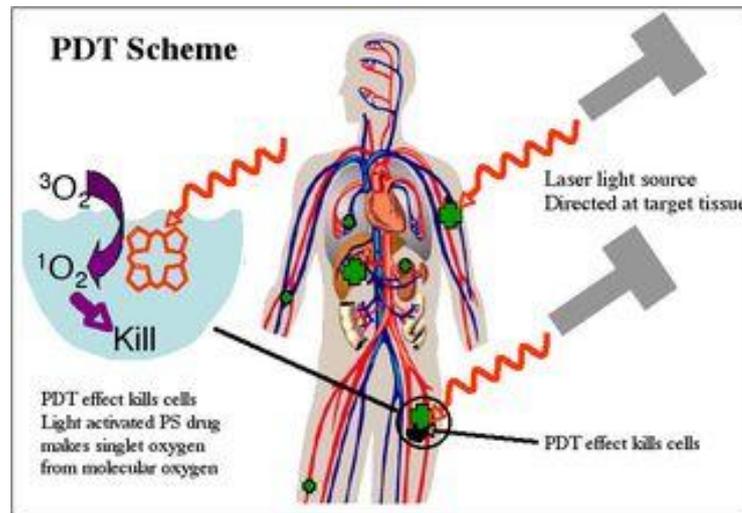
Terapi Fotodinamik (TFD) adalah pengobatan revolusioner yang menggunakan *photosensitizer*, bertujuan untuk mendeteksi dan mematikan sel kanker tanpa operasi atau kemoterapi. Hal ini didasarkan pada penemuan bahwa bahan kimia tertentu, yang dikenal sebagai agen *photosensitizing* dapat membunuh organisme bersel satu, ketika organisme terkena jenis cahaya tertentu. Penghancuran sel-sel kanker, melalui penggunaan sinar laser frekuensi tetap dalam kombinasi dengan agen *photosensitizing* seperti feofitin, *porfirin*, *phthalocyanins*, dll. Obat ini baik disuntikkan ke dalam aliran darah atau dioleskan pada kulit, tergantung pada bagian tubuh yang dirawat. Feofitin yang disuntikkan ke dalam sel kanker dapat diaktifkan oleh cahaya untuk menghancurkan sel dan jaringan kanker tersebut (Jayashankar, 2007).

Feofitin merupakan komponen dari hemoglobin dan merupakan senyawa yang terdapat di dalam zat hijau daun, yang pada gilirannya merupakan komponen sel darah merah. Hemoglobin adalah senyawa yang membawa oksigen dalam darah. Ketika feofitin tidak digunakan sebagai komponen dari hemoglobin, mereka dapat menyerap energi dari foton (partikel cahaya) dan mentransfer energi untuk sekitar molekul oksigen beracun, seperti singlet oksigen dan radikal bebas yang terdapat di dalam tubuh. Proses eksitasi oksigen yang terjadi ketika *Photosensitizer* disinari cahaya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Eksitasi Oksigen Pada *Photosensitizer* (Pazos dan Nader, 2007)

*Photosensitizer* mengabsorpsi cahaya infra merah kemudian tereksitasi pada keadaan singlet. Keadaan ini tidak berlangsung lama, *photosensitizer* akan berubah ke keadaan triplet. *Photosensitizer* pada keadaan triplet ini akan bereaksi dengan oksigen yang tentunya ada dalam jaringan tubuh manusia, termasuk dalam jaringan kanker. Oksigen dalam keadaan dasar akan tereksitasi menjadi singlet oksigen, yang bersifat sangat reaktif dan dapat menghancurkan sel-sel kanker. Skema dari *photosensitizer* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Skema *Photosensitizer*

(<http://www.raremetalblog.com/2010/10/heaven-help-us-heaven-help-us.html>)

Besarnya energi *Photosensitizer* dapat dicari dengan menggunakan rumus energi. Rumus energi yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 3

$$E = h \cdot \nu$$

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

E = Energi (joule)

h = Tetapan planck (js)

c = Kecepatan cahaya ( $m/s$ )

$\lambda$  = Panjang gelombang ( $\text{\AA}$ )

## J. Spektrofotometri Uv-Visibel

### 1. Pengertian Spektrofotometri

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis, yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara

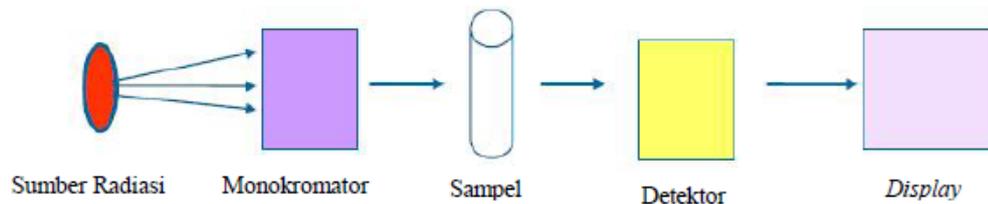
kuantitatif dan kualitatif, yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya (Widiya, 2011). Peralatan spektrofotometri atau alat yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer seperti yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Spektrofotometer Uv Vis (Anonim, 2010)

## 2. Hukum Dasar Spektroskopi Absorpsi

Absorpsi radiasi bahan dapat ditentukan pada berbagai panjang gelombang dan dialirkan oleh suatu alat untuk menghasilkan spektrum. Spektrum Uv Vis memiliki pita absorpsi pada daerah panjang gelombang yang telah ditentukan. Spektrum serapan dikenal sebagai hubungan intensitas radiasi (absorbansi) sebagai fungsi panjang gelombang. Dari grafik spektrum absorpsi yang dihasilkan dapat dilihat bahwa absorbansi dengan panjang gelombang maksimum dari suatu larutan. Menurut Widiyanto (2011) konsentrasi suatu unsur atau senyawa juga dengan mudah dapat dihitung dari kurva standar, yang diukur pada panjang gelombang dengan absorbansi maksimum. Diagram sederhana spektrometer Uv Vis dapat dilihat pada Gambar 12.

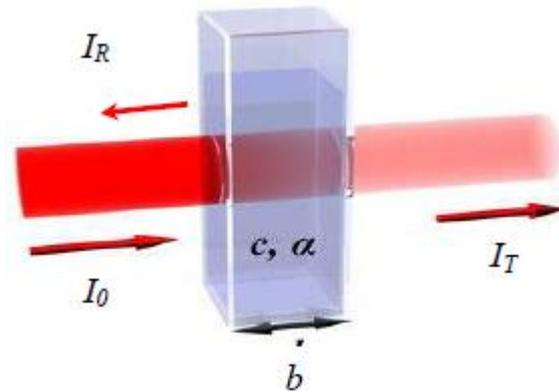


Gambar 12. Diagram Spektrometer

Sumber radiasi yang diberikan berupa sinar ultra violet dan sinar tampak (*visible*), monokromator yang terletak didepan sumber radiasi merupakan alat optik yang mampu mengubah radiasi polikromatik menjadi monokromatik. Sampel larutan yang akan diuji dimasukan ke dalam kotak kaca yang disebut kuvet. Detektor fotolistrik, *Display* merupakan detektor yang digunakan pada spektrometer Uv Vis, yang dapat diamati secara langsung pada spektrometer atau melalui perangkat komputer.

Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan melalui larutan berwarna, maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (absorpsi) secara selektif dan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi) (Widianto, 2011). Transmittansi dapat menunjukkan kemampuan dari bahan untuk meneruskan radiasi elektromagnetik.

Ketika cahaya datang dengan intensitas mula-mula ( $I_0$ ) dikenakan pada suatu bahan uji, maka sebagian cahaya akan diserap oleh partikel elementer penyusunnya dan sebagian lagi akan diteruskan dengan intensitas ( $I_T$ ). Terjadinya penyerapan cahaya oleh bahan atau larutan dapat dijelaskan pada Gambar 13.



Gambar 13. Penyerapan Cahaya Oleh Larutan atau Bahan (Widianto, 2011).

Absorpsi radiasi Uv Vis akan mengakibatkan terjadinya transisi elektronik, elektron-elektron dari orbital dasar berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi dengan energi yang lebih tinggi (Widianto, 2011). Jika suatu berkas cahaya melewati suatu medium homogen, sebagian dari cahaya datang ( $I_0$ ) diabsorpsi sebanyak ( $I_a$ ), sebagian dapat dipantulkan ( $I_r$ ), sedangkan sisanya ditransmisikan ( $I_t$ ) dengan efek intensitas murni sebesar:

$$I_0 = I_a + I_t + I_r$$

Dengan :  $I_0$  = Intensitas cahaya masuk

$I_a$  = Intensitas cahaya diabsorpsi

$I_r$  = Intensitas cahaya dipantulkan

$I_t$  = Intensitas cahaya di transmisikan

Pada prakteknya nilai  $I_r$  adalah kecil (-4%), sehingga untuk tujuan praktis:

$$I_0 = I_a + I_t \dots \dots \dots (4)$$

Lambert (1796), Beer (1852) dan Bouger menunjukkan hubungan berikut:

$$T = \frac{I_t}{I_o} = 10^{-abc}$$

dengan a = tetapan absorbtivitas (absorbansi), T = transmitansi.

dengan b = jarak tempuh optik, c = konsentrasi

$$\text{Log } (T) = \log \frac{[I_t]}{[I_o]} = -abc, \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{Log } \frac{[I]}{[T]} = \log \frac{[[I_t]]}{[I_o]} = abc = A,$$

dengan A = absorbansi - log T = abc = A = εbc

$$T = \frac{P}{P_o} \dots\dots\dots(6)$$

$$A = \log \frac{P_o}{P} \dots\dots\dots(7)$$

### 3. Hal-Hal yang Harus Diperhatikan Dalam Analisis Spektrofotometri Uv Vis

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam analisis dengan spektrofotometri Uv Vis, terutama untuk senyawa yang semula tidak berwarna yang akan dianalisis dengan spektrofotometri visibel, karena senyawa tersebut harus diubah terlebih dahulu menjadi senyawa yang berwarna. Berikut adalah tahapan-tahapan yang harus diperhatikan :

#### a. Pembentukan molekul yang dapat menyerap sinar Uv Vis

Hal ini perlu dilakukan jika senyawa yang dianalisis tidak menyerap pada daerah tersebut. Cara yang digunakan adalah dengan merubah menjadi senyawa lain atau direaksikan dengan pereaksi tertentu.

Pereaksi yang digunakan harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu :

- 1) Reaksinya selektif dan sensitif.
- 2) Reaksinya cepat, kuantitatif dan reproduibel.
- 3) Hasil reaksi stabil dalam jangka waktu yang lama.
- 4) Waktu operasional

Cara ini biasa digunakan untuk pengukuran hasil reaksi atau pembentukan warna. Tujuannya adalah untuk mengetahui waktu pengukuran yang stabil. Waktu operasional ditentukan dengan mengukur hubungan antara waktu pengukuran dengan absorbansi larutan.

b. Pemilihan panjang gelombang

Panjang gelombang yang digunakan untuk analisis kuantitatif adalah panjang gelombang yang mempunyai absorbansi maksimal. Ada beberapa alasan mengapa harus menggunakan panjang gelombang maksimal yaitu :

- 1) Pada panjang gelombang maksimal, kepekaannya juga maksimal karena pada panjang gelombang maksimal tersebut, perubahan absorbansi untuk setiap satuan konsentrasi adalah yang paling besar.
- 2) Disekitar panjang gelombang maksimal, bentuk kurva absorbansi datar dan pada kondisi tersebut hukum Lambert Beer akan terpenuhi.

- 3) Jika dilakukan pengukuran ulang maka kesalahan yang disebabkan oleh pemasangan ulang panjang gelombang akan kecil sekali, ketika digunakan panjang gelombang maksimal.

## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

1. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, jumlah kandungan klorofil yang terdapat di dalam daun suji sebelum dipanaskan ialah 11,26453 µg/ml.
2. Suhu maksimum yang diperlukan untuk menghasilkan feofitin adalah 90<sup>0</sup>C dengan nilai absorbansi maksimum sebesar 1,90130 µg/ml.
3. Ada hubungan antara nilai total absorbansi feofitin dengan jumlah kandungan klorofil yang terdapat di dalam daun suji, namun hubungannya tidak kontinu.

### **B. Saran**

Dari kesimpulan diatas dapat disarankan pada saat pemanasan ekstrak klorofil daun suji, hendaknya dilakukan pemanasan dengan betul-betul memperhatikan ketepatan suhu yang diberikan, jangan sampai suhu melebihi ataupun kurang dari yang direncanakan karena akan sangat mempengaruhi ekstrak yang terbentuk. Kemudian untuk tindak lanjut penelitian berikutnya dapat dilakukan pengujian nilai absorbansi feofitin terhadap intensitas cahaya matahari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anam, Choirul. 2010. *Ekstraksi Oleoresin Jahe (Zingiber Officinale) Kajian Dari Ukuran Bahan, Pelarut, Waktu Dan Suhu*. Jurnal Pertanian MAPETA. ISSN : 1411-2817. Vol. XII. No. 2.
- Anonim. 2010. *Heaven Help Us, Heaven Help Us*. (<http://www.raremetalblog.com/2010/10/heaven-help-us-heaven-help-us.html>). (Akses 1 Maret 2012).
- Anwar, Chairil dkk. *Pengantar Praktikum Kimia Organik*. FMIPA UGM: Yogyakarta.
- Berg, Kristian. 2009. *Photosensitizers In Medicine*. (<http://www.photobiology.info/Berg.html>). (Akses 20 Februari 2012).
- Brotosudarmo, Tatas HP. 2002. *Klorofil Mencegah dan Menyembuhkan Kanker*. Artikel Klorofil.
- Buchor, L. 2007. *Pembuatan Gula Non Karsinogenik Non Kalori Dari Daun Stevia*. Jurnal Reaktor. Vol. 11 No.2.
- Budiyanto dkk.,. 2008. *Pengaruh Pengasaman terhadap Fotodegradasi Klorofil a*. Jurnal Matematika dan Sains. September 2008. Vol. 13 No. 3
- Dubakiene ,Ruta., and Kupriene, Migne. 2006. *Scientific Problems of Photosensitivity*. Jurnal Republican Center of Allergology. Vilnius University: Lithuania.
- Elva. 2010. *Stabilitas Pigmen Klorofil*. (<http://foodstory2.blogspot.com/2010/06/stabilitas-pigmen-klorofil.html>). (Akses 15 Juni 2012).
- Giwankara, E.G. 2007. *Spektrometri Inframerah*. <http://wordpress.com>. (akses tanggal 15 Mei 2012).
- Gross, J. 1991. *Pigments in Vegetables, Chlorophylls and Carotenoids*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hari, Bayu Sapta. 2009. *Spektrum Gelombang Elektromagnetik*. (<http://aktifisika.wordpress.com/2008/11/17/spektrum-gelombang-elektromagnetik/>). (Akses 9 Mei 2012).
- Hutajulu, T.F., Hartanto, E.S., dan Subagja. 2008. *Proses Ekstraksi Zat Warna Hijau Klorofil Alami Untuk Pangan Dan Karakterisasinya*. Jurnal Riset Industri Vol 2. No.1.
- Jayashankar,L. 2007. *Porphyrins : Dynamic Photosensitizer in Photodynamic Therapy*.
- Kusmita, Lia., dan Limantara, Leenawaty. 2009. *The Influence of Strong and Weak Ucid Upon Aggregation and Pheopytinzation of Clorophyll a and b*. Indo J Chem, Februari 2009. Vol 9 No 1.
- Madalena dkk. 2007. *The Effect Of Heating Time To The Content Of Pigments And Vitamin A In Cassava (Manihot esculenta Crantz) Ans Ceara-Rubber(Manihot glaziovii Muell. Arg*. Indo J Chem Vol 7.
- Manurung, Pebrin. 2011. *Pigmen Klorofil Daun katuk dan Aplikasinya Sebagai ZatPewarna Alami*. (<http://breaanmanurung.wordpress.com/2011/02/26/pigmen-klorofil->

- daun-katuk-dan-aplikasinya-sebagai-zat-pewarna-alami/). (Akses 15 Juni 2012).
- Muththalib, Abdul. 2009. *Klorofil dan Penyebarannya Di Perairan*. (<http://id.shvoong.com/exact-sciences/1947735-klorofil-dan-penyebarannya-di-perairan/>). (Akses 15 Februari 2012).
- Nurdin. 2009. *Pembuatan Bubuk Ekstrak Cu-Turunan Klorofil Daun Cincau (Premna Oblongifolia Merr.) Dan Uji Praktinis Untuk Pencegahan Aterosklerosis*. Disertasi Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Pazos, M.d.C., and Nader, H.B. 2007. *Effect of photodynamic therapy on the extracellular matrix and associated components*. *Braz J Med Biol Res* 2007; 40: 1025-1035.
- Pogue, Brian W. *Biomedical Photo-chemistry and Photo-imaging In Vivo*. File pdf. (Akses 17 Februari 2012)
- Putra, Sinly E., dan Bahri, Saiful. 2007. *Klorofil sebagai Darah Hijau Manusia*. Rubrik Sain dan Teknologi Universitas Lampung.
- Sari, Kurniawati W. 2005. *Studi Kemampuan Pengikatan Kolesterol Oleh Ekstrak Daun Suji (Pleomele angustifolia N. E. Brown) Dalam Simulasi Sistem Pencernaan In Vitro*. Skripsi Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Sari, Yusmanetti. 2007. *Kajian Proses Pengayaan Virgin Coconut Oil dengan Ekstrak Zat Pigmen dari Temulawak, Kunyit, Daun Suji, Daun Kunyit Serta Angkak dan Aplikasinya Pada Penggorengan Bahan Pangan*. Skripsi Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Schwartz, Steven j., and Lorenzo, Tina V. 1990. *Chlorophylls In Foods*. *Jurnal Food Science and Nutrition* Vol 29.
- Sengbusch, Peter v. 2001. *Absorption Spectra of Chlorophyll a (Light Green) and Chlorophyll b (Turquoise)*. (<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e24/3.htm>). (Akses 9 Mei 2012).
- Septiadi, Asep. 2011. *Uji Kandungan Klorofil Daun Dengan Teknik Spektrofotometri* (<http://aepcute.blogspot.com/2011/08/uji-kandungan-klorofil-daun-dengan.html>). (Akses 15 Februari 2012).
- Stanley. 2004. *Cell Energy: Photosynthesis*. (<http://chsweb.lr.k12.nj.us/mstanley/outlines/photosynthesis/Photosynthesis.htm>). (Akses 9 Mei 2012).
- Sutomo, Budi. 2008. *KupasTuntas Daun Suji & Pandan*. (<http://budiboga.blogspot.com/2008/01/kupastuntas-daun-suji-pandan.html>). Akses (7 Juni 2012).
- Suyitno. 2008. *Modul Pengayaan Materi Proyek Pendampingan Sma*. UGM: Yogyakarta.
- Syahrani, Achmad. 2004. *Warna Penglihatan Dan Zat Warna*. Bahan Ajar.
- Syarif, M. 2009. *Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan*. Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan tenaga kependidikan ilmu pengetahuan Alam (PPPPTK IPA): Bandung.
- Utomo, Budi. 2007. *Fotosintesis Pada Tumbuhan*. Karya Ilmiah. USU: Medan.

- Widianto, Eri. 2011. *Karakterisasi Spektrum Absorbansi Ekstrak Lidah Mertua (Sansevieria Trifasciata) Sebagai Photosensitizer Pada Dye-Sensitizedsolar Cell (Dssc)*. Skripsi Universitas Jenderal Soedirman: Purwokerto.
- Yefrida., Sesrita, Lidya., Yuniartis., dan Efdi, Mai. 2008. *Kestabilan Pewarna Makanan Alami Yang Berasal Dari Daun Suji (Pleomale angustifolia N E Brown)*. Jurnal Jurusan Kimia. FMIPA Unand: Padang.