

# BAB VIII

## FOTOSINTESIS

### Kompetensi Dasar:

1. Mampu menghubungkan karakteristik proses fotosintesis untuk kehidupan makhluk hidup
2. Mampu mendiskripsikan proses reaksi terang dan gelap
3. Mampu menguraikan faktor yang mempengaruhi proses fotosintesis.

### Pengertian Fotosintesis

Fotosintesis berasal dari kata Foton cahaya, sintesis penyusunan. Fotosintesis adalah peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbondioksida) dengan pertolongan energi cahaya matahari. Karena bahan baku yang dipergunakan adalah zat karbon (karbondioksida), maka dapat juga disebut asimilasi zat karbon.

### Proses Fotosintesis

Pada dasarnya, proses fotosintesis merupakan kebalikan dari pernapasan. Proses pernapasan bertujuan memecah gula menjadi karbondioksida, air dan energi. Sebaliknya proses fotosintesis mereaksikan (menggabungkan) karbondioksida dan air menjadi gula dengan menggunakan energi cahaya matahari. Proses fotosintesis umumnya hanya berlangsung pada tumbuhan yang berklorofil pada waktu siang hari asalkan ada sumber cahaya.

### Tempat Terjadinya Fotosintesis

#### ❖ Daun

Pada tumbuhan tingkat tinggi, biasanya kloroplas terbatas pada sel-sel

batang muda, buah-buah belum matang, dan daun. Daun inilah yang merupakan pabrik fotosintesis yang sebenarnya pada tumbuhan. Irisan melintang dari daun yang khas menyingkapkan beberapa lapisan-lapisan jaringan yang berbeda-beda.

Permukaan atas daun tertutup selapis sel tunggal yang menyusun epidermis atas. Sel-sel ini sedikit atau tidak memiliki kloroplas. Karena itu agak transparan dan membiarkan sebagian cahaya yang mengenainya melewati sel-sel di bawahnya. Sel-sel tersebut juga mengeluarkan suatu zat yang transparan seperti lilin yang dinamakan kutin. Bahan ini membentuk kutikula, yang berfungsi sebagai penghalang lembab dipermukaan atas daun tersebut, jadi mengurangi hilangnya air dari daun.

Dibawah sel-sel epidermis atas tersusun satu atau lebih barisan sel yang membentuk lapisan palisade. Sel-selnya berbentuk tabung dan tersusun sedemikian hingga sumbu panjang tegak lurus pada bidang daunnya. Setiap sel penuh dengan kloroplas, dan sel-sel inilah yang melakukan fotosintesis paling banyak di dalam daun.

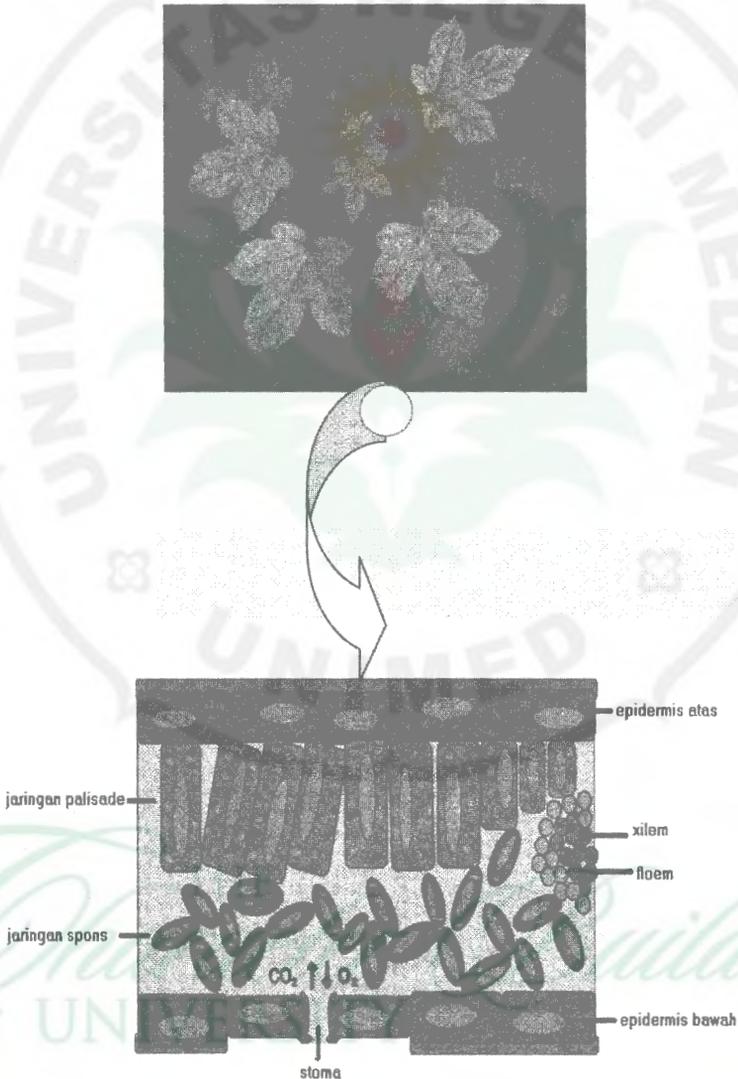
Di bawah lapisan palisade terdapat lapisan bunga karang. Sel-selnya tidak beraturan bentuknya dan tersusun tidak rapat. Walau hanya berisi sedikit kloroplas, fungsi utamanya menyimpan sementara molekul-molekul makanan yang dihasilkan sel-sel lapisan palisade. Juga membantu pertukaran gas diantara daun dan sekitarnya. Selama siang hari sel-sel ini mengeluarkan oksigen dan uap air ke ruang udara diambalnya. Ruang-ruang udara ini saling berhubungan dan akhirnya ke bagian luar daun-daun melalui pori-pori khusus yang dinamai stomata.

### ❖ Kloroplas

Kloroplas adalah plastida berwarna hijau, umumnya berbentuk lensa, terdapat di dalam sel tumbuhan lumut, paku-pakuan dan tumbuhan berbiji. Garis tengah dari lensa tersebut 2-6  $\mu\text{m}$ , sedangkan tebalnya 0,5-1,0  $\mu\text{m}$ . Jika dilihat dengan mikroskop cahaya dengan perbesaran yang paling kuat, kloroplas sering kelihatan berbentuk butir.

Bagian-bagiannya yang kelihatan berwarna tua disebut grana, sedangkan bagian-bagian yang kelihatan berwarna muda disebut stroma. Sejajar dengan permukaannya yang lebar, di dalam kloroplas terdapat lamella. Secara umum suatu sel mesofil daun mengandung 30-500 butir kloroplas yang berbentuk cakram atau gelendong.

Bentuk kloroplas yang beraneka ragam ditemukan pada ganggang (Algae). Kloroplast berbentuk jala ditemukan pada *Cladophora*, yang berbentuk pita spiral ditemukan pada *Spirogyra*, sedangkan yang bentuk bintang ditemukan pada *Zygnema*.



<http://WWW.Wikipedia.Com>. Diakses tanggal 22 Maret 2010.

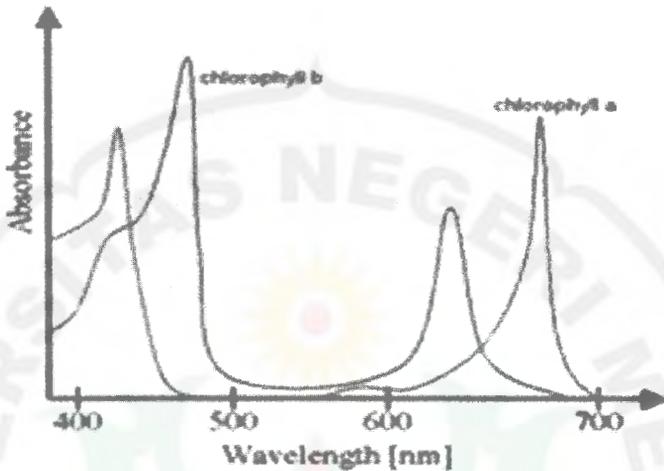
#### ❖ Klorofil

Klorofil ada 4 jenis yaitu: klorofil a, b, c, dan d.

Perbedaan dari ke empat jenis klorofil tersebut adalah:

	Chlorophyll <i>a</i>	Chlorophyll <i>c1</i>	Chlorophyll <i>b</i>	Chlorophyll <i>c2</i>	Chlorophyll <i>d</i>
Molecular formula	$C_{55}H_{72}O_5N_4$ Mg	$C_{35}H_{30}O_5N_4$ Mg	$C_{55}H_{70}O_6N_4$ Mg	$C_{35}H_{28}O_5N_4$ Mg	$C_{54}H_{70}O_6N_4$ Mg
C3 group	-CH=CH <sub>2</sub>	-CH=CH <sub>2</sub>	-CH=CH <sub>2</sub>	-CH=CH <sub>2</sub>	-CHO
C7 group	-CH <sub>3</sub>	-CH <sub>3</sub>	-CHO	-CH <sub>3</sub>	-CH <sub>3</sub>
C8 group	-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-CH=CH <sub>2</sub>	-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
C17 group	- CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CO O-Phytyl	- CH=CHCO OH	- CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CO O-Phytyl	- CH=CHC OOH	- CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CO O-Phytyl
C17-C18 bond	Single	Double	Single	Double	Single
Occurrence	Universal	Various algae	Mostly plants	Various algae	Cyanobacteria

Pada tumbuhan tingkat tinggi, umumnya mengandung klorofil a dan b. Klorofil ini mempunyai panjang gelombang yang berbeda. Dapat dilihat pada gambar:



<http://WWW.Crayonpedia.diakses> tanggal 23 maret 2010.

**Reaksi fotosintesis secara umum dibagi dua yaitu:**

### 1. Reaksi Terang

Yang pertama-tama melihat sepintas peranan cahaya dalam fotosintesis adalah Van Niel, mikrobiologis dari Amerika. Dia meneliti fotosintesis pada bakteri belerang ungu dan sampai pada kesimpulan tersebut. Mikroorganisme ini menghasilkan glukosa dari  $\text{CO}_2$  seperti halnya tumbuhan hijau, dan untuk memperoleh hal itu jasad renik tersebut memerlukan cahaya. Akan tetapi, air tidak dipakai sebagai bahan pemula, tetapi bakteri ini menggunakan Hidrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ). tambahan pula, selama fotosintesis ini tidak ada oksigen yang dibebaskan melainkan unsur sulfur. Van Niel berpendapat bahwa tindakan cahaya menyebabkan dekomposisi  $\text{H}_2\text{S}$  menjadi atom hydrogen dan sulfur. Kemudian dalam reaksi gelap, atom-atom hydrogen dipakai untuk mereduksi  $\text{CO}_2$  dalam serangkaian reaksi gelap.



Ia berpendapat bahwa pada tumbuhan hijau, energi cahaya menyebabkan air pecah menjadi hydrogen dan oksigen. Kemudian atom hydrogen dipakai untuk mereduksi  $\text{CO}_2$  dalam serangkaian reaksi gelap.



Jika teori ini benar, kesimpulannya ialah bahwa oksigen yang dihasilkan dalam fotosintesis berasal dari air seperti halnya seluruh sulfur yang diperoleh

dalam proses fotosintesis bakteri diturunkan dari  $H_2S$ . persamaan reaksi fotosintesis harus diulang:



### **Reaksi terang dibagi atas dua tahapan yaitu:**

#### **Fotosistem I dan II**

Penemuan dua pigmen pusat reaksi sangat memuaskan para ahli karena dapat membantu menjelaskan satu ciri lain dari fotosintesis. Jika kita membandingkan spectrum tindakan pada fotosintesis dengan spectrum absorpsi pada klorofil, maka terjadi pertentangan yang aneh.

Cahaya merah yang panjang gelombangnya lebih besar dari pada kira-kira 680 nm tidak memadai untuk melancarkan fotosintesis walau klorofil pada panjang gelombang tersebut masih menyerap. Pada tahun 1956, Robert Emerson dan rekan-rekannya menunjukkan bahwa penurunan tajam koefisien fotosintesis pada panjang gelombang diluar 680 nm dapat ditanggulangi jika kloroplas disinari secara simultan dengan cahaya berpanjang gelombang lebih pendek.

Dengan penyinaran simultan dari dua berkas cahaya monokromatik, misalnya 670 nm dan 710 nm, koefisien fotosintetik sungguh lebih besar dari pada keefisienannya dengan satu panjang gelombang dari intensitas total yang sama.

Pengamatan ini mengarah kepada kesimpulan bahwa reaksi-reaksi terang harus mencakup dua proses yang berlainan: satu yang diberi energi oleh cahaya dengan panjang gelombang lebih besar, dinamai fotosistem I., dan yang satu lagi dinamai fotosistem II yang mendapat energi dari cahaya ber-panjang gelombang lebih pendek.

#### **Fotosistem I**

Energi yang diperoleh pigmen - pigmen antena pada fotosistem I ditransfer ke molekul  $P_{700}$ . Elektron pada  $P_{700}$  ditingkatkan keposisi yang sedemikian tingginya (kira-kira 0,6 volt) hingga dapat mereduksi akseptor elektron yang tampak pada gambar sebagai X.

Sebenarnya substansi x menyumbangkan elektronnya kepada  $NADP^+$ , kemudian mereduksinya dan membentuk  $NADPH$  yang diperlukan untuk reaksi - reaksi gelap. Dengan cara ini, cahaya yang diabsorpsi oleh fotosistem

I menyediakan energi yang diperlukan untuk mengoksidasi  $P_{700}$  dan mereduksi  $NADP^+$  menjadi  $NADPH$ .

Namun elektron-elektron yang dipakai untuk mereduksi  $NADP^+$  kemudian digunakan dalam reaksi gelap untuk sintesis PGAL. Jika fotosistem I harus terus beroperasi, harus menggantikan elektron-elektron ini. Hal itu dilakukannya dengan melibatkan fotosistem II.

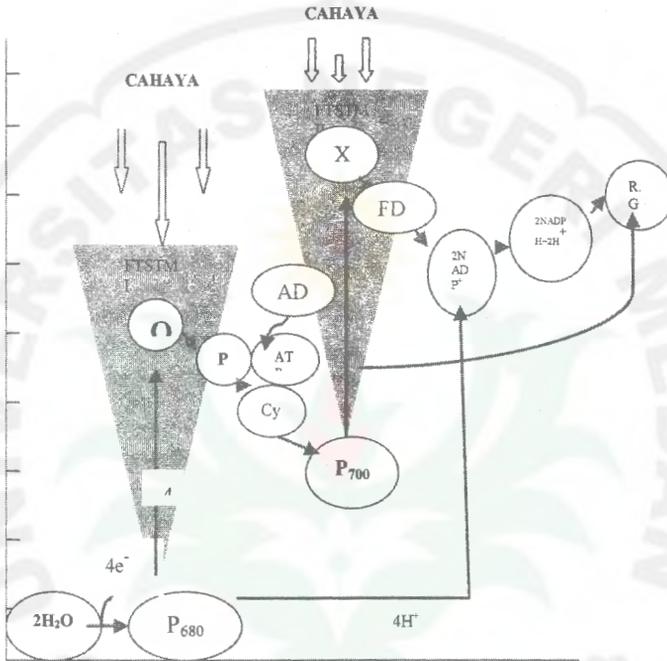
## Fotosistem II

Absorpsi cahaya oleh fotosistem II mengarah kepada oksidasi  $P_{680}$  dalam suatu cara yang sama dengan caranya fotosistem I. Namun  $P_{680}$  teroksidasi merupakan agen pengoksidasi yang lebih kuat daripada  $P_{700}$ , dengan potensial redoks yang lebih besar daripada + 0.82 volt, hal itu cukup elektronegatif untuk memperoleh elektron-elektron dari (dan oleh sebab itu direduksi oleh) molekul-molekul air. Langkah-langkah tepat yang terlibat masih belum pasti, tetapi untuk setiap 4 elektron yang diperoleh  $P_{680}$ , maka molekul oksigen dilepaskan.



Absorpsi cahaya meningkatkan elektron-elektron ini ke atas energi yang cukup tinggi sehingga elektron itu dapat mereduksi  $P_{700}$  dalam fotosistem I. Jadi telah diketahui satu di antara dua senyawa yang amat penting pada reaksi gelap, suatu mekanisme yang menyediakan energi sebagai elektron-elektron dan mampu bergerak dalam lintasan tak terputus dari molekul air ke  $NADP$ .

Namun harus diketahui bahwa ATP merupakan senyawa yang penting pada reaksi gelap. Inipun dibangkitkan oleh reaksi terang pada fotosintesis.

**Reaksinya:**

Keterangan: Reaksi cahaya pada fotosintesis. Tinggi relatif setiap pembawa elektron mencerminkan potensi redoksnya ( Y-aksis). Pada fosforilasi siklik, siklus elektron (lawan arah jam) dari X ke PQ dan kembali ke X sehingga membangkitkan ATP. Semua pigmen dan enzim pada reaksi terang bergabung dalam membran-membran grana. FD=feredoksin.

<http://WWW.Wikipedia.Com>.Diakses tanggal 22 Maret 2010.

Pada reaksi terang ini terjadi dalam 2 bagian yaitu Fotosistem I (non siklik) dan Fotosistem II (siklik)

Perbedaannya antara lain:

	Fotosistem I	Fotosistem II
Digunakan	4 photons 1 ADP 1 group Phosphate 1 H <sub>2</sub> O 1 NADP <sup>+</sup>	2 photons 1 ADP 1 group Phosphate
Produk	1 ATP 1 NADPH + H <sup>+</sup> ½ O <sub>2</sub>	1 ATP
Dalam reaksinya	Menangkap energi dalam pembentukan ATP dan NADPH; transfer hydrogen (seperti NADPH) ke reaksi gelap	Menangkap energi dalam pembentukan ATP
P	P 680 dan P700	P 700

## 2. Reaksi Gelap

Reaksi gelap pada fotosintesis itu sebenarnya merupakan serangkaian reaksi yang melibatkan pengambilan CO<sub>2</sub> oleh tumbuhan dan reduksi CO<sub>2</sub> oleh atom hydrogen. Dr. Calvin dan rekan-rekannya di Universitas California bertahun-tahun menyelidiki urutan langkah demi langkah reaksi-reaksi kimia yang terlibat.

Prosedur percobaan dasarnya ialah mengekspos suspensi ganggang hijau uniseluler terhadap cahaya dan karbon dioksida radioaktif. Penggunaan karbon radioaktif (<sup>14</sup>C) pada karbon dioksida "membuntuti" atom tersebut sehingga memungkinkan meneliti transformasi kimianya.

Untuk menentukan substansi mana, jika ada yang terpisah pada kromatogram itu yang radioaktif, maka sehelai film sinar X ditempatkan dekat kromatogram. Jika muncul titik-titik hitam pada film itu (karena ada radiasi yang dipancarkan oleh atom-atom <sup>14</sup>C), maka posisinya dapat dikorelasikan dengan posisi zat kimia pada kromatogram.

Dengan teknik autoradiografi ini, Calvin menemukan bahwa <sup>14</sup>C muncul dalam molekul-molekul glukosa 30 detik setelah dimulainya fotosintesis. Bila ini dibiarkan fotosintesis itu hanya berlangsung lima detik, dia menemukan radioaktivitas itu pada molekul-molekul lain yang lebih kecil.

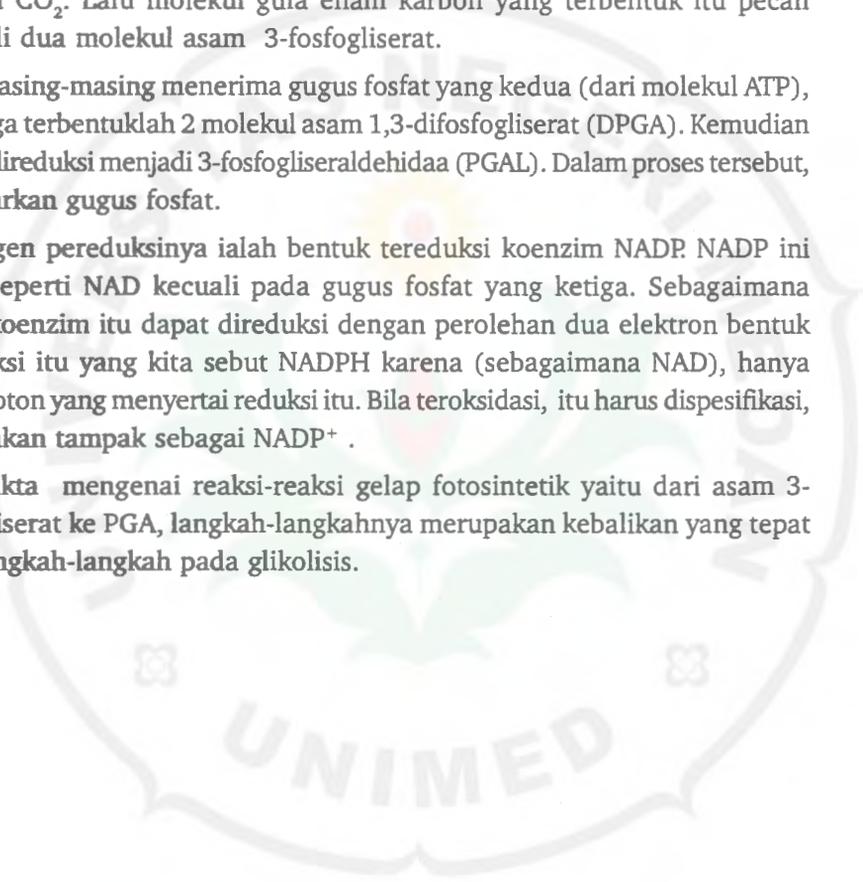
Secara bertahap, lintasan fiksasi karbon dapat ditentukan. Salah satu substansi penting dalam proses ini ialah gula lima karbon yang difosforilasi yaitu ribulosa fosfat.

Bila dimasukkan ke dalam molekul itu gugus fosfat kedua oleh ATP, maka senyawa yang dihasilkan ialah ribulosa difosfat, yang dapat bergabung dengan  $\text{CO}_2$ . Lalu molekul gula enam karbon yang terbentuk itu pecah menjadi dua molekul asam 3-fosfogliserat.

Masing-masing menerima gugus fosfat yang kedua (dari molekul ATP), sehingga terbentuklah 2 molekul asam 1,3-difosfogliserat (DPGA). Kemudian zat ini direduksi menjadi 3-fosfogliseraldehid (PGAL). Dalam proses tersebut, dikeluarkan gugus fosfat.

Agen pereduksinya ialah bentuk tereduksi koenzim NADP. NADP ini sama seperti NAD kecuali pada gugus fosfat yang ketiga. Sebagaimana NAD, koenzim itu dapat direduksi dengan perolehan dua elektron bentuk tereduksi itu yang kita sebut NADPH karena (sebagaimana NAD), hanya satu proton yang menyertai reduksi itu. Bila teroksidasi, itu harus dispesifikasi, maka akan tampak sebagai  $\text{NADP}^+$ .

Fakta mengenai reaksi-reaksi gelap fotosintetik yaitu dari asam 3-fosfogliserat ke PGA, langkah-langkahnya merupakan kebalikan yang tepat dari langkah-langkah pada glikolisis.

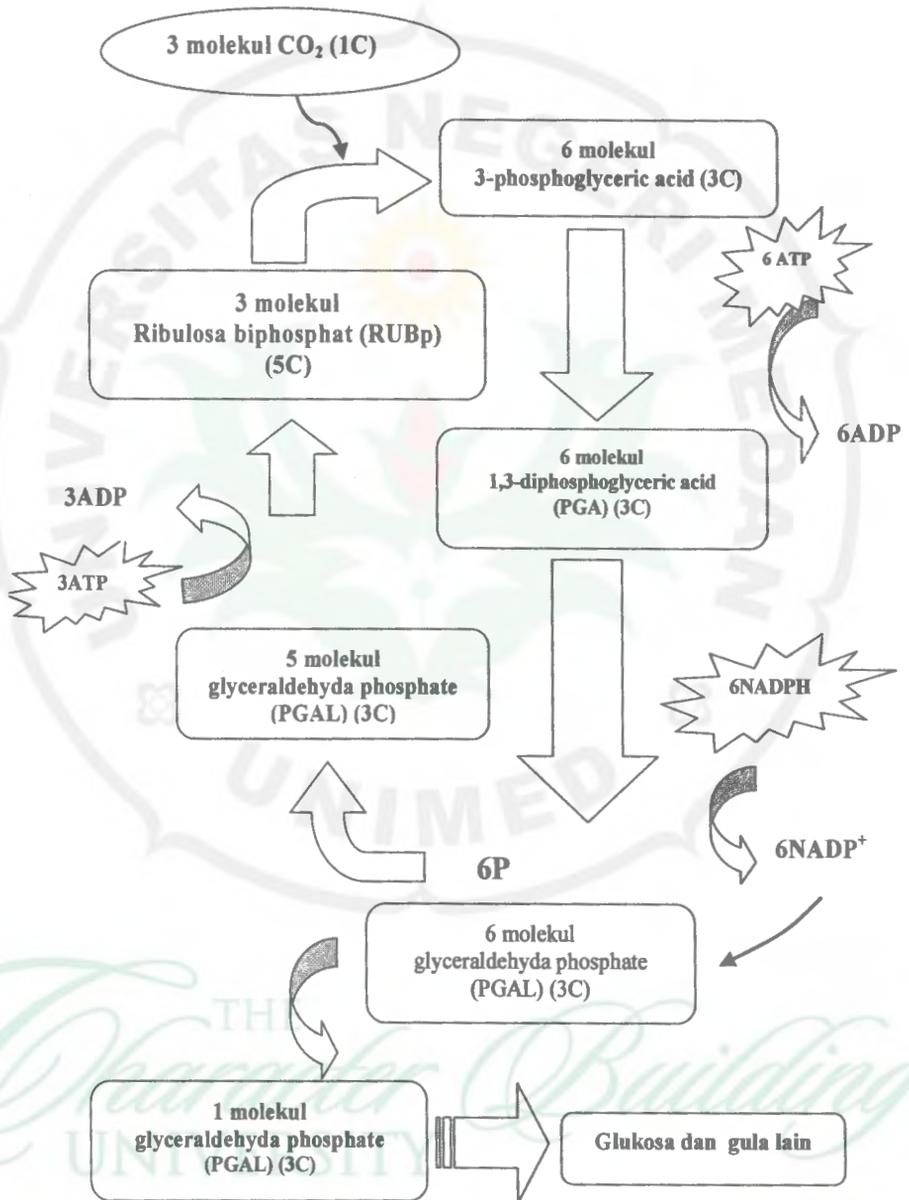
A large, faint watermark of the UNIMED logo is centered on the page. The logo features a stylized green bird or leaf-like shape above the word "UNIMED" in a bold, sans-serif font. The entire logo is enclosed within a decorative, shield-like border with small circular motifs on either side.

UNIMED

A large, faint watermark of the university's motto is located at the bottom of the page. The text "THE Character Building UNIVERSITY" is written in a mix of fonts: "THE" and "UNIVERSITY" are in a simple, blocky font, while "Character Building" is in a large, elegant, cursive script. The entire motto is in a light green color.

THE Character Building UNIVERSITY

## Mekanisme Reaksi Gelap



## Pengaruh Cahaya Terhadap Klorofil

Bila suatu larutan klorofil ditempatkan dalam seberkas cahaya, maka akan mengeluarkan cahaya berwarna merah tua. Fenomena ini dinamakan fluoresensi. Hal ini dapat dengan mudah diperagakan. Ekstrak klorofil kasar

dapat dengan mudah diperagakan. Ekstrak klorofil yang kasar dapat dipersiapkan dengan mencelupkan daun-daun rumput kedalam etanol. Dalam seberkas cahaya putih, larutan ini menunjukkan fluoresensi.

Keterangan untuk fenomena ini adalah bahwa energi cahaya yang diserap ditransfer pada suatu elektron dalam molekul klorofil, sehingga mengangkatnya ke tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron ini bebas berpindah-pindah mengitari molekul. Elektron-elektron inilah yang dengan mudah diangkat ke tingkat energi tinggi, maka molekul klorofil itu disebut “terangsang”. Dalam larutan klorofil tersebut, keadaan terangsang itu berlalu dengan cepatnya. Elektron-elektronnya kembali ke tingkat energi semula. Dengan demikian, elektron itu mengeluarkan energi yang telah mengangkatnya pada permulaan. Sebagian besar energi ini dibebaskan sebagai cahaya merah dengan panjang gelombang yang sangat jelas.

### **Faktor Penentu Laju Fotosintesis:**

Berikut adalah beberapa faktor utama yang menentukan laju fotosintesis

1. Intensitas cahaya  
Laju fotosintesis maksimum ketika banyak cahaya
2. Konsentrasi karbondioksida  
Semakin banyak karbondioksida di udara, makin banyak jumlah bahan yang dapat digunakan tumbuhan untuk melangsungkan fotosintesis
3. Suhu  
Enzim-enzim yang bekerja dalam proses fotosintesis hanya dapat bekerja pada suhu optimalnya. Umumnya laju fotosintensis meningkat seiring dengan meningkatnya suhu hingga batas toleransi enzim.
4. Kadar air  
Kekurangan air atau kekeringan menyebabkan stomata menutup, menghambat penyerapan karbon dioksida sehingga mengurangi laju fotosintesis
5. Kadar fotosintat (hasil fotosintesis)  
Kadar fotosintat seperti karbohidrat berkurang, laju fotosintesis akan naik. Bila kadar fotosintat bertambah atau bahkan sampai jenuh, laju fotosintesis akan berkurang.

### **Tugas:**

1. Uraikan secara singkat hubungan khas proses fotosintesis dengan kehidupan makhluk hidup.

2. Uraikan mekanisme proses reaksi terang dalam fotosintesis
3. Uraikan 3 faktor yang mempengaruhi proses fotosintesis.

## GLOSARIUM

### **Absorpsi:**

Penyerapan

### **Asimilasi:**

Pengambilan bahan an organik di alam untuk diolah tubuh jadi bahan yang bermolekul lebih kompleks.

### **Biokimia:**

Ilmu kimia tubuh makhluk hidup.

### **Feredoksin:**

Salah satu komponen dari sistem transfer elektron fotosintesis.

### **Fikoxantin:**

Pigmen coklat pada ganggang

### **Fikosianin:**

Pigmen biru pada ganggang

### **Felem:**

Jaringan gabus; penghasil lapisan gabus pada kulit batang pohon yang sudah tua.

### **Fotosintesis:**

Peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbon-dioksida) dengan pertolongan energi cahaya matahari.

### **Fotorespirasi:**

Satu jalur metabolik yang mengkonsumsi oksigen, membebaskan CO<sub>2</sub> tidak menghasilkan ATP dan menurunkan keluaran fotosintesis umumnya terjadi pada hari – hari panas, cerah dan kering ketika stomata menutup dan konsentrasi oksigen dalam daun melebihi konsentrasi karbondioksida.

### **Granula sekresi:**

Vakuola sekresi yang mengandung granula bahan yang mau digetahkan sel.

### **Reaksi Terang**

Tahapan reaksi dalam fotosintesis yang memerlukan cahaya matahari

### **Reaksi Gelap**

Tahapan reaksi dalam fotosintesis yang tidak memerlukan cahaya matahari