

## TOPIK : FOTOSINTESIS<sup>1</sup>

Oleh : Drs. Suyitno Al MS.<sup>2</sup>

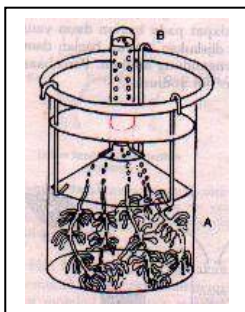
### PENGANTAR

Fotosintesis sudah akrab kita dengar. Pada dasarnya, fotosintesis merupakan proses penyusunan karbohidrat atau zat gula dengan menggunakan energi matahari. Matahari sebagai sumber energi utama bagi kehidupan di Bumi. Namun tidak semua organisme mampu secara langsung menggunakannya. Hanya golongan tumbuhan dan beberapa jenis bakteri saja yang mampu menyerap energi matahari dan memanfaatkannya untuk fotosintesis. Melalui fotosintesis, tumbuhan menyusun zat makanan yaitu karbohidrat (pati / gula). Karena kemampuan menyusun makanannya sendiri inilah, tumbuhan disebut organisme **ototrof**. Bagaimana fotosintesis itu dipahami oleh para ahli biologi ? Untuk itu, perlu kita ikuti percobaan – percobaan pada periode awal penemuannya.

### Sejarah Penemuan Fotosintesis

Fenomena fotosintesis telah digali sejak lama oleh para ilmuwan, khususnya bidang fisiologi tumbuhan. **Joseph Priestley** (1772), seorang ahli kimia Inggris menemukan bahwa tumbuhan mengeluarkan suatu gas yang membuat api lilin dapat menyala walaupun dalam tabung gelas yang tertutup. Dalam sungkup tabung gelas tanpa tanaman, api lilin yang dinyalakan cepat padam. Namun setelah ke dalamnya disusupkan tanaman, pada beberapa hari kemudian ternyata lilin dapat dinyalakan lagi. Lilin tetap menyala selama “gas” dari tanaman itu masih ada. Pada waktu itu, Dia belum tahu bahwa gas itu adalah oksigen.

Dua ratus tahun kemudian, banyak peneliti tertarik untuk ikut menggali lebih lanjut dari temuan Priestley tersebut. **Jan Ingenhousz** (1779), ahli fisiologi dari German melakukan eksperimen dengan menggunakan tumbuhan air (*Hydrila verticillata*). Dari percobaannya ditunjukkan tiga hal penting, meliputi :



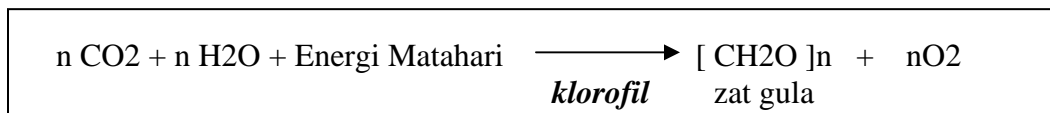
- (1) gas yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu ternyata adalah **O<sub>2</sub>**,
- (2) **cahaya matahari** dibutuhkan untuk proses tersebut,
- (3) **bagian yang berhijau daun** saja yang mengeluarkan O<sub>2</sub>.

**Gb.2 : Percobaan Ingenhousz**

<sup>1</sup> Disampaikan pada pendalaman materi Biologi Siswa-Siswi SMP Stella Duce 1, Yogyakarta : 29- 10 - 05

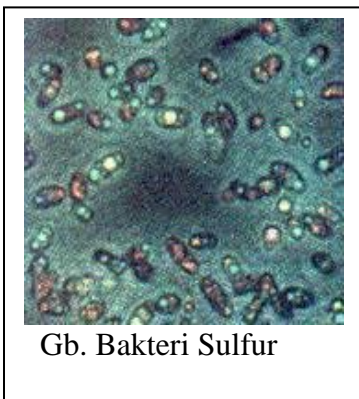
<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurdik. Biologi FMIPA - UNY

Seorang ahli botani dari Swiss, **Jean Senebier** menemukan bahwa **CO<sub>2</sub>** juga dibutuhkan untuk fotosintesis. Peneliti lain, ahli kimia dan ahli fisiologi Swiss yaitu **Nicholas de Saussure** (1804) menunjukkan bahwa tanaman tumbuh dari **air** dan **CO<sub>2</sub>** yang diserapnya. Sachs (1860) menunjukkan bahwa fotosintesis menghasilkan zat gula atau karbohidrat yang disebut **amilum**. Berdasar temuan-temuan itu maka pemahaman tentang fotosintesis menjadi semakin lengkap. Fotosintesis kemudian dirumuskan dalam persamaan reaksi kimia sbb :



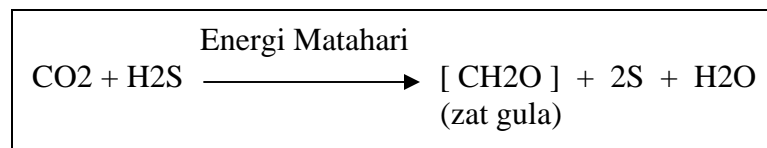
Darimanakah gas **O<sub>2</sub>** yang dilepaskan itu ? Semula orang mengira bahwa **O<sub>2</sub>** yang dikeluarkan adalah berasal dari pemecahan gas **CO<sub>2</sub>**.

**Van Niel** adalah orang pertama yang menyatakan bahwa **O<sub>2</sub>** itu berasal dari pemecahan air. Hal itu didasarkan dari hasil temuannya tentang fotosintesis bakteri Sulfur (gb x2).



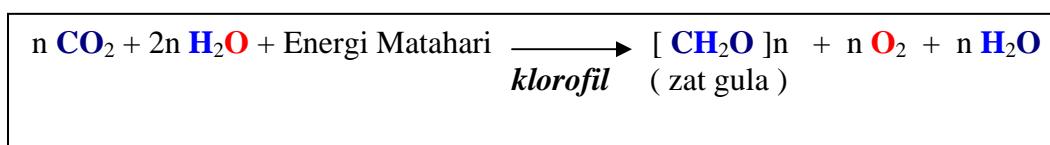
Gb. Bakteri Sulfur

Dengan energi matahari, bakteri Sulfur ternyata juga mampu menyusun zat gula dari **CO<sub>2</sub>** dan gas belerang (**H<sub>2</sub>S**), bukan dengan air (**H<sub>2</sub>O**) seperti pada tumbuhan. Bakteri ini melepaskan **S**, yang tentu berasal dari pemecahan **H<sub>2</sub>S**. Persamaan reaksinya dinyatakan sbb :



Gb x2 · bakteri sulfur

Senada dengan hal itu, maka Van Niel menduga bahwa **O<sub>2</sub>** yang dilepaskan pada fotosintesis tumbuhan adalah berasal dari pemecahan air (**H<sub>2</sub>O**). Tahun 1941, **Ruben** dan **Kamen** melakukan percobaan fotosintesis dengan menggunakan air bertanda. Pada air tersebut, komponen **O**-nya diberi tanda yang mudah dikenali dengan alat tertentu. Dengan cara ini, Dia berhasil membuktikan bahwa “gas” yang dilepaskan itu adalah **O<sub>2</sub>** yang bertanda. Oksigen itu tentu berasal dari pemecahan air bertanda. Pemecahan air dengan energi cahaya yang diserap oleh sel-sel daun yang berfotosintesis ini disebut **fotolisis**. Dengan demikian, persamaan fotosintesis yang lengkap adalah sbb :

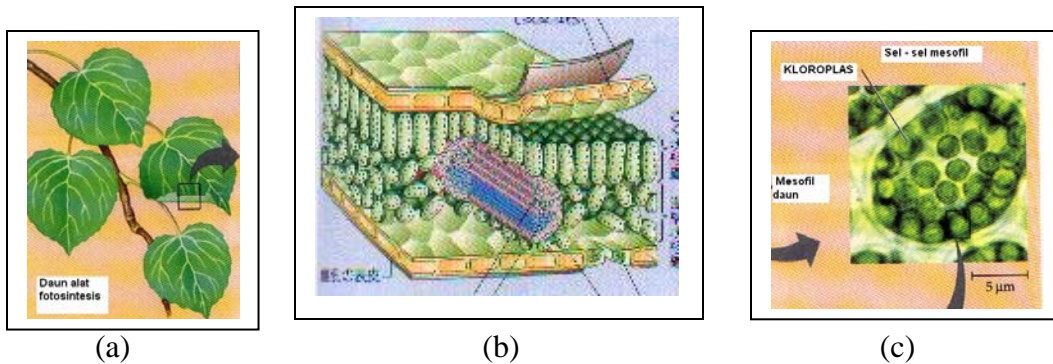


Berdasar uraian di atas dapat kita tarik beberapa pengertian : (1) Fotosintesis menggunakan energi matahari untuk menyusun zat gula sederhana. (2) Zat gula disusun dari bahan dasar yaitu berupa H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>. (3) Fotosintesis menghasilkan bahan sisa berupa O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. (4) Fotosintesis hanya dapat dilakukan oleh tumbuhan dan beberapa jenis bakteri. Fotosintesis menyusun zat gula dari air dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sehingga sering disebut pula **asimilasi karbon**.

### Tempat dan Perangkat Alat Fotosintesis

Fotosintesis ibarat suatu proses yang terjadi dalam sebuah “pabrik”. Pada umumnya, “**pabrik**” tempat fotosintesis adalah **daun**. Sel-sel daun memiliki kelengkapan alat untuk menangkap energi matahari. Pada tumbuhan tertentu yang tidak berdaun seperti bangsa Kaktus, kelengkapan alat fotosintesisnya terdapat pada sel-sel lapisan luar dari batangnya.

Di bagian manakah fotosintesis berlangsung ? Untuk memahami hal ini, coba perhatikan contoh susunan anatomi daun tumbuhan Dikotil, pada gambar x3 berikut. Daun tersusun atas beberapa lapis sel atau jaringan (gambar 3), meliputi :



Gb3. Daun, Susunan Anatomi dan kloroplas

Keterangan :

- (1) jaringan epidermis (atas dan bawah),
- (2) jaringan tiang (palisade),
- (3) jaringan bunga karang (spons),
- (4) jaringan pengangkutan.

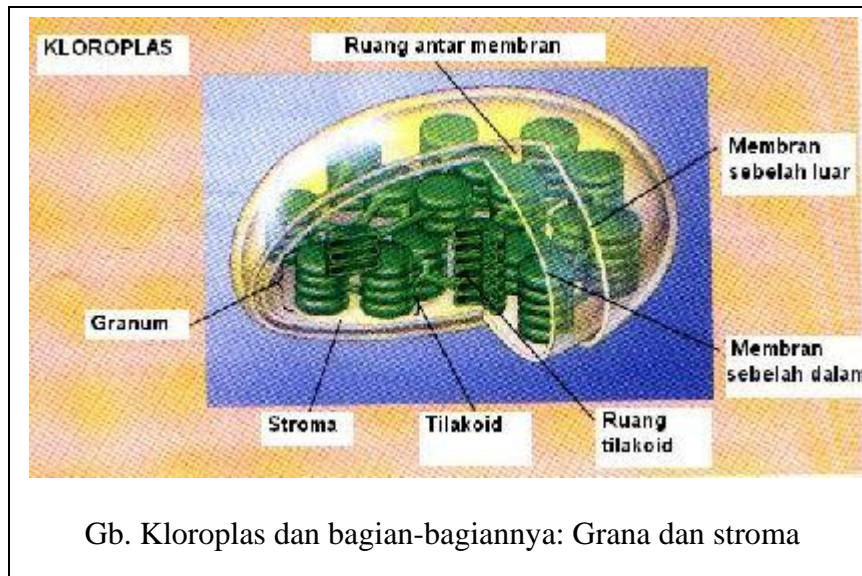
Jaringan tiang dan bunga karang merupakan bagian yang disebut daging daun (mesofil).

Perhatikan sel-sel mesofilnya pada gb 3-c. Di dalam sel-selnya terdapat banyak organela sel berbentuk bulat atau lonjong yang berwarna hijau, yang disebut **kloroplas**. Kloroplas paling banyak terdapat pada sel-sel jaringan tiangnya. Pada setiap selnya, dapat memiliki 50 atau lebih kloroplas. Pada lapisan epidermisnya tidak ditemukan kloroplas, kecuali pada sel penutup mulut daunnya.

### Kloroplas

Kloroplas merupakan alat atau organela sel yang khas pada sel-sel daging daun. Bentuknya bermacam-macam, tergantung jenis tumbuhannya. Selain bulat atau lonjong,

ada juga yang berbentuk pita. Pada daun Hydrila, kloroplasnya bulat atau lonjong, berukuran cukup besar dan mudah diamati dibawah mikroskop.

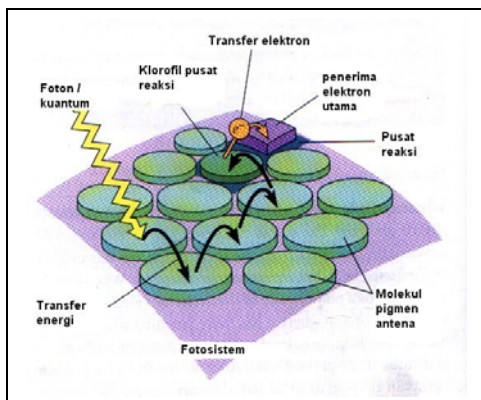


Organela ini mudah dikenali dengan warnanya yang hijau karena banyak mengandung zat warna atau pigmen hijau daun yang disebut **klorofil**. Ada dua macam klorofil pada tumbuhan darat yaitu klorofil a dan klorofil-b. Coba perhatikan gambar susunan alat di dalam kloroplas (Gb. 4).

Kloroplas tersusun dari dua bagian, meliputi :

- a. Bangunan seperti tumpukan piring, disebut **grana**
- b. Bahan yang mengisi di luar grana, disebut **matrik stroma**

Pada bagian grana, terdapat seluruh perangkat alat penangkap energi matahari. Perangkat alat itu adalah ibarat **antena** penerima. Alat penerima tersebut berupa kumpulan bermacam-macam zat pigmen. **Pigmen** adalah suatu zat yang berfungsi menangkap atau memantulkan jenis sinar atau warna cahaya tertentu. Pigmen daun paling banyak adalah **klorofil**. Sekelompok pigmen yang merupakan satu kesatuan alat penerima energi cahaya ini disebut **fotosistem**.

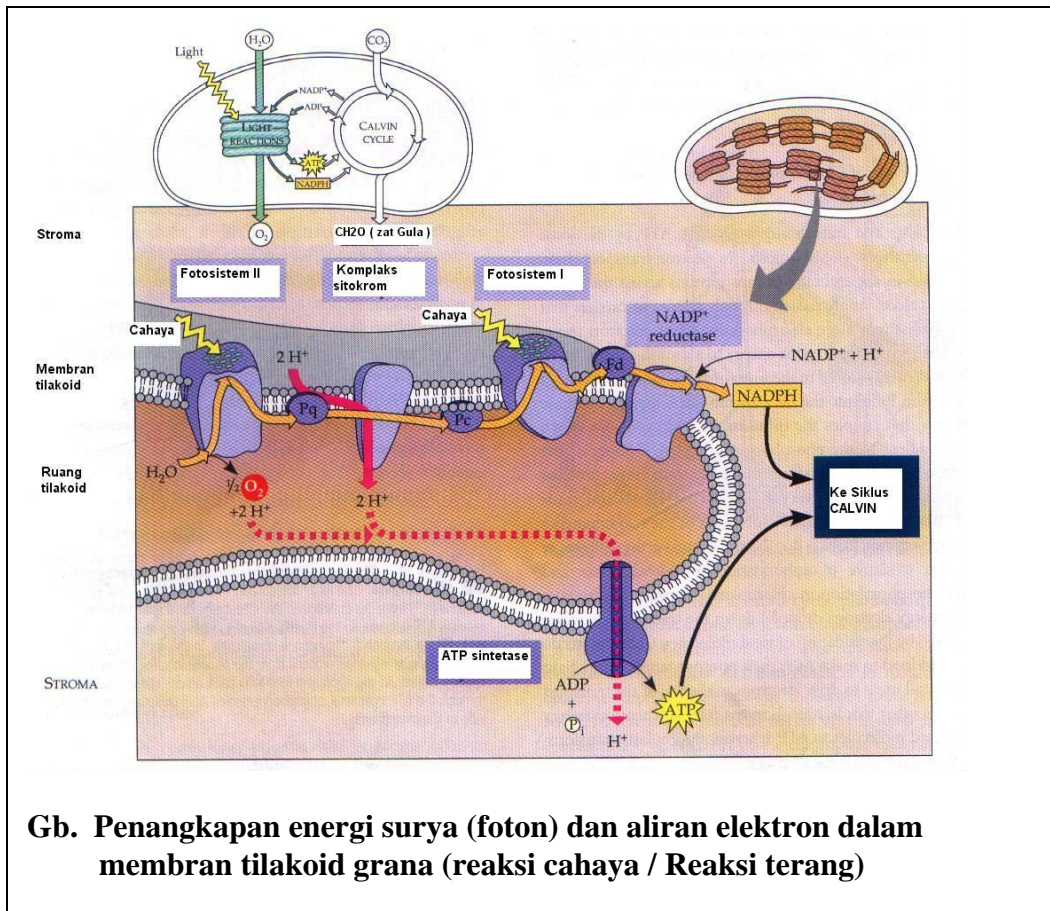


Ada dua fotosistem yang dibutuhkan untuk mendukung satu proses fotosintesis, yaitu fotosistem I dan II. Komponen utama fotosistem adalah klorofil, khususnya klorofil-a. Selain fotosistem, juga ada komponen lain yang membantu mengalirkan energi matahari. Informasi lebih dalam akan kamu pelajari kelak pada jenjang pendidikan berikutnya.



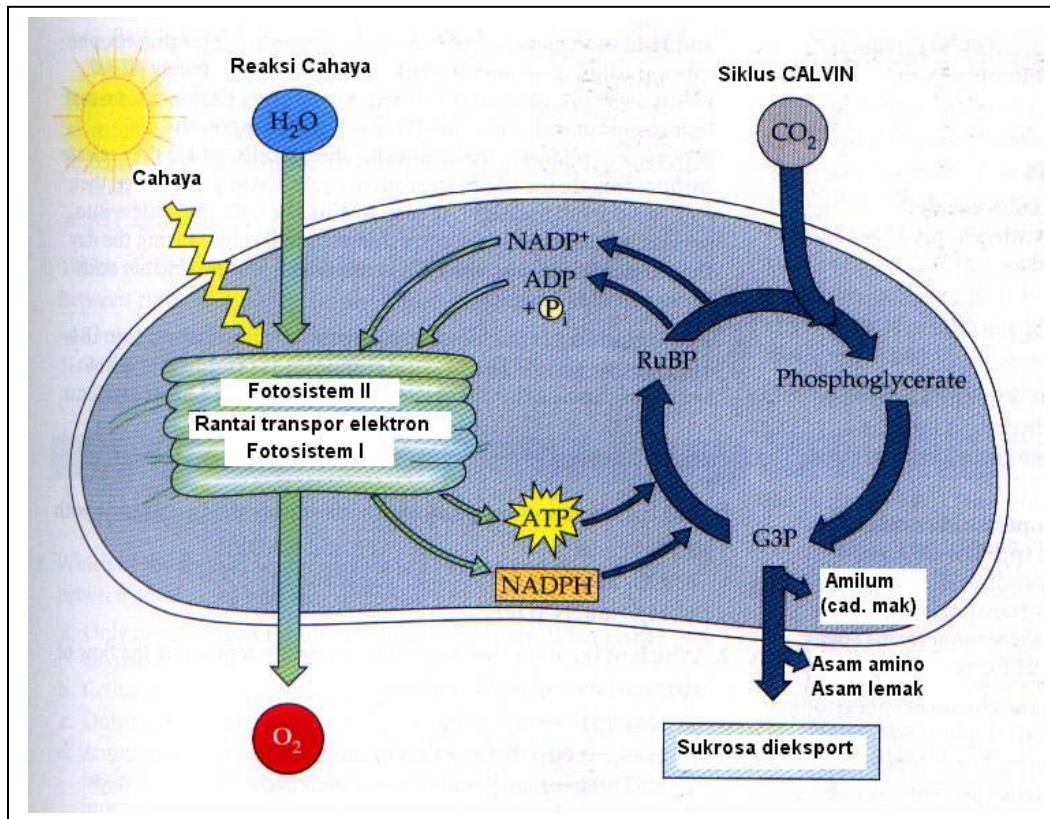
## Tahapan Fotosintesis

Pada dasarnya, fotosintesis terjadi dalam dua tahapan. Kedua tahap itu berlangsung dalam kloroplas, namun pada dua bagian yang berbeda (lihat gb-x4). Tahap I adalah proses penangkapan energi surya atau proses-proses yang bergantung langsung pada keberadaan cahaya. Seluruh proses pada tahap ini disebut **reaksi cahaya**. Tahap II adalah proses-proses yang tidak bergantung langsung pada keberadaan cahaya. Proses-proses atau reaksi-reaksi pada tahap ini disebut **reaksi gelap**. Peristiwa penting apakah yang terjadi pada kedua tahapan tersebut ?



**Gb. Penangkapan energi surya (foton) dan aliran elektron dalam membran tilakoid grana (reaksi cahaya / Reaksi terang)**

Reaksi-reaksi cahaya berlangsung pada bagian grana kloroplas. Sebagian energi matahari yang diserap akan diubah menjadi energi kimia, yaitu berupa zat kimia berenergi tinggi. Selanjutnya, zat itu akan digunakan untuk proses penyusunan zat gula. Sebagian energi matahari juga digunakan untuk fotolisis air ( $H_2O$ ) sehingga dihasilkan ion hidrogen ( $H^+$ ) dan  $O_2$ . Ion hidrogen tersebut akan digabungkan dengan  $CO_2$  membentuk zat gula ( $CH_2O$ )<sub>n</sub>. Sedangkan  $O_2$ -nya akan dikeluarkan.



Reaksi-reaksi gelap terjadi pada bagian matrik stroma kloroplas. Pada bagian ini, terdapat seluruh perangkat untuk reaksi-reaksi penyusunan zat gula. Reaksi tersebut memanfaatkan zat berenergi tinggi yang dihasilkan pada reaksi terang. Reaksi penyusunan ini tidak lagi bergantung langsung pada keberadaan cahaya, walaupun prosesnya berlangsung bersamaan dengan proses-proses reaksi cahaya. Karena itulah, reaksi-reaksi pada tahap ini disebut reaksi gelap. Reaksi tersebut dapat terjadi karena adanya enzim-enzim fotosintesis. Sesuai dengan nama penemunya yaitu Benson dan Calvin, maka daur reaksi penyusunan zat gula ini disebut daur **Benson – Calvin**.

Hasil awal fotosintesis adalah berupa zat gula sederhana yang disebut **glukosa** ( $C_6H_{12}O_6$ ). Selanjutnya, sebagian akan diubah menjadi **amilum** (zat tepung = pati) yang ditimbun di daun, atau organ-organ penimbunan yang lain.

### Pemanfaatan hasil fotosintesis

Zat gula hasil fotosintesis akan digunakan untuk berbagai kepentingan tubuh tumbuhan. Sebagian zat gula akan dirombak untuk menghasilkan energi. Energi sangat dibutuhkan untuk berbagai aktivitas tubuh. Sebagian akan digunakan untuk membangun atau membentuk tubuh tumbuhan. Tumbuhan butuh tumbuh, berkembang, membentuk anakan atau bertunas, membentuk bunga, buah, biji, dsb. Sebagian akan dijadikan bahan baku untuk menyusun zat-zat penting lain yang dibutuhkan. Misalnya, protein, lemak dan vitamin. Sebagian yang lain akan ditimbun dalam jaringan penimbunan. Misalnya dalam bentuk ubi, umbi, buah dan biji.

### Contoh Tempat-tempat Penimbunan Hasil Fotosintesis

No	Contoh Tumbuhan	Jaringan penimbunan utama
1	Ketela rambat ( <i>Ipomoea batatas</i> )	akar (ubi)
2	Singkong ( <i>Manihot utilisima</i> )	akar (ubi)
3.	Kentang ( <i>Solanum tuberosum</i> ) / <i>Lycopersicum esculentum</i>	Umbi kentang
4	Tebu ( <i>Sacharum officinarum</i> )	Batang
5	Gadung ( <i>Dioscorea sp</i> )	Umbi
6.	Entong-entongan	Batang (berdaging = sukulen)
7.	Katibung ( <i>Tuber accesorium</i> )	Umbi (Menggantung pada batang)
8.	Bangkuang ( <i>Pacchyrhizus erosus</i> )	Umbi akar
9.	Dahlia	Umbi akar
10.	Padi ( <i>Oriza sativa</i> )_	Biji padi (beras)
11.	*)Tumbuhan berbuah – berbiji	Buah dan biji

### FAKTOR FOTOSINTESIS

Fotosintesis dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor dari dalam maupun faktor dari luar. Faktor dalam antara lain adalah :

- 1) umur daun,
- 2) keadaan stomata
- 3) jenis tumbuhan.

Faktor luar antara lain adalah :

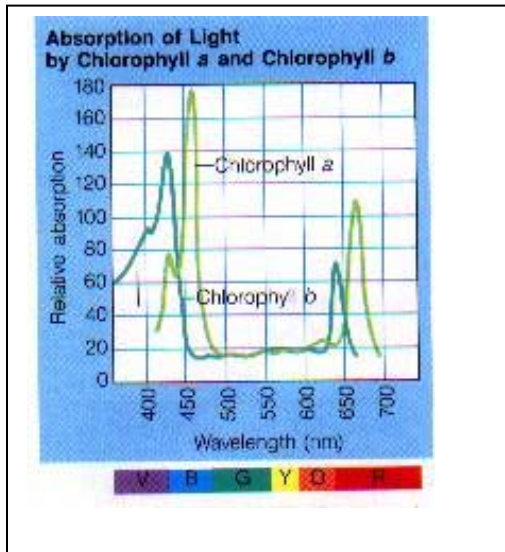
- 1) CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>,
- 2) Ketersediaan air,
- 3) Kelembaban dan suhu udara
- 4) Keadaan cahaya.

Selain 4 faktor tersebut, bahan-bahan beracun juga akan mempengaruhi fotosintesis. Misalnya herbisida, tumpahan minyak dan air sabun, logam-logam berat, dsb.

Cahaya matahari merupakan sumber energi utama fotosintesis. Albert Einstein menyebut energi matahari sebagai **foton** (*kuantum*). Cahaya mempengaruhi fotosintesis dalam tiga hal, yaitu : (1) intensitas, (2) lama pencahayaan dan (3) warna cahayanya. Menurut warna cahayanya, cahaya matahari terdiri atas 7 jenis

warna sinar. Bukti bahwa cahaya matahari tersusun atas bermacam-macam warna sinar dapat kita lihat pada peristiwa pelangi.

Ke tujuh warna sinar memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda. Berdasar urutan panjang gelombangnya dari panjang ke pendek adalah meliputi sinar **merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila** dan **ungu**. Untuk memudahkan menghafal, sering disingkat “me-ji-ku-hi-bi-ni-u”. Tetapi tidak semua jenis sinar tersebut dimanfaatkan atau diserap secara optimal oleh tumbuhan. Coba perhatikan grafik penyerapan cahaya matahari oleh klorofil pada gambar x7.



Klorofil menyerap semua warna sinar, kecuali sinar hijau. Sinar yang paling banyak diserap untuk fotosintesis adalah **sinar merah** ( $\pm 700$  nm) dan **biru** ( $\pm 450$  nm). Jenis sinar yang lain juga diserap energinya walaupun dalam tingkat yang lebih rendah. Sinar hijau justru dipantulkan oleh klorofil, sehingga daun tampak berwarna hijau.

Gb. x7 : Penyerapan cahaya matahari

Untuk fotosintesis dibutuhkan intensitas cahaya minimal tertentu. Pada intensitas cahaya yang kurang, fotosintesisnya akan lambat. Sebaliknya, pada intensitas yang lebih tinggi, fotosintesis akan lebih cepat. Hal itu nyata, terutama pada tumbuhan-rumput, seperti jagung, tebu dan golongan rumput yang lain.

Kadar CO<sub>2</sub> juga menjadi faktor penting. Fotosintesis cenderung meningkat bila kadar CO<sub>2</sub>-nya lebih tinggi. Sebaliknya, keberadaan O<sub>2</sub> justru akan menghambat fotosintesis.

## TIPE-TIPE FOTOSINTESIS

Berdasarkan senyawa pertama yang dibentuk dari hasil fiksasi atau pengikatan CO<sub>2</sub>, fotosintesis dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>.

- 1) Tipe C<sub>3</sub>, senyawa pertama yang dibentuk dari hasil fiksasi CO<sub>2</sub> dari luar (udara / atmosfer) adalah senyawa asam organik 3 karbon (3-C), yaitu **Asam Fosfoliserat (PGA)**. Proses reaksi ini langsung menjadi bagian dari daur Calvin. Enzim yang membantu pengikatan CO<sub>2</sub> adalah **RubisCo** (Ribulosa Bifosfat Karboksilase Oksigenase). Oleh RubisCo, CO<sub>2</sub> digabungkan dengan senyawa gula sederhana 5-C yaitu **Ribulosa di(bi)-fosfat (Ru-BP)**.
- 2) Tipe C<sub>4</sub>, senyawa pertama yang dibentuk dari fiksasi karbon dari udara bebas adalah berupa asam organik 4 karbon (4-C), yaitu **Asam Oksalo Asetat (OAA)**. Senyawa OAA akan segera diubah menjadi :

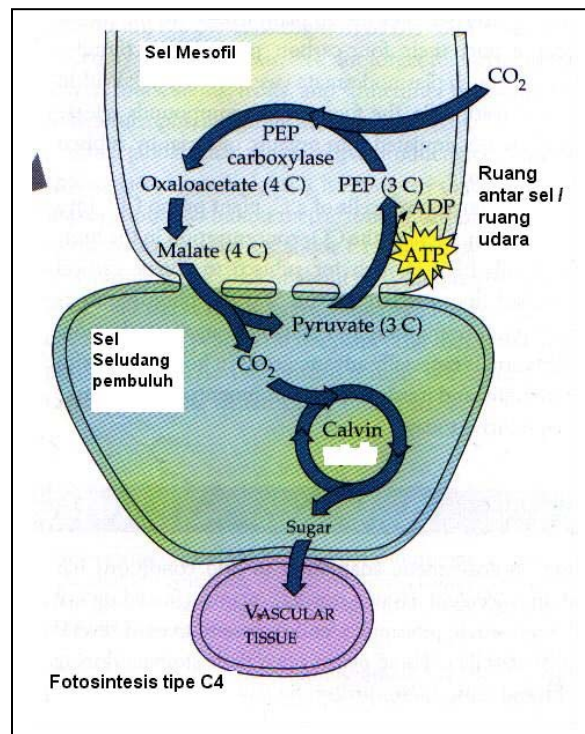
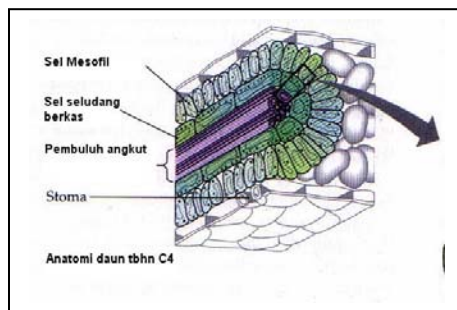
- 1) Asam Malat, atau



## 2) Aspartat)

Zat CO<sub>2</sub> udara (senyawa 1-C) ditangkap oleh enzim **PEP-karboksilase**. Oleh enzim itu, CO<sub>2</sub> akan digabungkan dengan senyawa PEP (fosfoenol-piruvat ; senyawa 3-C) menjadi asam organik 4-C , yaitu OAA.

Selanjutnya, kedua senyawa itulah yang akan menjadi sumber CO<sub>2</sub> untuk sintesis gula dalam daur Calvin. Artinya, CO<sub>2</sub> yang ditangkap oleh enzim *RubisCo* untuk membentuk zat gula dalam daur Calvin tidak langsung diambil dari CO<sub>2</sub> udara bebas, melainkan dari hasil pemecahan **asam Malat** atau **Aspartat**.



Pada tumbuhan yang tipe fotosintesisnya C-4 (tumbuhan C-4), peristiwa pengikatan CO<sub>2</sub> udara bebas terjadi di sel-sel mesofil daun. Sedangkan reaksi penyusunan zat gula (daur Calvin) terjadi di **sel-sel seludang berkas angkutan** di daun. Jadi ada proses transpor asam organik sumber CO<sub>2</sub>, yaitu transpor malat atau aspartat, dari daerah sel-sel mesofil daun menuju sel seludang berkas. Bentuk timbunan sumber CO<sub>2</sub> ini tergantung dari jenis tumbuhan C-4 nya. Penemu adanya tipe fotosintesis ini adalah Hatch and Slack, maka daur fotosintesisnya juga disebut **daur Hatch – Slack**. Pada tumbuhan C-4, zat gula dibentuk atau ditemukan di sel seludang berkas, bukan di sel mesofil daun.

Keunggulan tumbuhan C4 dibanding tumbuhan C-3 antara lain adalah :

1. Lebih tahan terhadap lingkungan yang terik dan kering
2. Proses fotosintesis lebih efektif, terutama pada intensitas dan kadar CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi

- Penghambatan fotosintesis oleh O<sub>2</sub> lebih rendah karena rasio CO<sub>2</sub> / O<sub>2</sub> dalam jaringan daun lebih besar. Fotorespirasi-nya lebih rendah.

### BEDA PERANGKAT FOTOSINTESIS C-3 DAN C-4

Antara tumbuhan C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub> terdapat perbedaan yang cukup menyolok pada perangkat dan aktivitas fotosintesisnya.

No	Hal	Tumbuhan C-3	Tumbuhan C-4
1	Daun Calvin	Ada (di matrik stroma kloroplas sel mesofil)	Ada (di matrik stroma kloroplas sel seludang)
2	Penerima CO <sub>2</sub> dari udara bebas	Ru-BP	PEP
3	Enzim pengikat CO <sub>2</sub> udara bebas	RubisCo	PEP karboksilase
4	Produk awal fiksasi CO <sub>2</sub> udara	Asam fosfo-gliserat (PGA)	Asam Oksalo-asetat (OAA)
5	Daya ikat enzim karboksilase thdp CO <sub>2</sub>	Sedang	Besar
6	Tempat fotosintesis	Jaringan mesofil saja	Mesofil dan seludang berkas
7	Kloroplas	Satu jenis, Relatif kecil, Grana-stroma berkembang	Dua Jenis : - Kloroplas mesofil kecil - Kloroplas sel seludang besar, tetapi grana tidak berkembang
8	Penghambatan fotosintesis oleh adanya O <sub>2</sub> (Fotorespirasi)	Besar	Kecil

### FOTOSINTESIS TIPE CAM

Selain tipe C<sub>3</sub> dan C<sub>4</sub>, terdapat tipe fotosintesis lain, yaitu tipe Crassulacean Acid Metabolism (CAM). Fotosintesis tipe CAM pada dasarnya mirip dengan tipe C-4, dilakukan oleh beberapa golongan tumbuhan yang hidup di gurun. Bagaimana keadaan lingkungan gurun ? Gurun memiliki kondisi udara (klimatik) dan tanah (edafik) yang sangat ekstrim. Pada siang hari, matahari sangat terik, udara panas, dan udara kering (kelembaban rendah). Di samping itu, tanah gurun sangat kering, tandus dan berbatu. Untuk menghindari kehilangan air jaringan yang berlebih, maka stoma menutup di siang hari dan membuka di malam hari. Karena itu, fotosintesis tumbuhan CAM terjadi dalam dua waktu, yaitu siang dan malam. Fiksasi CO<sub>2</sub> dilakukan pada malam hari saat stoma membuka. Sedangkan siangnya terjadi aktivitas penyusunan zat gula melalui daur Calvin.

Pada Malam	Fiksasi CO <sub>2</sub> Asam malat ditimbun di vakuola sel-sel jaringan fotosintetik
Pada Siang	Asam malat dipecah melepaskan CO <sub>2</sub> Reaksi cahaya dan Asimilasi CO <sub>2</sub> menjadi zat gula (daur Calvin)

Hasil fiksasi CO<sub>2</sub> dari udara bebas adalah berupa asam organik 4-C, yaitu OAA, seperti pada tumbuhan C-4 umumnya. OAA ini akan segera diubah menjadi asam malat dan ditimbun di *vakuola* sel. Pada siang hari, asam malat akan pecah untuk melepaskan CO<sub>2</sub>. Peristiwa ini disebut dekarboksilasi. Selanjutnya, CO<sub>2</sub> tersebut digunakan untuk menyusun zat gula melalui daur Calvin.

### TUMBUHAN C-3, C-4 DAN CAM

Pada umumnya, terutama dari golongan tumbuhan dikotil, tipe fotosintesisnya adalah tipe C-3. Sedangkan tumbuhan monokotil umumnya melakukan fotosintesis tipe C-4. Berikut beberapa contoh golongan tumbuhan dan tipe fotosintesisnya.

Klasis	Familia	Jumlah Species	
		Tipe C-4	Tipe CAM
Dikotil	Amaranthaceae	56	-
	Asteraceae	39	10
	Cactaceae	-	94
	Chenopodiaceae	104	-
	Crassulaceae	-	95
	Euhorbiaceae	75	30
	Nyctaginaceae	18	-
	Portulacaceae	8	4
Monokotil	Agave	-	14
	Bromeliaceae	-	66
	Cyperaceae	31	-
	Liliaceae	1	24
	Orchidaceae	-	44
	Poaceae (Graminae)	575	-

## RINGKASAN

1. Fotosintesis (asimilasi karbon) merupakan proses pengubahan energi cahaya (energi fisika) menjadi energi kimia (zat gula).
2. Fotosintesis berlangsung dalam dua tahap, yaitu reaksi cahaya dan reaksi gelap.
3. Fotosintesis menyusun zat gula ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) dari air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan gas asam arang ( $\text{CO}_2$ ) dengan bantuan energi surya.
4. Sinar merah dan sinar biru paling banyak diserap daun untuk fotosintesis
5. Fotosintesis terjadi pada sel-sel daun, terutama di bagian mesofil daun, yaitu jaringan tiang dan bunga karang.
6. Fotosintesis dilakukan oleh organisme yang berhijau daun (berklorofil).
7. Zat gula hasil fotosintesis digunakan untuk sumber energi, cadangan makanan, atau menjadi bahan baku untuk menyusun zat-zat penting lain.
8. Hasil fotosintesis digunakan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan, berkembang biak dan berbagai aktivitas lain.
9. Fotosintesis dipengaruhi oleh faktor luar dan faktor dalam
10. Ada tiga tipe fotosintesis, meliputi tipe C-3, C-4 dan CAM
11. Fotosintesis tipe CAM dilakukan oleh beberapa golongan tumbuhan gurun atau tumbuhan yang berasal dari gurun, terutama golongan Crassulaceae dan Cactaceae.
12. Pada tumbuhan C-3, hasil fiksasi  $\text{CO}_2$  paling awal adalah PGA, sedang pada tumbuhan C-4 dan CAM berupa asam OAA.
13. Pada tumbuhan C-4, fotosintesis berlangsung di dua tempat, yaitu mesofil dan jaringan seludang berkas angkutan.
14. Pada tumbuhan CAM, fotosintesis berlangsung dalam dua waktu, yaitu malam (fiksasi  $\text{CO}_2$  udara) dan siang (reaksi terang dan daun Calvin).