

MATERI POKOK : FOTOSINTESIS¹

Oleh : Drs. Suyitno Al MS.²

PENGANTAR

Apakah fotosintesis itu ? Fotosintesis pada dasarnya merupakan proses penyusunan zat 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 menangkap energi matahari dan menggunakannya untuk proses penyusunan zat. Proses inilah yang kemudian disebut **fotosintesis**. Melalui fotosintesis, tumbuhan menyusun zat makanan berupa zat gula. Karena kemampuan menyusun makanannya sendiri inilah, tumbuhan disebut organisme **ototrof**. Tumbuhan disebut pula sebagai organisme **produsen**.

Bagaimana fotosintesis itu dipahami oleh para ahli biologi ? Untuk itu, perlu kita ikuti percobaan – percobaan pada periode awal penemuannya.

Percobaan Fotosintesis

Usaha untuk memahami fotosintesis telah dilakukan sejak lama oleh para ilmuwan. Awalnya, seorang ahli kimia Inggris bernama **Joseph Priestley (1772)** menunjukkan bahwa tumbuhan mengeluarkan suatu gas yang membuat api lilin dapat menyala walaupun dalam tabung gelas yang tertutup. Coba simak prinsip percobaan yang dilakukannya pada gambar x1.



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. Prinsip dasar percobaannya dapat digambarkan pada gambar 1 :

Gb. 1 : Prinsip dasar percobaan J. Priestley

¹ Disampaikan pada pendalaman materi Biologi Guru-Guru IPA SD Kec.Kokap, Kulon Progo: 02-03-2005

² Staf Pengajar Jurdik. Biologi FMIPA - UNY

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_2 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 :



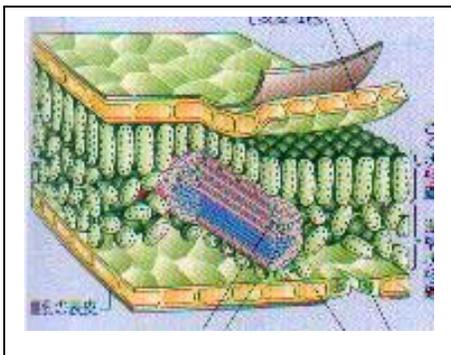
Berdasar uraian di atas dapat kita tarik beberapa pengertian : (1) Fotosintesis menggunakan energi matahari untuk menyusun zat gula sederhana. (2) Zat gula disusun dari bahan dasar yaitu berupa H_2O dan CO_2 . (3) Fotosintesis menghasilkan bahan sisa berupa O_2 dan H_2O . (4) Fotosintesis hanya dapat dilakukan oleh tumbuhan dan beberapa jenis bakteri. Fotosintesis menyusun zat gula dari air dan karbon dioksida (CO_2), sehingga sering disebut pula **asimilasi karbon**.

Tempat dan Perangkat Alat Fotosintesis

Fotosintesis dapat diibaratkan 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 :

Gb.
Daun



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

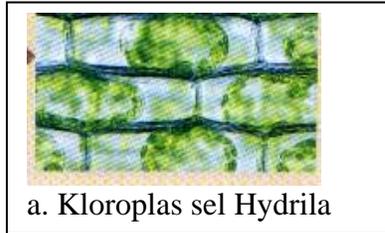
Jaringan tiang dan bunga karang merupakan bagian yang disebut daging daun (mesofil).

Gb3. Susunan anatomi daun

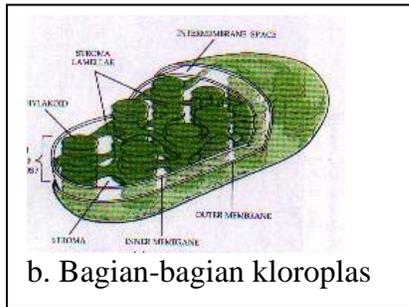
Coba perhatikan sel-sel mesofilnya pada gb x3. Di dalam sel-selnya terdapat banyak alat berbentuk bulat atau lonjong yang berwarna hijau, yang disebut **kloroplas**. Kloroplas paling banyak terdapat pada sel-sel jaringan tiangnya. Pada setiap selnya, dapat memiliki 50 atau lebih kloroplas. Pada lapisan 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.



a. Kloroplas sel Hydrila



b. Bagian-bagian kloroplas

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 skema sederhana susunan kloroplas pada gambar x4-b berikut. Kloroplas tersusun dari dua bagian, meliputi :

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

Gb. 4 : Kloroplas (a) dan bagian-bagiannya (b)

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 ?

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)_n. 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.

Mengamati Fotosintesis

Bagaimana kita mengenali adanya fotosintesis ? Berdasar persamaan reaksi fotosintesisnya, kita dapat mengenali fotosintesis melalui beberapa tanda atau gejala yang ditunjukkan. Tanda tersebut adalah (1) adanya gas O_2 yang dilepaskan. (2) adanya zat tepung (amilum), atau (3) diserapnya CO_2 . Pada tumbuhan air seperti Hydrila, O_2 yang dilepaskan kita kenali berupa gelembung udara.



Kita dengan mudah menemukan adanya gelembung udara yang dikeluarkan oleh Hydrila (Gb. x5). Kita cukup memasukkan tumbuhan tersebut ke dalam tabung reaksi yang penuh air, lalu letakkan ke tempat terkena cahaya. Biarkan sesaat, lalu amatilah. Adakah gelembung udara terbentuk ?

Gb. x5 : Hydrila dalam tabung reaksi

Untuk mengenal dari dekat gejala fotosintesis, kita perlu mengamati langsung tanda-tanda tersebut melalui percobaan. Ada beberapa masalah menarik untuk cari jawabannya melalui percobaan, antara lain adalah :

1. Apakah benar cahaya mutlak dibutuhkan untuk fotosintesis ?
2. Apakah intensitas cahaya menentukan kecepatan fotosintesis ?
3. Apakah benar fotosintesis melepaskan O_2 ?
4. Benarkah CO_2 dibutuhkan untuk fotosintesis ?
5. Apakah kadar CO_2 mempengaruhi fotosintesis ?

Kegiatan 1

Masalah : Apakah intensitas cahaya berpengaruh terhadap laju fotosintesis ?

Tujuan : Untuk mengetahui apakah intensitas mempengaruhi fotosintesis,

Kegiatan : Percobaan Ingenhousz dengan tumbuhan *Hydrila*

Alat dan Bahan : 1. Seperangkat alat percobaan Ingenhousz :
 a. Gelas beker, 1 liter
 b. Corong gelas
 c. Gelas ukur (25 ml) atau tabung reaksi
 d. Kawat penyangga
 e. Ember / bak air
 2. Bahan : tumbuhan *Hydrila*

Rangkaian percobaan Ingenhousz :

Keterangan :

1. Gelas beker
2. *Hydrila*
3. Gelas ukur / tabung reaksi
4. Corong gelas

Cara Kerja :

1. Siapkan seikat potongan *Hydrila* sp, masing-masing 4 atau 5 potong
2. Tempatkan *Hydrila* di bawah corong di dalam gelas beker.
3. Susunlah rangkaian percobaan menjadi seperti gambar (a) atau (b) di atas.
Caranya :
 - a. Masukkan rangkaian percobaan tersebut ke dalam ember penuh air.
 - b. Penuhilah gelas ukur dengan air, lalu tutupkan ke ujung corong.
 - c. Angkat hati-hati rangkaian percobaan tersebut. Pastikan gelas ukur tetap penuh dengan air.
4. Buatlah lagi satu rangkaian percobaan yang sama.
5. Tempatkan dua rangkaian percobaan sbb :
 - I. : ke tempat banyak cahaya,
 - II. : ke tempat kurang cahaya atau tempat gelap
6. Amati gelembung udara dihasilkan (banyak atau sedikit)
7. Catat pula berapa volume gas yang terkumpul di ujung gelas ukur.

Tabel : Data jumlah dan volumer gelembung udara dihasilkan

Klp	Gelembung udara		Volume gas tertampung	
	Tempat Terang	Tempat Gelap	Tempat Terang	Tempat Gelap
1				
2				
.				

Pertanyaan Diskusi :

1. Pada percobaan manakah dihasilkan lebih banyak gelembung udara ?
2. Bandingkanlah dengan hasil dari kelompok lain
3. Kesimpulan apakah yang dapat kamu nyatakan berdasar percobaanmu ?
4. Jelaskan mengapa cahaya berpengaruh demikian ?

Tugas Pengembangan :

1. Jenis sinar apakah yang diserap tumbuhan untuk berfotosintesis ?
2. Jenis sinar apakah yang paling banyak diserap untuk fotosintesis ?
3. Buatlah rancangan percobaan untuk mengetahui pengaruh warna cahaya

Bila kita ingin mengetahui “apakah kadar CO₂ berpengaruh pada fotosintesis ?”, kita dapat menambah kadar CO₂ airnya, dengan menambahkan tepung soda kue (NaHCO₃).

1. Siapkan dua rangkaian percobaan seperti kegiatan 1.
2. Berilah perlakuan sbb :
Rangkaian I. : ditambahkan 0,5 % soda kue, tempatkan terkena cahaya
Rangkaian II : tanpa soda kue, tempatkan terkena cahaya
3. Bandingkan jumlah gelembung udara yang terbentuk.

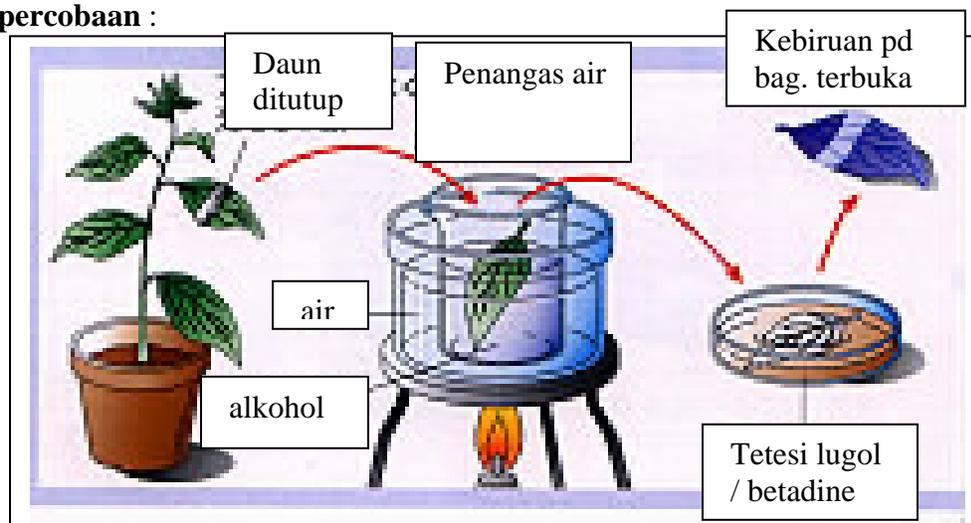
Kegiatan 2

Masalah : Benarkah cahaya mutlak dibutuhkan untuk fotosintesis ?

Tujuan : Membuktikan apakah cahaya mutlak dibutuhkan untuk fotosintesis

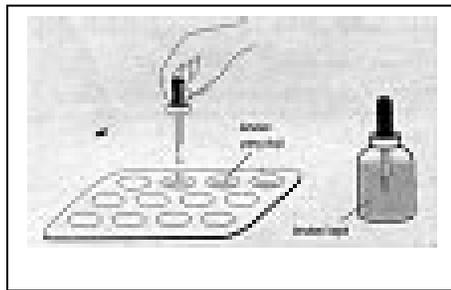
Kegiatan : Percobaan Sach

- Alat dan Bahan :
1. Tanaman sehat
 2. Kertas grenjeng / aluminium foil dan klip
 3. Kompor / pemanas air
 4. Alkohol 96 % dan air
 5. Panci besar dan panci kecil (gelas beker 500 ml)
 6. Valet dan pipet tetes
 7. larutan lugol / Iodine / obat merah
 8. Larutan amilum 1 % atau air tajin 5 %

Urutan percobaan :

Cara Kerja :

1. Tutuplah sebagian daun dengan kertas grenjeng pada malam atau dini hari sebelum matahari terbit. Lakukan ini untuk 3 – 5 daun.
2. Petiklah daun setelah siang hari (setelah pukul 09.00)
3. Siapkan penangas air :
Dalam panci besar yang diisi air, masukkan panci kecil atau gelas beker yang diisi alkohol 96 % (lihat gambar).
4. Setelah klorofil larut, angkat daunnya, lalu tetesi larutan lugol atau Iodin (bila lugol tidak ada dapat diganti dengan obat merah)
5. Amatilah warna yang tampak antara bagian daun yang tertutup dan yang terbuka
6. Siapkan beberapa tetes larutan amilum 1 % (atau air tajin 5 %) dalam valet, lalu tetesi dengan lugol. Amati warna yang terbentuk.

**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>Pacchyrrhizus 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.

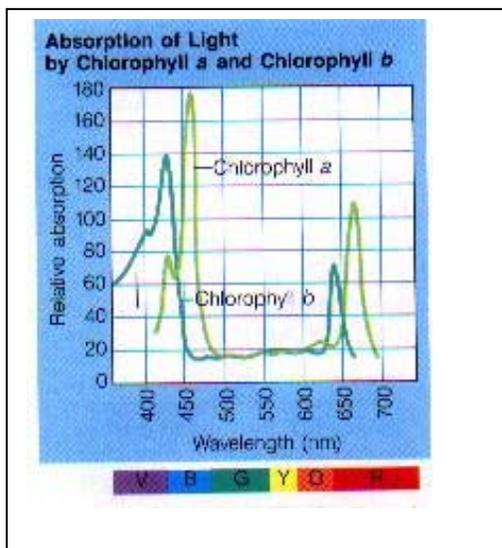
Faktor luar antara lain adalah :

- 1) CO₂ dan O₂,
- 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 (± 700 nm) dan biru (± 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 CO₂ juga menjadi faktor penting. Fotosintesis cenderung meningkat bila kadar CO₂-nya lebih tinggi. Sebaliknya, keberadaan O₂ justru akan menghambat fotosintesis.

RINGKASAN

1. Fotosintesis (asimilasi karbon) merupakan proses perubahan 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 (CH₂O) dari air (H₂O) dan gas asam arang (CO₂) 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

SOAL LATIHAN**Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat**

1. Gejala yang ditemukan dari percobaan Joseph Priestley adalah ...
 - a. tumbuhan menyerap CO₂
 - b. tumbuhan menyerap O₂
 - c. tumbuhan melepaskan O₂
 - d. tumbuhan mengeluarkan gas yang membuat lilin menyala
2. Di antara ilmuwan berikut adalah orang yang paling awal mempelajari fotosintesis .
 - a. Engelman
 - b. Ingenhousz
 - c. Ruben dan Kamen
 - d. Joseph Priestley
3. Orang pertama yang membuktikan bahwa gas yang dikeluarkan tumbuhan saat fotosintesis adalah O₂.
 - a. Ingenhousz
 - b. Engelman
 - c. Van Niel
 - d. Sachs
4. Hal berikut dinyatakan oleh Van Niel berdasar hasil percobaannya adalah ...
 - a. O₂ fotosintesis berasal dari pemecahan air
 - b. O₂ sisa fotosintesis berasal dari pemecahan CO₂
 - c. Menduga O₂ berasal dari pemecahan air
 - d. Fotosintesis Bakteri Sulfur mengeluarkan O₂
5. Hal-hal berikut merupakan bagian dari hasil percobaan fotosintesis oleh Ingenhousz
 - a. fotosintesis membutuhkan cahaya
 - b. fotosintesis melepaskan O₂
 - c. fotosintesis melibatkan klorofil
 - d. fotosintesis menghasilkan zat gula
6. Dari percobaan fotosintesis yang dilakukan, Sachs menemukan gejala
 - a. fotosintesis membutuhkan CO₂ dan H₂O
 - b. O₂ merupakan hasil fotolisis air
 - c. Fotosintesis menghasilkan amilum
 - d. Fotosintesis dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari
7. Sumber energi utama fotosintesis adalah
 - a. CO₂
 - b. H₂O
 - c. Cahaya matahari
 - d. Zat gula sederhana
8. Amilum dibentuk dari zat gula sederhana hasil fotosintesis yang berupa ...
 - a. Sukrosa
 - b. Glukosa
 - c. Pati
 - d. bahan dinding
9. Pada ketela, zat pati hasil fotosintesis ditimbun dalam bentuk ubi akar. Zat gula ditranspor ke akar dalam bentuk zat
 - a. Amilum
 - b. Sukrosa
 - c. Glukosa
 - d. zat karbon lain

10. Hasil fotosintesis akan ditimbun di tempat-tempat penimbunan. Tempat penimbunan itu dapat berupa
 - a. Umbi
 - b. ubi
 - c. biji dan buah
 - d. semua benar
11. Uji lugol atau Iodine digunakan oleh Sachs untuk mendeteksi zat ...
 - a. Adanya protein
 - b. Adanya lemak
 - c. Adanya vitamin
 - d. Adanya amilum atau pati
12. Bahan baku untuk menyusun zat gula dalam fotosintesis adalah ...
 - a. CO₂
 - b. H₂O
 - c. CO₂ dan H₂O
 - d. Karbohidrat
13. Pada organ daun, fotosintesis terjadi pada bagian
 - a. Epidermis
 - b. Palisade
 - c. Spons
 - d. Mesofil
14. Organela di dalam sel yang berperan dalam fotosintesis adalah
 - a. kloroplas
 - b. mitokondria
 - c. vakuola
 - d. badan golgi
15. Suatu pigmen atau zat pada daun yang paling utama berperan dalam menangkap energi matahari adalah .
 - a. Klorofil
 - b. Karotenoida
 - c. Protein
 - d. karbihidrat
16. Reaksi-reaksi cahaya di dalam kloroplas terkait langsung dengan proses
 - a. pengikatan CO₂
 - b. pelepasan air
 - c. menangkap energi matahari dan fotolisis air
 - d. penyusunan zat gula
17. Unit atau seperangkat alat penangkap energi matahari di dalam kloroplas adalah ...
 - a. klorofil
 - b. jaringan mesofil
 - c. fotosistem
 - d. pigmen
18. Fotosintesis menghasilkan zat sisa yang dilepas ke lingkungannya berupa ...
 - a. O₂
 - b. H₂O
 - c. O₂ dan H₂O
 - d. Zat gula
19. Jenis sinar yang banyak diserap klorofil untuk fotosintesis adalah ...
 - a. Sinar hijau
 - b. Sinar biru
 - c. Sinar merah
 - d. Sinar biru dan merah
20. Faktor yang mempengaruhi fotosintesis di antaranya adalah ...
 - a. Intensitas cahaya
 - b. Suhu
 - c. Gas O₂ dan CO₂
 - d. Semua benar

Modifikasi Percobaan Sach (Ayumi KIKUCHI dan Hisatoshi SAEKI, 2002)

