



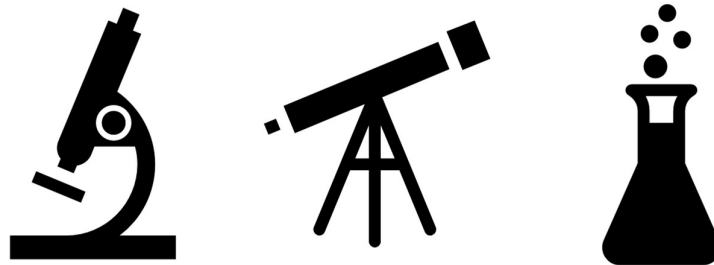
KERJASAMA  
DINAS PENDIDIKAN KOTA SURABAYA  
DENGAN  
FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA



# MODUL

## MATA PELAJARAN IPA

Fotosintesis



untuk kegiatan

**PELATIHAN PENINGKATAN MUTU GURU**  
**DINAS PENDIDIKAN KOTA SURABAYA**  
**TAHUN 2017**

# FOTOSINTESIS

## A. PENGANTAR

Materi Fotosintesis mempelajari bagaimana tumbuhan menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimiawi yang disimpan dalam gula dan molekul organik lainnya. Fotosintesis merupakan proses yang dilakukan oleh tumbuhan dalam menggunakan energi cahaya untuk mengubah karbondioksida dan air menjadi gula sederhana yaitu glukosa. Fotosintesis merupakan sumber energi untuk berbagai kegiatan organisme. Hasil penting lainnya yang diperoleh dari fotosintesis adalah oksigen, yang diperlukan bagi organisme hidup.

Materi Fotosintesis sangat penting bagi pencapaian kompetensi pada siswa terutama terkait dengan berbagai proses fotosintesis, dan berbagai percobaan yang membuktikan produk dari fotosintesis serta factor yang mempengaruhi prosesnya. Untuk materi Fotosintesis, Kompetensi Dasar (KD) yang harus dikuasai siswa SMP adalah:

- 3.5 Menganalisis konsep energi, berbagai sumber energi, dan perubahan bentuk energi dalam kehidupan sehari-hari termasuk fotosintesis
- 4.5 Menyajikan hasil percobaan tentang perubahan bentuk energi, termasuk fotosintesis

SKL UN SMP yang terkait dengan materi Fotosintesis adalah sebagai berikut.

1. Siswa dapat memahami dan menguasai konsep Fotosintesis.
2. Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman tentang: percobaan Fotosintesis.
3. Siswa dapat menggunakan nalar dalam mengkaji percobaan fotosintesis

## B. TUJUAN

Tujuan dari penulisan modul ini adalah:

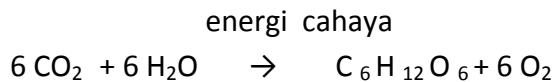
1. Peserta Diklat mampu menguasai konsep fotosintesis dan memecahkan masalah yang terkait fotosintesis dengan metoda ilmiah.
2. Peserta Diklat mampu merumuskan indikator setara ujian nasional untuk kompetensi yang berkaitan dengan konsep Fotosintesis
3. Peserta Diklat mampu menyusun butir soal setara ujian nasional sesuai dengan rumusan indikator.

## C. URAIAN MATERI

Fotosintesis terdiri atas dua fase penting, yaitu: 1) **reaksi yang bergantung pada cahaya** (reaksi terang, reaksi fotolisis). Reaksi yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Molekul ATP dan NADPH dihasilkan dalam reaksi ini dan digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan glukosa. 2) **reaksi yang tidak bergantung cahaya** (reaksi gelap), berlangsung dalam gelap (bukan harus) karena untuk fiksasi CO<sub>2</sub>, enzim stroma kloroplas tidak memerlukan

cahaya tetapi membutuhkan ATP dan NADPH yang dihasilkan dalam reaksi fotokimia. Reaksi gelap menghasilkan glukosa.

Secara umum persamaan reaksi fotosintesis adalah:



## 1. Kloroplas Merupakan Tempat Fotosintesis Pada Tumbuhan

Semua bagian yang berwarna hijau pada tumbuhan memiliki kloroplas, tetapi daun merupakan tempat utama berlangsungnya fotosintesis pada sebagian besar tumbuhan. Terdapat kira-kira setengah juta kloroplas tiap milimeter persegi permukaan daun. Kloroplas ditemukan terutama dalam sel mesofil.

### a. Struktur Kloroplas

Kloroplas sel tumbuhan, adalah struktur yang memipih dengan panjang rata-rata 7  $\mu\text{m}$  dan lebar 3-4  $\mu\text{m}$ . Secara umum suatu sel mesofil daun mengandung 30 sampai 500 butir kloroplas yang berbentuk cakram atau gelendong. Kloroplas dibatasi oleh membran rangkap yang bersifat diferensial permeabel dan mengatur lalu lintas molekul keluar masuk kloroplas. Di dalam kloroplas terdapat matriks fluida yang disebut **stroma**. Stroma bersifat amorf, seperti gel dan kaya akan enzim. Enzim pada stroma dapat mengubah  $\text{CO}_2$  menjadi karbohidrat, khususnya pati. Di dalam stroma terdapat **tilakoid** yang mengandung pigmen. Tilakoid memiliki bentuk seperti cakram, beberapa tilakoid membentuk tumpukan seperti tumpukan koin yang disebut **grana**, sehingga setiap tilakoidnya disebut tilakoid grana. Bagian dalam tilakoid disebut **lokulus** atau **lumen tilakoid**. Tilakoid grana merupakan tempat dimana energi dari cahaya digunakan untuk mengoksidasi  $\text{H}_2\text{O}$  dan membentuk ATP (Adenosin Tri phosphate) serta NADPH yang kaya energi, yang diperlukan stroma untuk mengubah  $\text{CO}_2$  menjadi karbohidrat. Dengan demikian reaksi cahaya (reaksi terang) berlangsung di tilakoid grana, sedangkan reaksi sintesis (reaksi gelap) berlangsung di stroma. Dalam kloroplas terdapat pigmen-pigmen, senyawa-senyawa dan enzim yang diperlukan untuk fotosintesis. Selain itu terdapat DNA, RNA, ribosom, protein dan fosfolipid.

### b. Pigmen Kloroplas

Pigmen dalam membran tilakoid, sebagian besar terdiri dari dua jenis klorofil yaitu yaitu klorofil a dan klorofil b. Kebanyakan klorofil a dan klorofil b terdapat pada semua tumbuhan tingkat tinggi dan sebagian tumbuhan tingkat rendah tertentu.

Struktur molekul klorofil, terdiri atas porfirin dan rantai hidrokarbon yang panjang, yaitu rantai fitol. Klorofil merupakan pigmen penyerap cahaya berupa radiasi elektromagnetik pada spektrum kasat mata. Klorofil a dan klorofil b paling kuat menyerap spektrum cahaya ungu, biru, jingga dan merah. Panjang gelombang hijau paling sedikit diserap oleh klorofil daun. Setiap cahaya putih yang menyinari struktur-struktur yang

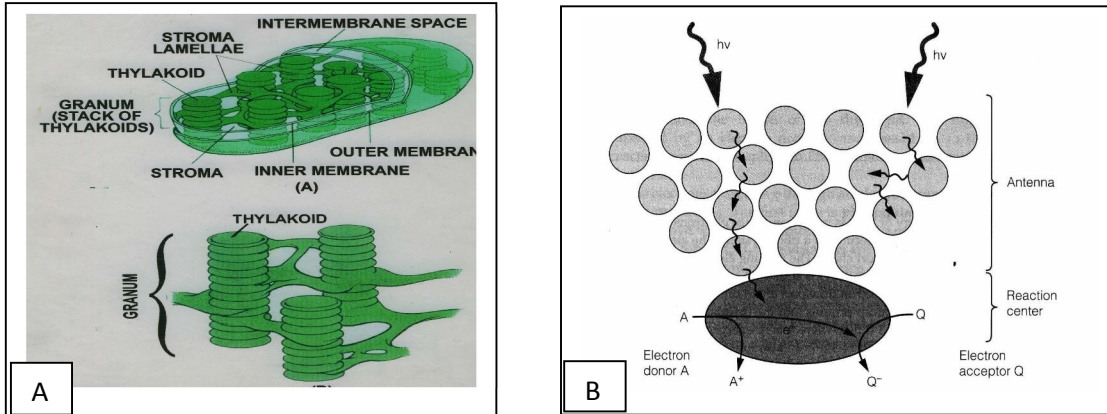
mengandung klorofil, maka sebagian besar akan dipantulkan kembali. Sehingga karena itulah daun atau struktur-struktur tersebut tampak berwarna hijau.

Selain pigmen klorofil, pada tilakoid juga terdapat pigmen kuning sampai jingga yang digolongkan sebagai karotenoid. Ada dua jenis karotenoid yaitu karoten dan xantofil. Sebagian besar karotenoid, yaitu  $\beta$ - karoten dan xantofil secara efisien memindahkan energi eksitasinya ke pusat reaksi, sebagaimana yang dilakukan klorofil sehingga mereka berperan dalam fotosintesis. Energi cahaya yang ditangkap karotenoid akan dipindahkan ke molekul klorofil sebelum digunakan dalam proses fotosintesis, sehingga karotenoid membantu klorofil dalam menangkap dan mentransfer cahaya. Di samping fungsinya sebagai pigmen pemanen cahaya yang membantu fotosintesis. Karotenoid juga berfungsi melindungi klorofil dari kerusakan akibat oksidasi oleh  $O_2$  (foto oksidasi) saat tingkat penyinaran tinggi atau terlalu kuat.

Dalam kloroplas, pigmen-pigmen mengelompok membentuk unit/satuan yang dinamakan **fotosistem**. Fotosistem memiliki **kompleks antena** pengumpul cahaya yang tersusun atas suatu kumpulan dari beberapa ratus klorofil a, klorofil b dan molekul karotenoid. Jumlah dan keragaman molekul pigmen membuat fotosistem dapat mengumpulkan cahaya pada permukaan yang lebih luas dan spectrum yang lebih lebar daripada yang dapat dikumpulkan molekul pigmen tunggal. Ketika setiap molekul antena menyerap foton, energinya disalurkan dari molekul pigmen ke molekul pigmen lain hingga energi itu menemukan klorofil a yang terdapat di **pusat reaksi** dari fotosistem. Fotosistem pada kloroplas digolongkan menjadi dua fotosistem yaitu fotosistem I (FS I) dan Fotosistem II (FS II) yang saling bekerja sama dalam penangkapan energi cahaya. Pada proses penangkapan cahaya oleh fotosistem I dan II terjadi efek fotokimia, yaitu penangkapan kuantum cahaya oleh molekul-molekul pigmen yang kemudian diteruskan pada pusat penangkapan atau pusat reaksi sehingga pusat mampu melepaskan elektron.

Susunan Fotosistem I (FS I) meliputi: Klorofil a, Klorofil b dan karotenoid (paling utama), Pusat Penangkap P 700 yang mempunyai penyerapan maksimum 703 nm, secara langsung menyediakan elektron untuk NADP (melalui beberapa karier), memiliki fungsi untuk mengabsorpsi panjang gelombang merah yang panjang. Susunan Fotosistem II (FS II) meliputi: mengandung klorofil b lebih banyak, pusat penangkap P 680 (molekul klorofil yang mempunyai penyerapan maksimal 682 nm), menerima elektron dari pemecahan molekul lain, berfungsi mengabsorpsi panjang gelombang yang lebih pendek dari 680 nm.

Selain pigmen-pigmen fotosintesis, dalam kloroplas terdapat beberapa senyawa yang membantu proses fotosintesis, senyawa tersebut adalah: sitokrom, feredoksin, plastoquinon dan plastosianin yang berperan sebagai asektor elektron didalam proses transfer elektron.



Gambar: A. Struktur Kloroplas  
B. Fotosistem

## 2. Penyerapan Cahaya oleh Klorofil dan Transfer Energi

### ***Apa yang terjadi apabila cahaya diabsorpsi oleh klorofil ?***

Apabila klorofil terkena sinar, klorofil tersebut akan memiliki elektron berenergi tinggi yang siap dilepaskan (klorofil aktif/excited chlorophyl terjadi pada reaksi terang). Elektron klorofil akan terseksitasi dan ditangkap oleh berbagai akseptor elektron (aseptor ini umumnya merupakan senyawa-senyawa organik dalam sel) menuju NADP. Jadi klorofil aktif ini bertanggung jawab terhadap reduksi NADP (identitas kunci dari reaksi terang). Dalam proses pemindahan tersebut energi dibebaskan dan digunakan untuk menggabungkan fosfat dan ADP sehingga terbentuk ATP. Proses pemindahan elektron ini disebut **fotofosforilasi**, yaitu pembentukan ATP yang terkait dengan sinar dan arus elektron dalam fotosintesis.

### ***Apa yang terjadi di dalam fotosintesis ?***

Elektron klorofil akan tereksitasi dan ditangkap oleh akseptor elektron. Pada waktu elektron ditransfer ke FS I terjadi reaksi fosforilasi sehingga 1 mol ATP terbentuk dan selanjutnya NADP (*Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate*) tereduksi menjadi NADPH + H<sup>+</sup>. Cahaya menggerakkan sintesis NADPH dan ATP dengan memberi energi kepada kedua fotosistem yang tertanam pada membran tilakoid kloroplas. Kunci untuk transformasi energi ini ialah aliran elektron melalui fotosistem dan komponen molekul lain yang ada di dalam membran tilakoid. Selama reaksi terang fotosintesis, terdapat dua rute untuk aliran elektron: siklik dan nonsiklik.

## 3. Reaksi Bergantung Cahaya: Fotofosforilasi Siklik dan Non Siklik (reaksi terang)

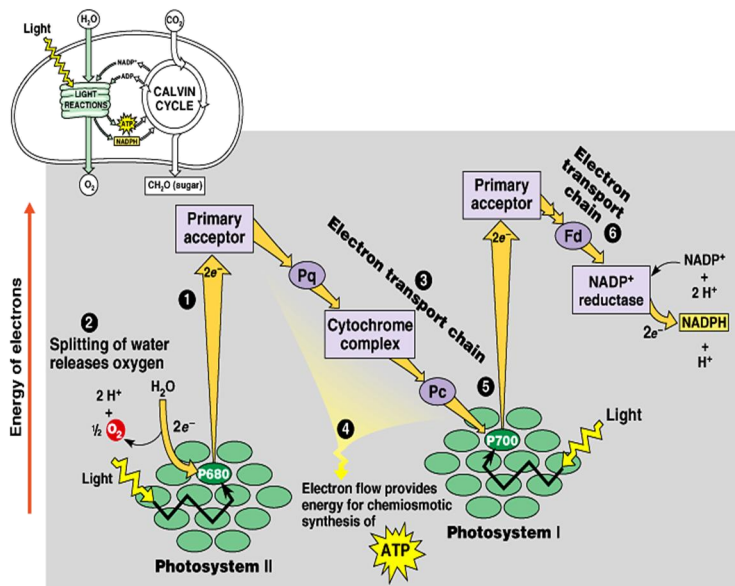
### a. Fotofosforilasi Non Siklik

Pada transport elektron non siklik, terjadi arus elektron bersamaan di dalam tilakoid yaitu pada fotosistem II, Fotosistem I dan fotolisis air, sehingga dihasilkan ATP dan NADPH. Aliran elektron dari H<sub>2</sub>O ke feredoksin melalui pembawa elektron memerlukan keikutsertaan kedua sistem pigmen dan menghasilkan ATP. Artinya kelebihan energi

elektron hasil absorpsi foton digunakan untuk sintesis ikatan fosfat berenergi tinggi. Kemungkinan sintesis ATP adalah antara sitokrom b6 dan sitokrom f. Elektron dari H<sub>2</sub>O diangkut satu arah ke feredoksin dan akhirnya digunakan untuk mereduksi NADP. Sintesis ATP yang terjadi menurut cara aliran elektron ini disebut fotofosforilasi non siklik.

**b. Fotofosforilasi Siklik**

Disebut siklik bukan karena bentuknya siklik melainkan karena elektronnya kembali ke sumber semula yaitu P 700 atau FS 1. Kloroplas menerima cahaya dengan panjang gelombang diatas 680 nm. Pada kondisi ini hanya FS I yang diaktifkan dan elektron tidak diambil dari H<sub>2</sub>O, sehingga tidak terbentuk O<sub>2</sub>. Elektron mengalir dari P 700 ke feredoksin. Fd tidak mampu meneruskan elektron ke NADP sehingga elektron diserahkan ke sitokrom b6. Sitokrom b6 selanjutnya meneruskan elektron melalui sitokrom f dan Plastosianin ke P 700. Sintesis ATP terjadi antara feredoksin dan sitokrom b6 dan antara sitokrom b6 dan sitokrom f. FS 1 menghasilkan ATP tanpa memberikan elektron untuk mereduksi NADP. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang transport elektron dan fotofosforilasi dapat dipelajari pada skema berikut:



Skema yang menggambarkan transport elektron yang diinduksi cahaya dalam fotosintesis yang menunjukkan fotofosforilasi non siklik

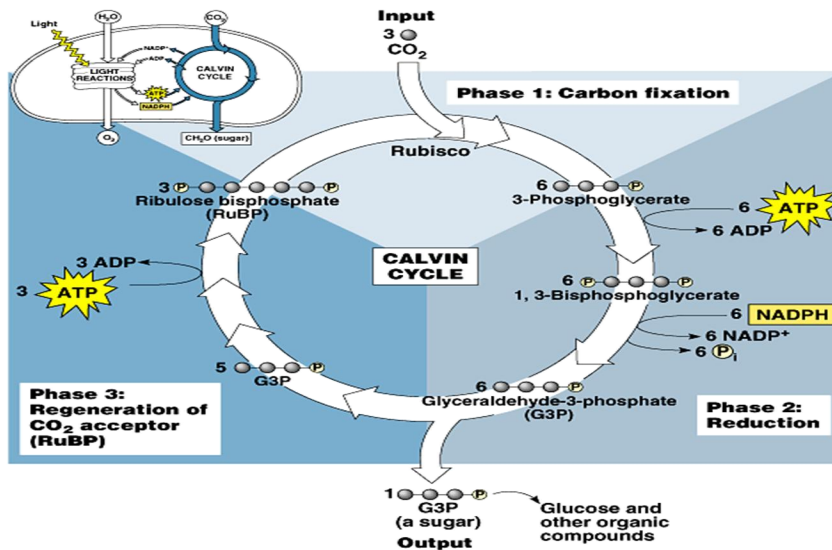
**4. Reaksi Tidak Bergantung Cahaya: Fiksasi Karbondioksida (Reaksi gelap)**

Fase kedua dari Fotosintesis disebut Siklus Calvin (reaksi gelap), suatu tahapan reaksi yang menggunakan karbondioksida untuk menghasilkan karbohidrat. Reaksi gelap atau reaksi fiksasi CO<sub>2</sub> berlangsung di dalam stroma kloroplas. Reaksi ini dalam prosesnya tidak tergantung pada adanya cahaya tetapi bergantung pada suhu. Energi dalam bentuk ATP dan NADPH yang dihasilkan pada reaksi cahaya digunakan untuk mereduksi CO<sub>2</sub> menjadi karbohidrat. Karbondioksida berdifusi dari luar daun melalui stomata ke dalam ruang antar sel, kemudian CO<sub>2</sub> berdifusi ke dalam sel-sel mesofil hingga mencapai kloroplas. Enzim yang membantu **RuBP karboksilase**.

Reaksi pertamanya merupakan reaksi antara CO<sub>2</sub> dengan RuBP (Ribulosa biphosphate) menghasilkan asam berkarbon tiga, yaitu 2 PGA (Asam 3 fosfogliserat/Phosphoglisarat acid) dan selanjutnya PGA diubah menjadi PGAL (Phosphoglyceraldehyde). Sebagian dari PGAL diubah menjadi Karbohidrat (glukosa), dan sebagian lagi digunakan untuk membentuk RuBP kembali. Karena senyawa pertama yang dihasilkan adalah senyawa berkarbon tiga, maka daur reaksi disebut jalur C<sub>3</sub> dan tumbuhan yang melaksanakan daur ini dinamakan tumbuhan C<sub>3</sub>. Reaksi keseluruhan reduksi CO<sub>2</sub> adalah:



Gliseralehid 3 fosfat atau Phosphoglyceraldehyd (PGAL) merupakan produk fotosintesis sebagai bahan dasar penyusun gula, tepung, lemak, protein dan lain lain. Jadi produksi PGAL akan digunakan untuk: 1) sebagian besar untuk melanjutkan fiksasi CO<sub>2</sub> (siklus Calvin), 2) Sebagian untuk sintesis glukosa, tepung, lemak, protein.



Siklus calvin (Reaksi Gelap)

## 5. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Fotosintesis

### a. Faktor Luar

- 1) Cahaya: Intensitas, kualitas, lama penyinaran. Pada dasarnya sampai intensitas tertentu, kenaikan intensitas akan menaikkan kecepatan fotosintesis.
- 2) Temperatur: Temperatur optimum disekitar 35 °C.
- 3) Air: Pengaruhnya terhadap membuka menutupnya stomata

- 4) Oksigen: dalam jumlah yang besar akan menghambat fotosintesis (reaksi fotorespirasi).
- 5) Karbondioksida: Sebagai substrat fotosintesis, dalam jumlah besar akan menyebabkan kecepatan fotosintesis berkurang.
- 6) Unsur hara: Diperlukan untuk sintesis klorofil dan koenzim berbagai enzim fotosintesis.

#### **b. Faktor dalam**

Kandungan klorofil, morfologi dan anatomi daun serta akumulasi hasil fotosintesis. Jumlah klorofil akan menentukan kecepatan fotosintesis, struktur anatomi dan morfologi daun mempengaruhi fotosintesis terkait pada kecepatan difusi CO<sub>2</sub> dan lewatnya cahaya pada mesofilnya.

### **6. Hipotesis mekanisme terbentuknya ATP pada fotofosforilasi**

Hipotesis yang diajukan untuk menerangkan terbentuknya ATP pada membran tilakoid adalah *Chemiosmotic coupling*: hipotesis ini menyatakan bahwa fotolisis air terjadi di dalam lumen tilakoid dan dihasilkan H<sup>+</sup> + e + O. Dengan demikian terjadi perbedaan pH antara sisi dalam dan sisi luar tilakoid karena membran tilakoid tidak permeable terhadap proton. Proton ini mengalir lewat ATP sintase ke arah permukaan luar. Arus proton menghasilkan energi yang digunakan dalam reaksi ADP + Pi menjadi ATP + H<sub>2</sub>O.

### **7. Translokasi Hasil Fotosintesis**

Jaringan pembuluh floem mengangkut produk organik fotosintesis diseluruh tumbuhan. Transport makanan ini pada tumbuhan disebut Translokasi. Getah floem terutama terdiri dari zat terlarut gula terutama sukrosa disakarida, juga mengandung mineral, asam amino, dan hormon. Arah pergerakan translokasi mengacu bahwa pembuluh tapis membawa makanan dari suatu sumber gula (*sugar source*) ke suatu tempat penyimpanan atau penghabisan gula (*sugar sink*--- organ yang mengkonsumsi atau menyimpan gula).

Gerakan bahan organik dalam floem bersifat bidireksional, artinya pada saat yang sama dapat menuju ujung atau pangkal batang. Jadi hasil fotosintesis dari daun dapat menuju akar atau ke meristem tempat bahan itu digunakan untuk pertumbuhan. Bahan dari daun di dekat akar akan menuju akar dan yang di bagian atas menuju ke ujung batang.

Gula dari sel mesofil daun dan sumber lain diisikan kedalam anggota pembuluh tapis, pada beberapa spesies sukrosa berpindah melalui simplas yang melintasi sel-sel melalui plasmodesmata. Pada species lain melalui kombinasi lintasan simplas dan apoplas. Floem akan membongkar sukrosanya pada ujung sink, proses ini melibatkan transpor aktif.

Cairan floem bergerak melalui aliran massa yang digerakkan oleh tekanan. Pengisian floem mengakibatkan tingginya konsentrasi zat terlarut pada ujung sumber pembuluh tapis



tersebut, yang akan menurunkan potensial air dan menyebabkan air mengalir kedalam pembuluh tersebut. Hal ini berakibat pada meningkatnya tekanan hidrostatik di dalam pembuluh tapis, dan memaksa cairan itu mengalir di sepanjang pipa. Gradien tekanan dalam pembuluh itu diperkuat oleh pembongkaran gula dan akibat kehilangan air dari pipa tersebut itu pada sink. Gula (sukrosa) secara aktif dikeluarkan dengan tenaga yang diperoleh dari metabolisme sel pengiring. Proses ini dinamakan pembongkaran floem (*Floem unloading*). Air di daur ulang kembali dari penyimpanan ke sumber melalui pembuluh xilem. Gambar di bawah ini menunjukkan perbandingan antara penyerapan air dan mineral oleh akar sampai ke xilem daun dan translokasi makanan lewat floem.

#### D. CONTOH INDIKATOR, SOAL, DAN PENYELESAIAN

Contoh indikator untuk fotosintesis:

1. Diberikan pernyataan mengenai kloroplas dan klorofil, siswa dapat menentukan fungsi dari kloroplas dan klorofil dengan benar.

| Contoh Indikator   | Contoh Soal Sesuai Indikator  |
|--|---|
| 1. Diberikan pernyataan mengenai kloroplas dan klorofil, siswa dapat menentukan fungsi dari kloroplas dan klorofil dengan benar. | <p>Kloroplas dan klorofil merupakan komponen yang penting dalam proses fotosintesis, fungsi dari keduanya adalah:</p> <p>A. Kloroplas berfungsi sebagai penangkap energi cahaya dan klorofil mentransfer elektron dari cahaya ke senyawa penangkap elektron</p> <p>B. Kloroplas berfungsi sebagai tempat proses fotosintesis, dan klorofil berfungsi sebagai penangkap cahaya dan mentransfer elektronnya ke senyawa penangkap elektron</p> <p>C. Kloroplas adalah organela dan Klorofil adalah pigmen, keduanya berfungsi dalam penangkapan karbondioksida untuk diubah menjadi karbohidrat</p> <p>D. Kloroplas berfungsi sebagai tempat reaksi terang, sedangkan klorofil berfungsi sebagai tempat reaksi gelap dari fotosintesis</p> |

#### Penyelesaian:

Kloroplas dan klorofil mempunyai fungsi yang berbeda. Kloroplas adalah organel sel tempat dilangsungkannya proses fotosintesis. Di kloroplas terdapat tilakoid yang digunakan sebagai tempat reaksi terang, dan stroma tempat dilangsungkannya reaksi gelap. Klorofil adalah pigmen fotosintesis yang terdapat dalam kloroplas, fungsinya adalah menangkap energi cahaya dan mentransfer elektronnya ke aseptor elektron (senyawa penangkap elektron) seperti plastoquinon, sitokrom dan plastocyanin.

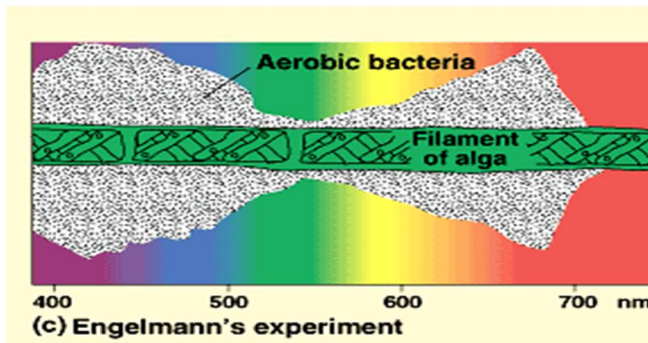
## E. SOAL-SOAL LATIHAN

**Indikator** : Diberikan pernyataan mengenai tahap reaksi fotosintesis, peserta didik dapat mengidentifikasi proses dan produk yang terdapat pada tahap reaksi terang dan reaksi gelap dengan benar.

1. Fotosintesis terdiri dari dua tahap reaksi, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Berikut adalah pernyataan yang benar mengenai kedua reaksi tersebut.
  - A. Pada reaksi terang, klorofil menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi karbohidrat
  - B. Pada reaksi gelap, seluruh reaksi harus terjadi tanpa cahaya dan dihasilkannya energi kimia
  - C. Pada reaksi terang, klorofil menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia
  - D. Pada reaksi gelap dibentuk glukosa dengan sumber energi dari ATP dan karbondioksida

**Indikator** : Diberikan gambar rancangan percobaan, peserta didik dapat menyimpulkan hasil dari percobaan fotosintesis yang menggunakan bakteri aerob dan alga berfilamen dengan tepat.

2. Berikut ini adalah percobaan fotosintesis Thomas Engelmann.



Panjang gelombang  
400 = ungu-nila  
500 = biru-hijau  
600 = kuning  
700 = orange

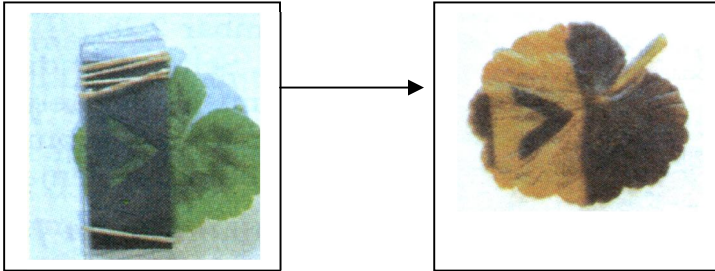
Thomas Engelmann menggunakan kombinasi bakteri aerob dan alga berfilamen untuk mempelajari efek berbagai warna yang ada pada spektrum cahaya terhadap kecepatan fotosintesis. Ia melewatkan cahaya putih melalui prisma untuk menguraikan cahaya menjadi berbagai spektrum warna, kemudian ia membuka segmen-segmen yang berbeda dari alga untuk berbagai macam warna. Ia mengamati area mana dari spektrum warna yang terdapat bakteri. Engelmann menyimpulkan bahwa:

- A. Oksigen dihasilkan oleh bakteri aerob sehingga laju fotosintesis terbesar terdapat pada spektrum ungu-nila (450) dan orange (680)
- B. Laju fotosintesis terbesar terdapat pada 500 nm dan 680 nm karena bakteri aerob yang terdapat pada spektrum warna tersebut sangat besar

- C. Oksigen dihasilkan oleh alga berfilamen sehingga laju Fotosintesis terbesar terdapat pada spektrum ungu-nila (450) dan orange ( 680).
- D. Oksigen dihasilkan oleh bakteri aerob dan alga, sehingga laju fotosintesis terbesar terdapat pada pada spektrum ungu-nila (450) dan orange (680)

**Indikator** : Diberikan gambar hasil percobaan, peserta didik dapat menganalisis terjadinya proses fotosintesis yang mengakibatkan perubahan warna pada daun dengan tepat

3. Perhatikan gambar berikut!



Percobaan fotosintesis diatas menunjukkan daun yang awalnya ditutup dengan kertas karbon setelah ditetesi lugol menunjukkan warna pucat, sedangkan daun yang terbuka berubah warna menjadi biru tua. Hasil analisis menunjukkan bahwa...

- A. Pada daun yang tidak ditutup kertas karbon tidak terjadi fotosintesis, dan daun berwarna biru tua karena tidak mengandung amilum
- B. Pada daun yang ditutup kertas karbon terjadi proses fotosintesis dan daun berwarna pucat karena mengandung glukosa
- C. Pada daun yang tidak ditutup kertas karbon terjadi fotosintesis dan daun berwarna biru tua karena mengandung amilum
- D. Pada daun yang ditutup kertas karbon tidak terjadi proses fotosintesis dan daun berwarna pucat karena mengandung glukosa

#### F. LATIHAN MERUMUSKAN INDIKATOR DAN MEMBUAT BUTIR SOAL

Berdasarkan SKL materi fotosintesis yang dicantumkan pada bagian pengantar di atas, rumuskan indikator dan kembangkan butir soal untuk mengukur indikator tersebut.

#### G. DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, Neil A., Jane B. Reece, dan Lawrence G.Mitchell. 1999. *Biology*. Benjamin Cummings. California.
- Graham, Linda E., Graham, James M., Wilcox, Lee W. *Plant Biology*. Pearson Education, Inc. New Jersey.
- Salisbury, Frank B. dan Cleon W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing. California.