

## **BAB V FOTOSINTESIS**

### **A. STANDAR KOMPETENSI**

Mahasiswa mampu memahami proses fotosintesis dan mampu menguraikan mekanisme terjadinya fotosintesis pada tumbuhan serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

### **B. KOMPETENSI DASAR**

Pada akhir pengajaran, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Menjelaskan pengertian dari anabolisme dan katabolisme
2. Menguraikan sejarah penemuan fotosintesis pada tumbuhan
3. Menerangkan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya proses fotosintesis
4. Membandingkan mekanisme proses terjadinya reaksi terang dan gelap dalam proses fotosintesis.
  
5. proses terjadinya reaksi terang dan gelap dalam proses fotosintesis.

### **C. URAIAN MATERI**

Anabolisme dan katabolisme merupakan rangkaian metabolisme dalam tubuh organisme hidup. Katabolisme merupakan proses yang dapat melepaskan energi, sedangkan anabolisme memerlukan energi. Energi yang dilepaskan dalam proses katabolisme berbentuk ATP (Adenosin triposfat), dan dimanfaatkan dalam proses anabolisme untuk menyusun protein dari asam amino. Hasil proses anabolisme untuk menyusun protein dari asam amino. Hasil proses anabolisme ini berguna dalam sejumlah fungsi penting di dalam metabolisme organisme hidup. Misalnya, membuat protein dan lemak yang dapat berperan sebagai cadangan sumber energi untuk katabolisme.

Pembuatan asam nukleat bagi organisme hidup bertujuan untuk menyusun dan menyimpan salinan tambahan informasi genetik. Selain itu juga bertujuan membentuk komponen sektoral yang esensial seperti protein, protein-karbohidrat, protein-lipid. Bila pembentukan bahan-bahan tersebut berlangsung lebih cepat dari pada perombakannya, maka organisme akan tumbuh dan berkembang.

Semua informasi anabolisme diansur oleh enzim, seperti halnya pada reaksi katabolisme. Kedua reaksi tersebut terjadi secara berlawanan arah dan keduanya dikatalisis oleh jenis enzim yang sama, tetapi fungsi berbeda. Reaksi bolak-balik dapat dengan mudah terjadi. Kebanyakan reaksi anabolisme memerlukan enzim sitoplasma atau enzim yang terdapat di dalam retikulum endoplasma dan enzim dari tempat lainnya.

Makanan kita dalam batas tertentu dapat diubah dari satu zat ke zat yang lainnya, tetapi hal ini tidak sepenuhnya demikian. Dengan kata lain, satu jenis makanan tidak dapat memenuhi kebutuhan anabolisme kita. Meskipun kita dapat membuat banyak asam lemak dari glukosa, tetapi lemak tertentu (lemak tak jenuh) yang tidak dapat disintesis dan harus diperoleh secara langsung dari makanan kita, begitu pula halnya dengan asam amino, yang dapat disintesis oleh tubuh namun masih ada asam amino lain yang harus diperoleh secara langsung dari luar tubuh organisme.

Akhirnya sebagai kiasan kita dapat katakan bahwa agar baterai kehidupan itu dapat bekerja terus, maka harus senantiasa diisi. Pengisian baterai kehidupan itu dapat dipenuhi dengan fotosintesis.

#### D. Fotosintesis

Semua organisme hidup memerlukan energi. Tidak saja untuk mempertahankan kehidupannya, tetapi energi juga diperlukan untuk menyusun molekul-molekul organik menjadi karbohidrat. Organisme heterotrop hidup dan tumbuh dengan memasukan molekul-molekul organik ke dalam sel-selnya sebagai sumber energi bebas dan sebagai komponen sel.

Sifat istimewa yang dimiliki oleh tumbuhan adalah kemampuannya untuk menggunakan zat karbon dari udara dan mengubahnya menjadi bahan organik, serta mengasimilasikannya di dalam tubuh tanaman. Peristiwa ini hanya berlangsung bila ada cahaya. Oleh karena itu asimilasi zat karbon ini disebut sebagai fotosintesis. Dengan kata lain fotosintesis adalah suatu proses pengubahan zat-zat anorganik ( $H_2O$  dan  $CO_2$ ) menjadi zat organik (karbohidrat) oleh klorofil dengan pertolongan sinar matahari.

Pengubahan energi sinar matahari menjadi energi kimia (karbohidrat), kemudian mengubah energi kimia ini diubah lagi menjadi energi kerja. Peristiwa respirasi pada tubuh tumbuhan, hewan atau manusia itu merupakan rangkaian proses kehidupan di dunia ini, sehingga ketahanan hidup semua organisme di bumi ini tergantung pada fotosintesis. Seperti organisme heterotrof tergantung pada organisme autotrof, orang makan bistik dan sapi makan rumput.

Jadi dapat disimpulkan bahwa fotosintesis merupakan suatu proses yang sangat penting bagi kita dan kehidupan organisme lain di alam semesta ini, yang meliputi dua bagian, yakni:

- a. proses diikatnya energi sinar matahari sehingga dapat digunakan didalam sel organisme; dan
- b. proses pengubahan zat-zat anorganik menjadi organik.

#### E. Sejarah Penemuan Fotosintesis

Peristiwa fotosintesis dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi kimia sebagai berikut:



sejarah penemuan dan pembuktian kebenaran peristiwa fotosintesis itu, terjadi secara terpisah dan berlangsung dalam kurun waktu yang lama dan dilakukan oleh banyak sarjana dari berbagai Negara.

Joseph Priesley (1771), seorang pendeta Inggris yang pertama melaporkan gas-gas turut serta dalam fotosintesis. Ingen House seorang dokter bangsa Belanda, pada tahun 1778 menemukan bahwa akibat yang diamati Priesley hanya terjadi bila tanaman itu disinari. Dengan percobaan yang menggunakan tanaman air *Hydrilla verticillata* di bawah corong terbalik, jika tanaman tersebut disinari maka timbulah gelembung-gelembung gas yang akhirnya mengumpul di dasar tabung reaksi. Gas ini ternyata oksigen, dan hanya terjadi pada bagian tumbuhan yang berwarna hijau saja.

Jean Senebier seorang pendeta Swiss, pada tahun 1782 mengetahui bahwa sumber karbon pada tumbuhan adalah  $CO_2$ , dan pembebasan oksigennya selama fotosintesis menyertai pengambilan  $CO_2$ . Selanjutnya Engelmann (1882) membuktikan bahwa klorofil merupakan faktor utama dalam fotosintesis. Ia

menyinari ganggang hijau *Spirogyra* yang kloroplasnya mendapat sinar matahari melepaskan oksigen.

Ada dua macam klorofil pada tumbuhan, yaitu : klorofil a ( $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ ) berwarna hijau tua; dan klorofil b ( $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ ) berwarna hijau muda. Di dalam sel, klorofil tersebut terikat pada protein. Klorofil itu dapat menerima sinar matahari dan mengembangkannya dalam gelombang yang berlainan. Klorofil a tampak berwarna tua tetapi bila dipantulkan, tampaknya berwarna merah darah, sedangkan klorofil b berwarna merah coklat. Klorofil banyak menyerap sinar merah dan nila. Sinar hijau paling sedikit terserap, karena itu bila sinar putih menyinari struktur daun yang mengandung klorofil, maka akan terpantul sinar hijau dari struktur daun tersebut.

Pigmen lain yang terdapat dalam klorofil adalah karotenoid. Molekul karotenoid itu mempunyai warna merah dan kuning, serta acap kali merupakan pigmen dominan pada bunga dan buah. Seperti halnya warna merah pada buah tomat dan warna jingga pada wortel dihasilkan oleh karotenoid. Karotenoid pada daun sering ditutupi dengan klorofil yang lebih banyak. Pigmen itu banyak berperan dalam fotosintesis karena membantu menyerap energi lebih besar dari spectrum matahari. Energi tersebut diteruskan kepada klorofil a atau klorofil b untuk digunakan dalam fotosintesis.

## F. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Fotosintesis

a. *Suhu* Puncak kegiatan fotosintesis sesuai dengan banyaknya energi sinar yang terserap dan tingginya suhu. Temperatur fotosintesis biasanya berkisar antara 5-30 °C. Umumnya tumbuhan di daerah tropik tidak dapat melakukan fotosintesis pada temperatur rendah; maka meskipun sinar matahari dan  $CO_2$  cukup tersedia, tetapi jika temperaturnya rendah akibatnya kegiatan fotosintesis akan terhambat. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa temperatur merupakan faktor pembatas. Sebaliknya bila tersedia cukup  $CO_2$ , temperatur cukup tinggi, tetapi sinar kurang banyak, laju fotosintesis juga terhambat sehingga dapat dikatakan bahwa sinar matahari merupakan faktor pembatas. Di daerah tropik tersedia sinar matahari cukup berlebihan, maka umumnya  $CO_2$  yang merupakan faktor pembatas. Jadi pengaruh temperatur,  $CO_2$ , dan sinar matahari pada fotosintesis saling berhubungan.

b. *Oksigen*, Oksigen sangat berpengaruh dalam fotosintesis. Misalnya, elektron fotosintetik tertentu dapat memindahkan elektronnya ke oksigen, terutama feredoksin dalam suasana terang, feredoksin sangat sensitif terhadap oksigen. Kandungan feredoksin dan intensitas sinar matahari yang tinggi akan merusak sistem fotosintesis, karoten dalam kloroplas cenderung melindungi klorofil dari kerusakan oleh sinar matahari. Jadi konsentrasi  $O_2$  yang tinggi (80% atau lebih) akan menghambat fotosintesis tumbuhan tertentu.

c. *Karbon dioksida*,  $CO_2$  merupakan salah faktor pembatas pada fotosintesis. Konsentrasi  $CO_2$  diudara kira-kira 0,033% (330 ppm), yang untuk kebanyakan tumbuhan ini jauh di bawah titik jenuh. Fotosintesis banyak dipengaruhi oleh  $CO_2$ , hal ini dapat dibuktikan dengan melihat laju fotosintesis. Laju fotosintesis akan meningkat dengan penambahan intensitas cahaya pada konsentrasi yang lebih tinggi. Namun demikian keadaan ini akan terhambat bila suplai  $CO_2$

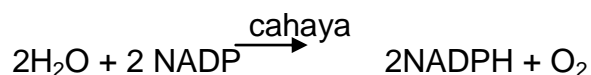
terbatas. Laju fotosintesis akan mencapai titik yang mantap pada intensitas cahaya cukup, dan penambahan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebagai faktor ketiga yang mengatur laju fotosintesis. Tumbuhan C<sub>3</sub> (misalnya tebu, jagung), konsentrasi CO<sub>2</sub> kira-kira 50 ppm, pada konsentrasi CO<sub>2</sub> yang demikian pengambilan dan pengeluaran CO<sub>2</sub> adalah sama yang disebut dengan titik kompensasi. Titik kompensasi pada tumbuhan C<sub>n</sub> yang tidak melepaskan CO<sub>2</sub> pada fotosintesis biasanya sangat rendah (2-5 ppm) CO<sub>2</sub>.

**d. Cahaya,** Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi, memungkinkan tercapainya tingkat kejenuhan cahaya yang tertinggi. Satu titik pada fotosintesis sama dengan respirasi dan tidak terjadi penukaran gas, ini disebut titik kompensasi. Titik kompensasi cahaya pada tumbuhan terlindung yang lebih rendah daripada tumbuhan yang terpapar sinar matahari, biasanya berkisar antara 20-100 foton cahaya. Kualitas cahaya juga mempengaruhi fotosintesis. Telah terbukti bahwa cahaya pendek pada fotosintesis memerlukan cahaya gelombang pendek agar efisien. Jika cahaya merah diganti cahaya biru yang relatif lemah maka kecepatan fotosintesis akan bertambah dan produk fotosintesis dapat mempengaruhi proses selanjutnya. Hasil penyelidikan lebih lanjut menyimpulkan ada dua proses yang berlainan terlihat dalam fotosintesis, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.

### **1. Reaksi Terang**

Cahaya berperan dalam fotosintesis kesimpulan tersebut dikemukakan oleh Van Niel, seorang mikrobiolog dari Amerika, hasil pengamatan terhadap fotosintesis bakteri belerang ungu, membuktikan bahwa mikroba menghasilkan glukosa dari CO<sub>2</sub> seperti pada tumbuhan hijau. Pada tumbuhan hijau energi cahaya menyebabkan air pecah menjadi hidrogen dan oksigen, kemudian atom hidrogen dipakai untuk mereduksi CO<sub>2</sub> dalam rangkaian reaksi gelap.

Peristiwa penguraian air disebut reaksi fotolisis. Atom hidrogen yang dilepaskan ini ditangkap oleh molekul-molekul penerima hidrogen (akseptor) yaitu koenzim NADP (Nikotinamida Adenin Dinukleotida Phosphate), dan oksigen tetap dalam keadaan bebas. Secara ringkas digambarkan dalam reaksi berikut :



Dari percobaan percobaan dengan menggunakan air yang mengandung oksigen radioaktif, ternyata gas oksigen yang terbentuk berasal dari molekul air dan bukan dari molekul CO<sub>2</sub>. Selain untuk menguraikan air, cahaya matahari digunakan pula untuk membentuk molekul-molekul senyawa fosfat berenergi tinggi yaitu ATP. Oleh karena energi yang digunakan dalam bentuk ATP ini adalah energi cahaya, maka sering pula disebut proses fotosintesis.

### **2. Reaksi Gelap**

Reaksi gelap merupakan rangkaian yang melibatkan pengambilan CO<sub>2</sub> oleh tumbuhan, dan reduksi oleh atom-atom hidrogen. Salah satu substansi penting dalam proses ini adalah gula 5 C yang difosforilasi yaitu ribulosa fosfat. Bila ke dalam molekul itu dimasukkan gugus fosfat kedua oleh ATP maka dihasilkan senyawa ribulosa difosfat yang dapat bergabung dengan CO<sub>2</sub> dari udara. Penggabungan ini menghasilkan dua molekul asam organik yang mengandung fosfat dengan 3 C yaitu

asam fosfoglisarat. Pada peristiwa ini dapat terjadi fosforilasi oksidatif yaitu peristiwa respirasi.

Asam fosfoglisarat akan mengalami berbagai proses perubahan. Perubahan yang dikenal sebagai proses reduksi berlangsung secara bertahap yang pada akhirnya membentuk glukosa. Glukosa yang terbentuk dalam fotosintesis dapat pula digunakan dalam sintesis pati, selulosa dan molekul-molekul lainnya. Seluruh reaksi gelap terjadi dalam sitokrom kloroplas. Reaksi gelap ini disebut juga reaksi Blackman, fiksasi CO<sub>2</sub> atau Calvin maction.

### **SOAL-SOAL LATIHAN**

1. Jelaskan pengertian anabolisme dan fotosintesis !
2. Uraikan secara singkat proses penemuan fotosintesis !
3. Uraikan faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme terjadinya fotosintesis
4. Jelaskan proses terjadinya reaksi terang pada fotosintesis !
5. Jelaskan proses terjadinya reaksi gelap pada fotosintesis !
6. Bandingkan mekanisme reaksi terang dan gelap pada fotosintesis !
7. Jelaskan mengapa reaksi terang sangat penting pada fotosintesis !