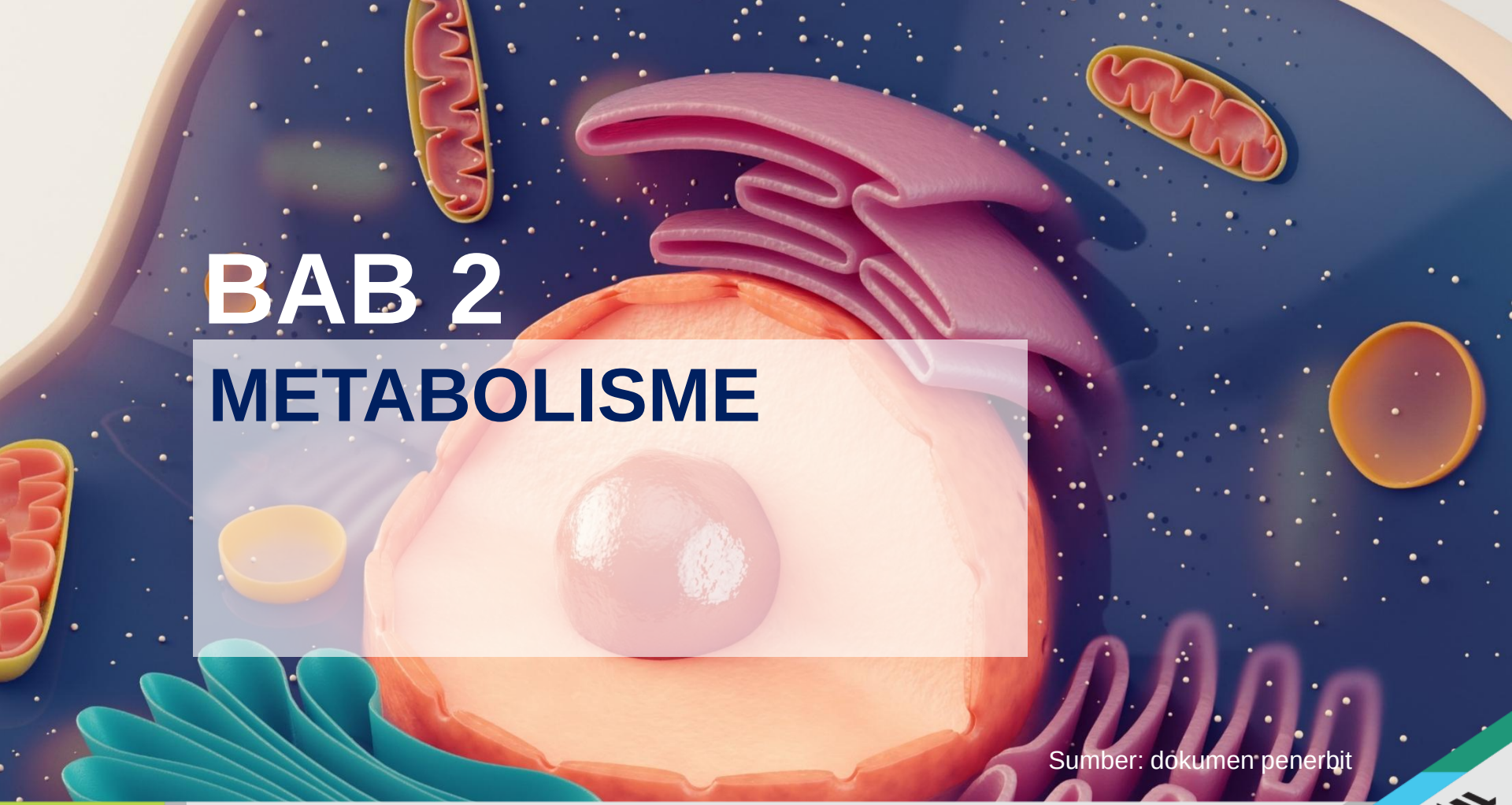
Media Pembelajaran

BIOLOGI

Kelompok Peminatan

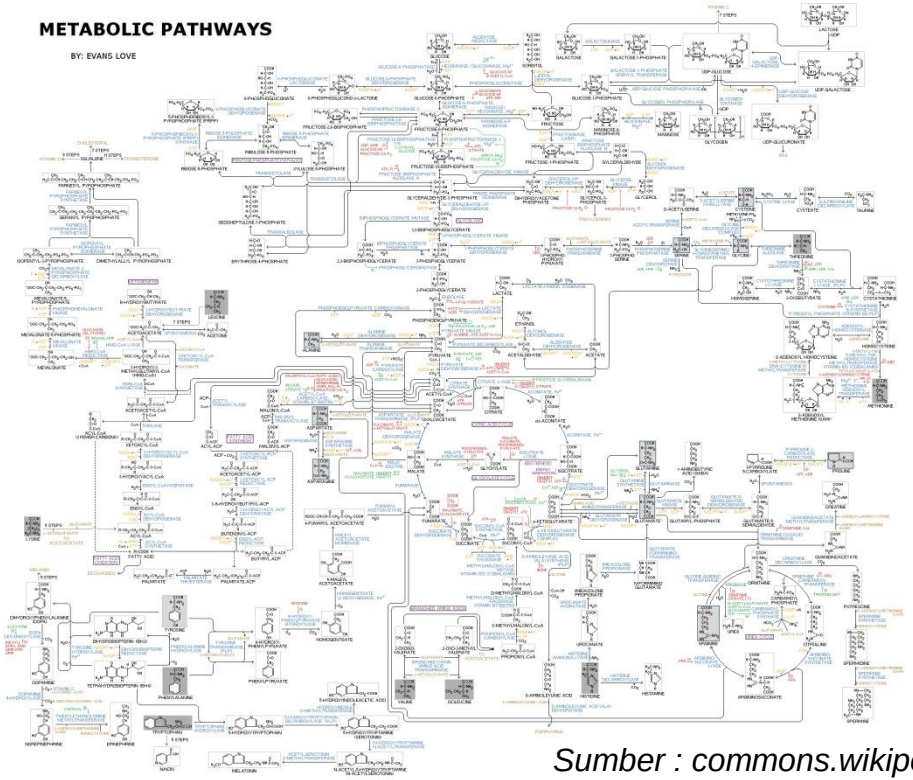
Untuk SMA/MA Kelas XII

BAB 2
METABOLISME



Sumber: dokumen penerbit

APA YANG ANDA KETAHUI TENTANG METABOLISME?



Sumber : commons.wikipedia.org

A. METABOLISME

Pembagian Metabolisme

- ✓ Merupakan aktivitas hidup yang terjadi pada setiap sel hidup.
- ✓ Metabolisme terbagi menjadi dua, yaitu:
  1. Proses penyusunan atau **anabolisme**
  2. proses pembongkaran atau **katabolisme**.

Cairan yang mengelilingi sel disebut cairan ekstrasel.
Cairan ini terdiri atas:

1. gas, terutama O_2 dan CO_2;
2. ion anorganik (terutama Na^+, Cl^-, K^+, Ca^{2+}, HCO^{3-}, PO_4^{3-});
3. zat organik, yaitu makanan dan vitamin;
4. hormon.

B. ENZIM

Fungsi dan Macam Enzim

- ✓ Enzim dapat mempercepat reaksi kimia dengan cara menurunkan energi aktivasi atau energi yang dibutuhkan untuk memulai reaksi kimia.
- ✓ Enzim merupakan biokatalisator, yang artinya dapat mempercepat reaksi biologi tanpa mengalami perubahan struktur kimia.
- ✓ Terdapat dua macam enzim, yaitu enzim sederhana dan enzim konjugasi atau holoenzim, yaitu bagian protein enzim (apoenzim) yang memiliki struktur tambahan nonprotein (koenzim).

B. ENZIM

Sifat - sifat Enzim

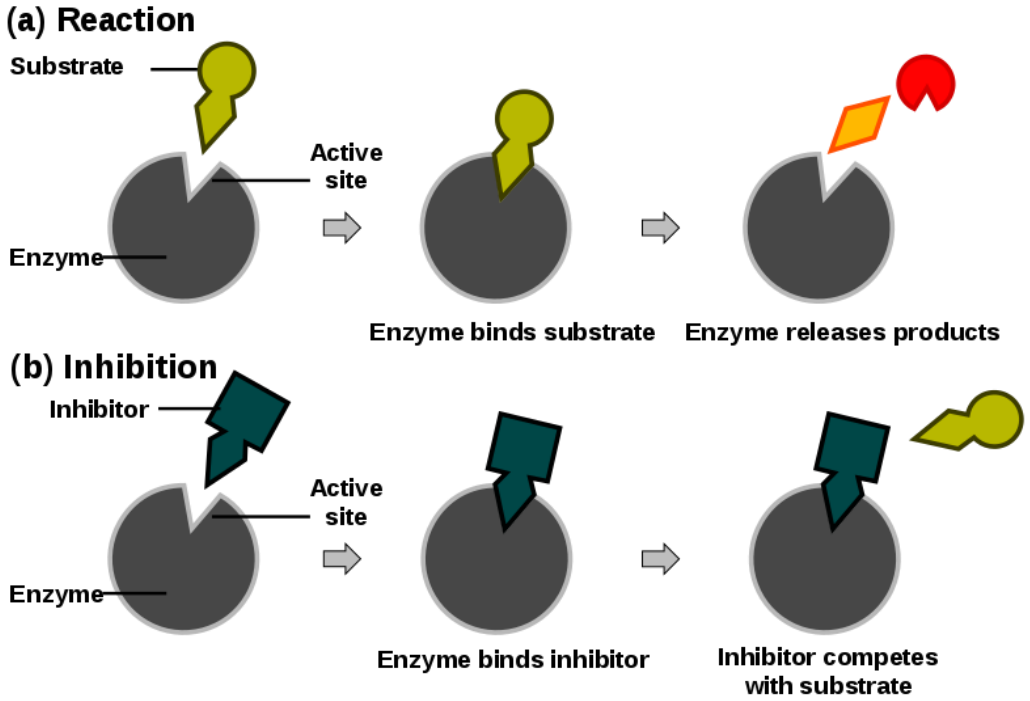
- ✓ Merupakan suatu protein
- ✓ Biokatalisator
- ✓ Mempercepat reaksi dengan menurunakn energi aktivasi
- ✓ Bekerja spesifik, satu enzim hanya bekerja pada satu substrat saja
- ✓ Bekerja bolak-balik
- ✓ Tidak tahan pada suhu tinggi dan inaktif pada suhu rendah
- ✓ Substrat asing (inhibitor) dapat menghambat kerja enzim

B. ENZIM

Inhibitor Enzim

Terdapat dua jenis inhibitor, yaitu:

1. **Inhibitor kompetitif** yang memiliki struktur mirip dengan substrat
2. **Inhibitor nonkompetitif** yang mengubah sisi aktif enzim sehingga tidak dapat berikatan dengan substrat.



Sumber: www.commons.Wikimedia.org

B. ENZIM

Cara Kerja Enzim

✓ **Kunci dan gembok**

Enzim dimisalkan sebagai gembok karena memiliki bagian kecil yang berikatan dengan substrat yang dimisalkan sebagai kunci.

✓ **Kecocokan terinduksi**

Penempelan substrat pada sisi aktif enzim akan menginduksi perubahan bentuk sisi aktif enzim menjadi bentuk susbtrat.

B. ENZIM

Faktor yang Memengaruhi Kerja Enzim

Suhu	Suhu yang tinggi menyebabkan denaturasi protein, sedangkan suhu yang rendah dapat menghambat reaksi. Umumnya suhu optimum enzim adalah 30—40^{o}C .
Perubahan pH	Perubahan pH dapat memengaruhi asam amino kunci pada sisi aktif enzim.

B. ENZIM

Faktor yang Memengaruhi Kerja Enzim

Konsentrasi	Perbandingan jumlah enzim dan substrat harus sesuai, jika enzim terlalu sedikit reaksi akan berjalan lambat. Semakin banyak enzim, reaksi akan semakin cepat.
Inhibitor	Jika terdapat inhibitor, kecepatan reaksi akan turun. Inhibitor akan berikatan dengan enzim sehingga tidak mampu berikatan dengan substrat.

B. ENZIM

Nomenklatur dan Klasifikasi Enzim

- ✓ Enzim diberi nama dengan akhiran -ase pada nama substrat yang diubah enzim tersebut.
- ✓ Enzim dibagi menjadi dua golongan, yaitu **enzim hidrolase** yang dapat mengubah substrat dengan adanya air dan **enzim desmolase** yang dapat memecah ikatan C — C atau C — N.

C. KATABOLISME KARBOHIDRAT

Tahapan Respirasi Sel

A. Glikolisis

1. Fosforilasi glukosa oleh ATP, menghasilkan glukosa 6-fosfat dan ADP.
4. diikuti oleh fosforilasi kedua, menghasilkan fruktosa 1,6-bifosfat.
5. Glikolisis dimulai, perubahan fruktosa 1,6-bifosfat menjadi gliseraldehida 3-fosfat dan dihidroksiaseton fosfat.
6. Oksidiasi diikuti fosforilasi, menghasilkan 2 molekul NADH dan 2 molekul BPG.
7. Pelepasan fosfat dari 1,3 bifosfogliserat menjadi dua molekul ATP dan dua molekul 3-fosfogliserat.
8. Pelepasan air menghasilkan dua molekul fosfoenol piruvat (PEP).
9. Pelepasan fosfat dari Pep yang diterima 2 molekul ADP menghasilkan 2 molekul ATP dan 2 molekul piruvat.

C. KATABOLISME KARBOHIDRAT

Tahapan Respirasi Sel

B. Oksidasi piruvat

Asam piruvat hasil glikolisis akan melepaskan satu karbonnya menghasilkan asetil KoA dan karbon dioksida.

C. KATABOLISME KARBOHIDRAT

Tahapan Respirasi Sel

C. Siklus Krebs

1. Kondensasi asetil-KoA dengan oksaloasetat (C4) menghasilkan sitrat (C6).
2. Isomerasi mengatur kembali posisi gugus hidroksil menjadi isositrat.
3. Oksidasi isositrat menghasilkan sepasang elektron dan satu karbon lepas menjadi CO_2, menghasilkan α–ketoglutarat (C5).
4. Oksidasi α–ketoglutarat melepaskan kembali CO_2 sehingga menghasilkan suksinil yang bergabung dengan koenzim A membentuk suksinil-KoA (C4).
5. Suksinil dan KoA memisah menghasilkan fragmen yang disebut suksinat (C4).
6. Oksidasi suksinat menjadi fumarat dan elektron diterima FAD menjadi $FADH_2$.
7. Fumarat ditambahkan molekul air sehingga membentuk malat, lalu dioksidasi menghasilkan oksaloasetat kembali.

C. KATABOLISME KARBOHIDRAT

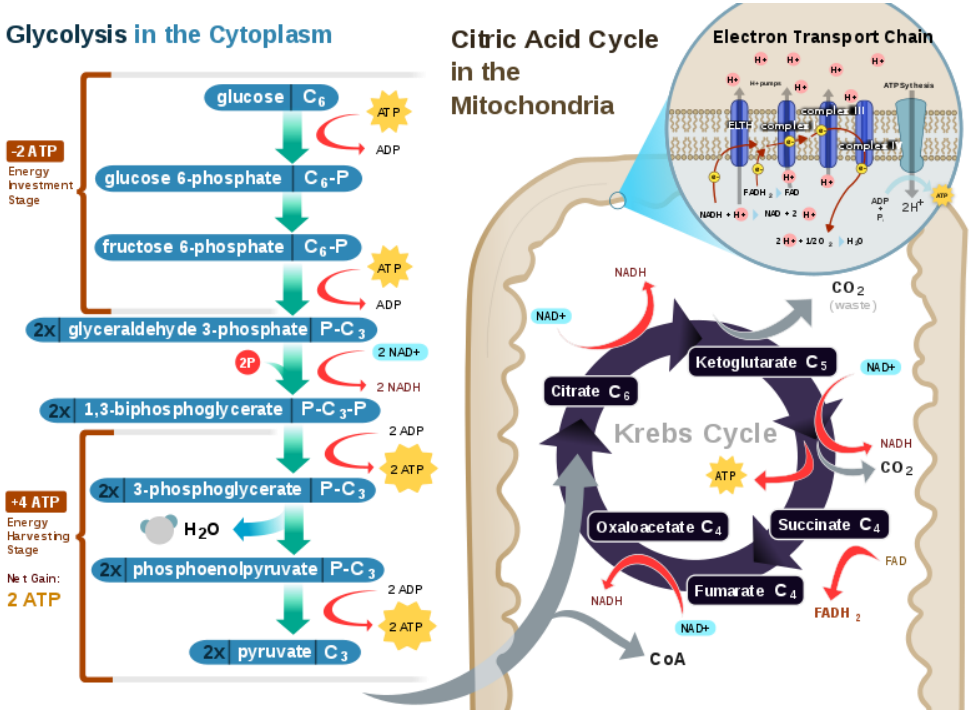
Tahapan Respirasi Sel

D. Transpor Elektron

- Hidrogen dari FADH2 dan NADH diubah menjadi elektron dan proton.
- Senyawa yang bertindak sebagai pembawa elektron adalah NAD, FAD, ubikuinon, dan protein sitokrom.
- Oksigen menjadi akseptor terakhir dan beraksi dengan hidrogen membentuk air.

C. KATABOLISME KARBOHIDRAT

Tahapan Respirasi Sel



Sumber: www.commons.wikimedia.org

C. KATABOLISME KARBOHIDRAT

Respirasi Aerob dan Respirasi Anaerob

- ✓ **Respirasi aerob** adalah proses pernapasan yang membutuhkan oksigen, sedangkan **respirasi anaerob** atau **fermentasi** tidak memerlukan oksigen.
- ✓ Fermentasi menghasilkan energi yang jauh lebih sedikit dibandingkan respirasi aerob.
- ✓ Respirasi aerob:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38\ ATP$$

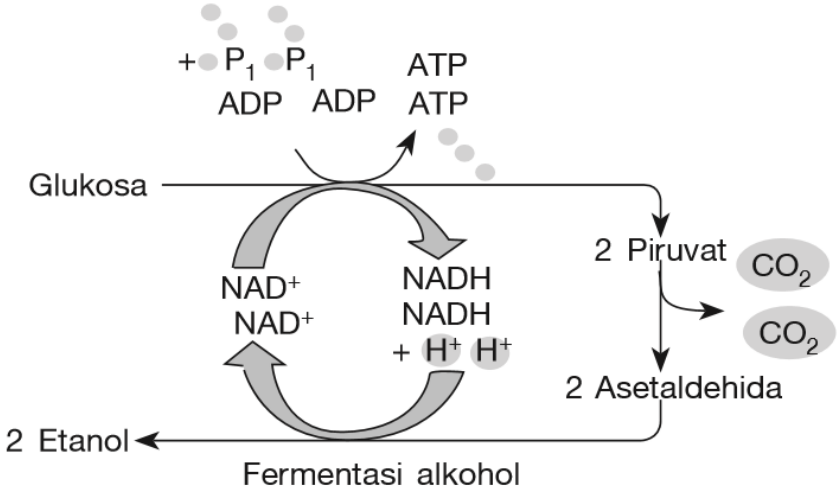
- ✓ Respirasi anaerob:

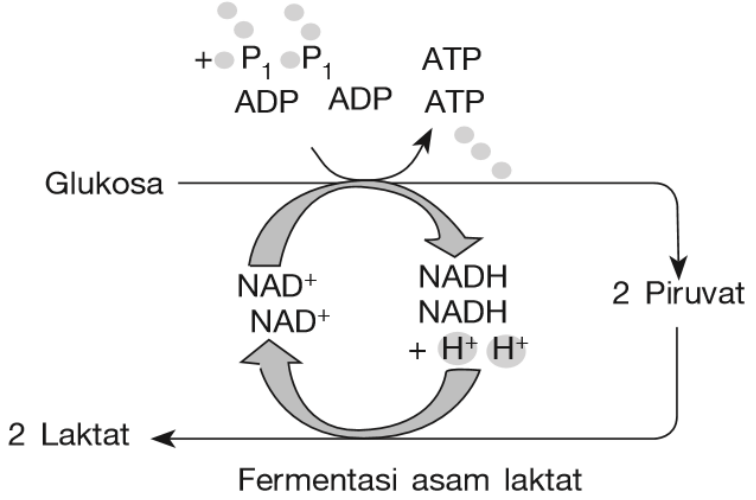
$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2\ ATP$$

C. KATABOLISME KARBOHIDRAT

Respirasi Aerob dan Respirasi Anaerob

- Asam piruvat dalam respirasi anaerob dapat menghasilkan etanol atau asam laktat.





Sumber: *dokumen penerbit*

D. ANABOLISME KARBOHIDRAT

Fotosintesis

- Tumbuhan memiliki kemampuan untuk mengubah karbon di udara menjadi bahan organik melalui prosees **fotosintesis**.
- Zat anorganik berupa H_2O danCO_2 diuah oleh klorofil menjadi zat organik berupa karbohidrat dengan bantuan cahaya.

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

- **Jan Ingenhousz** membuktikan bahwa fotosintesis menghasilkan oksigen dengan melakukan percobaan menggunakan tanaman air Hydrilla.

D. Anabolisme Karbohidrat

Tahap Fotosintesis

A. Reaksi Terang

- Reaksi yang terjadi jika ada cahaya. Energi cahaya ditangkap klorofil untuk memecah molekul air, proses pemecahan ini disebut fotolisis.
- Oksigen dihasilkan dari hasil fotolisis dan $2H^+$ diterima oleh koenzim $NADP^+$ menjadi NADPH.

D. ANABOLISME KARBOHIDRAT

Tahap Fotosintesis

Fotosistem

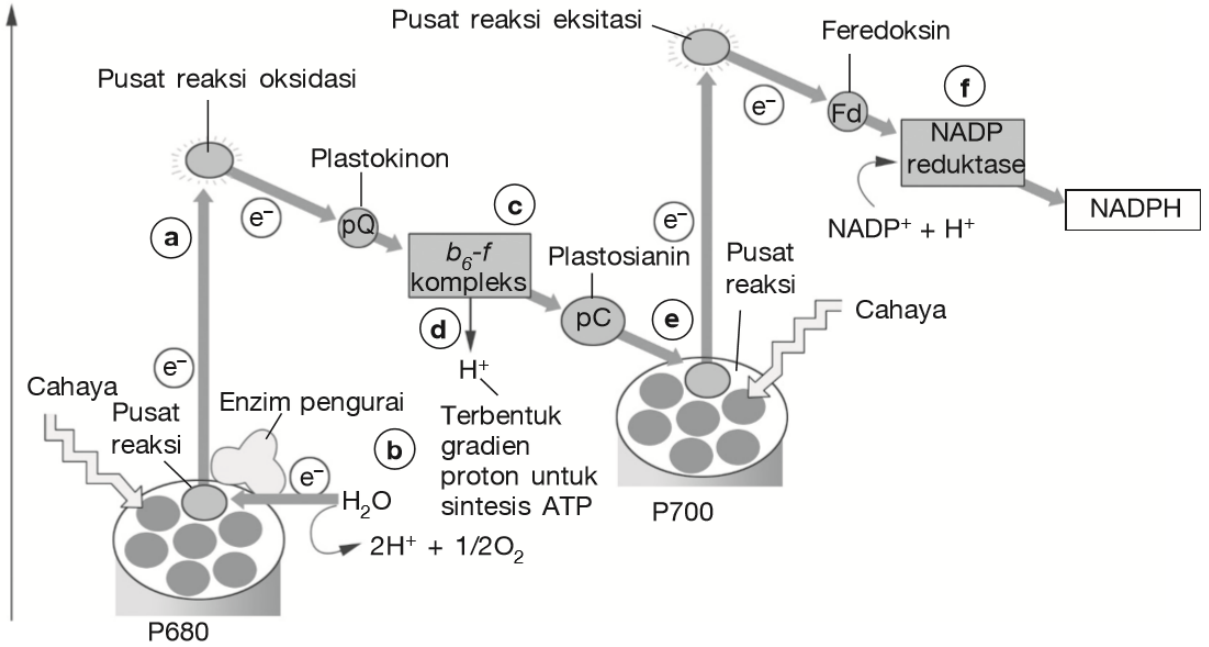
- Dalam **tilakoid** terdapat klorofil, bersama protein dan molekul organik lain tersusun membentuk fotosistem. Pengumpul cahaya dalam fotosistem menyalurkan energi foton dari satu molekul pigmen ke molekul pigmen lainnya hingga energi tersebut mencapai klorofil.
- Dalam membran tilakoid, terdapat dua jenis fotosistem, yaitu **fotosistem I** atau P700 dengan panjang gelombang 700nm, dan **fotosistem II** atau P680 dengan panjang gelombang 680 nm.
- Sintesis NADPH dan ATP digerakkan oleh cahaya dengan memberikan energi kepada kedua fotosistem.

D. ANABOLISME KARBOHIDRAT

Tahap Fotosintesis

Fotosistem

- **Aliran elektron nonsiklik**, yaitu rute fosforilasi yang utama.

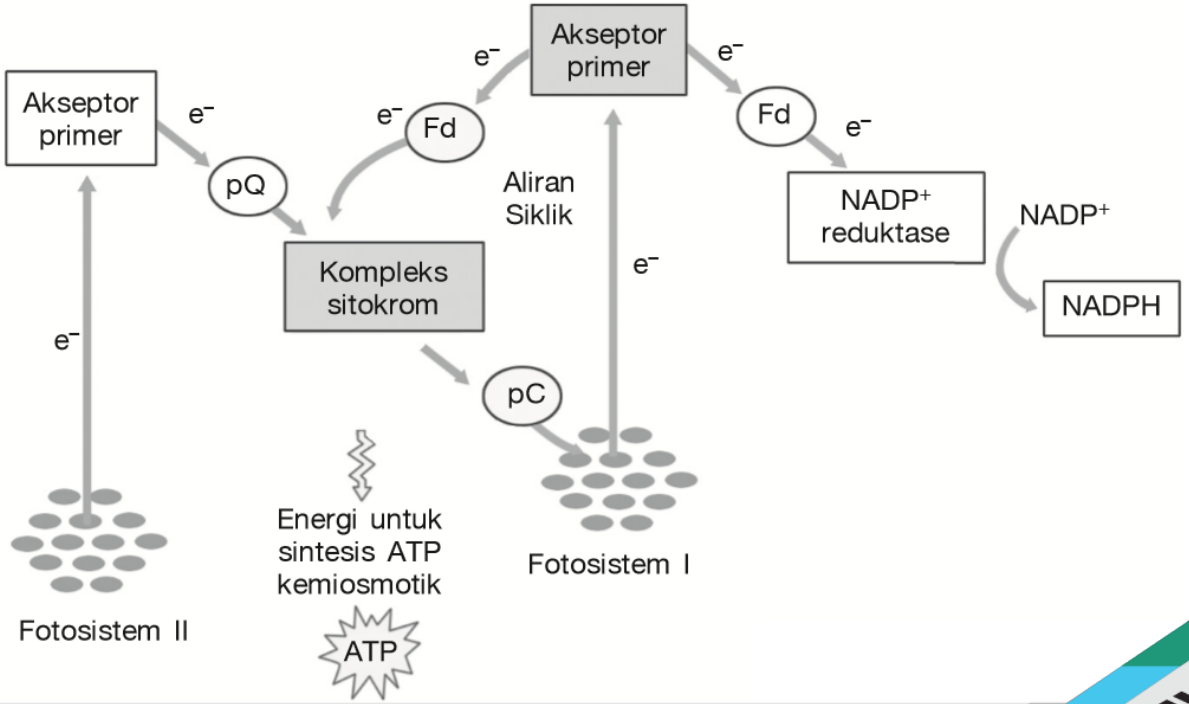


D. ANABOLISME KARBOHIDRAT

Tahap Fotosintesis

Fotosistem

- **Aliran elektron siklik**, terjadi pada kondisi tertentu dan merupakan hubungan yang singkat.



D. ANABOLISME KARBOHIDRAT

Tahap Fotosintesis

Fotosistem

- Aliran elektron nonsiklik, yaitu rute fosforilasi yang utama.
- Aliran elektron siklik, terjadi pada kondisi tertentu dan merupakan hubungan yang singkat

D. ANABOLISME KARBOHIDRAT

Tahap Fotosintesis

B. Reaksi Gelap

- Reaksi gelap disebut juga reaksi reduksi O_2, reaksi ini tidak memerlukan cahaya sehingga disebut reaksi gelap.
- Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.

$$CO_2 + 2NADPH + 2H^+ + O_2 \rightarrow CH_2O + 2NADP^+ + H_2O + O_2$$

- Penggabungan reaksi gelap dan reaksi terang adalah sebagai berikut.

$$H_2O + CO_2 \rightarrow CH_2O + O_2$$

D. ANABOLISME KARBOHIDRAT

Tahap Fotosintesis

B. Reaksi Gelap

- Reaksi gelap disebut juga reaksi reduksi O_2, reaksi ini tidak memerlukan cahaya sehingga disebut reaksi gelap.
- Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.

$$CO_2 + 2NADPH + 2H^+ + O_2 \rightarrow CH_2O + 2NADP^+ + H_2O + O_2$$

- Penggabungan reaksi gelap dan reaksi terang adalah sebagai berikut.

$$H_2O + CO_2 \rightarrow CH_2O + O_2$$

D. ANABOLISME KARBOHIDRAT

Tahap Fotosintesis

Fiksasi CO_2 dalam proses fotosintesis

1. **Fiksasi**

   ribulosa difosfat + CO_2 → fosfogliserat

2. **Reduksi**

   fosfogliserat + ATP → 1,3-difosfogliserat + Pi

   1,3-difosfogliserat + NADPH2 → gliseraldehidfosfat + ADP

3. **Regenerasi ribulosa fosfat**

   gliseraldehidfosfat → ribulosa fosfat

   ribulosa fosfat + ATP → ribulosa difosfat + ADP

D. ANABOLISME KARBOHIDRAT

Kemosintesis

Asimilasi CO2 dengan zat kimia sebagai sumber energi dan organisme yang melakukannya disebut organisme autotrof dengan reaksi sebagai berikut.

$$\text{Senyawa anorganik} + O_2 \rightarrow E + \text{Hasil samping}$$

$$\downarrow$$

$$H_2O \rightarrow H_2 + O_2$$

$$\downarrow$$

$$CO_2 + H_2 \rightarrow \text{Glukosa}$$

E. KETERKAITAN PROSES KATABOLISME DAN ANABOLISME

Energi dalam Proses Katabolisme dan Anabolisme

- Energi dalam Proses Katabolisme dan Anabolisme
- Jumlah energi yang dibutuhkan untuk membentuk gula sama dengan energi yang dihasilkan dari proses pembakaran 1 gram gula (±675 kalori)
- Katabolisme gula menghasilkan 38 ATP (380) kalori, jadi ±55% energi dimanfaatkan untuk proses metabolism, sisanya berubah menjadi energi panas.
- Umumnya kecepatan rata-rata fotosintesis adalah 8-12 kali kecepatan respirasi.

E. KETERKAITAN PROSES KATABOLISME DAN ANABOLISME

Faktor yang Berpengaruh pada Katabolisme dan Anabolisme

A. Faktor luar

Faktor	Katabolisme	Anabolisme
Cahaya	Mempercepat	Mempercepat
Suhu	Mempercepat (pada rentang 0°C–45°C)	Rentang suhu optimum 0–40°C, menurun ±35°C
CO_2	Menurunkan laju respirasi	Meningkatkan (pada kadar optimal)
O_2	Mempercepat	Menghambat

E. KETERKAITAN PROSES KATABOLISME DAN ANABOLISME

Faktor yang Berpengaruh pada Katabolisme dan Anabolisme

A. Faktor luar

Faktor	Katabolisme	Anabolisme
Unsur kimia	Sedikit meningkatkan, banyak menurunkan	Kekurangan unsur N menghambat sintesis klorofil
H_2O	Menurunkan	Berpengaruh tidak langsung
Luka	Meningkatkan	-
Mekanis	Meningkatkan, asal tidak berulang-ulang	-

E. KETERKAITAN PROSES KATABOLISME DAN ANABOLISME

Faktor yang Berpengaruh pada Katabolisme dan Anabolisme

B. Faktor Dalam

Katabolisme	Anabolisme
1. Substrat respirasi mempercepat laju katabolisme. 2. Laju katabolisme di penga ruhi juga oleh kuantitas dan kualitas protoplasma.	1. Klorofil 2. Membuka menutupnya stomata 3. Anatomi daun 4. Morfologi daun 5. Hambatan pada proses transportasi hasil fotosintesis

Kuis

1. Sebutkan dan jelaskan komponen-komponen dari enzim.
2. Bagaimana cara kerja inhibitor kompetitif pada enzim?
3. Apakah yang membedakan tumbuhan C_3, C_4, dan CAM? Jelaskan perbedaannya.
4. Jelaskan persamaan dan perbedaan pembuatan roti dan tapai.
5. Sebutkan contoh organisme kemoautotrof dan reaksi kemosintesisnya.