

Metabolisme

A. PENCERTIAN METABOLISME

Metabolisme: proses pengolahan zat gizi dari makanan yang telah diserap oleh tubuh untuk diubah menjadi energi.

- **Katabolisme:** urutan reaksi yang dikatalis oleh enzim dimana molekul yang relatif besar dalam sel hidup yang dipecah atau didegradasi.
- **Anabolisme:** proses pembentukan molekul kompleks di dalam tubuh dari sel yang lebih sederhana sehingga membutuhkan energi.

B. ENZIM

Enzim: katalis yang membantu mempercepat reaksi biologis.

Substrat: suatu molekul yang menjadi sasaran aksi enzim.

Produk: hasil reaksi dari enzim.

■ Klasifikasi Enzim

Berdasarkan tempat bekerjanya,

1. **Enzim intraseluler:** enzim yang disintesis dalam sel-sel hidup dan bekerja di dalam sel.
Contoh: katalase.
2. **Enzim ekstraseluler:** enzim yang disintesis dalam sel namun bekerja di luar sel.
Contoh: enzim amilase.

Berdasarkan tipe reaksi yang dikatalisis,

1. **Oksidoreduktase:** mengatalisis reaksi oksidasi dan reduksi.
2. **Transferase:** mengatalisis pemindahan gugus seperti glikosil, metil, atau fosforil.
3. **Hidrolase:** mengatalisis pemutusan hidrolitik C-C, C-O, C-N, atau ikatan lainnya.
4. **Liase:** mengatalisis pemutusan C-C, C-O, C-N, atau ikatan lain dengan eliminasi atom yang menghasilkan ikatan rangkap.
5. **Isomerase:** mengatalisis perubahan geometrik atau struktural dalam satu molekul.
6. **Ligase:** menganalisis penyatuan dua molekul yang dikaitkan dengan hidrolisis ATP.

■ Komponen Penyusun Enzim

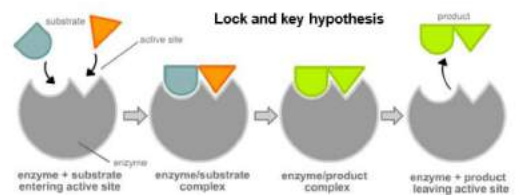
1. **Apoenzim (protein):** enzim yang tersusun atas senyawa protein dan merupakan jenis yang paling mendominasi dari semua struktur enzim yang ada.
2. **Gugus prostetik (nonprotein):** bagian enzim yang tidak tersusun dari protein.
 - a. Kofaktor (ion organik)
 - b. Koenzim (senyawa organik kompleks)

■ Sifat-sifat Enzim

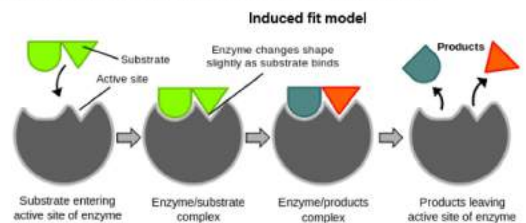
1. Enzim tersusun atas protein
2. Enzim merupakan biokatalisator
3. Enzim bekerja secara spesifik
4. Enzim dapat digunakan berulang kali (reusable)
5. Enzim tidak ikut berubah menjadi produk
6. Kerja enzim bersifat bolak balik (reversible)

■ Cara Kerja Enzim

1. Teori Gembok dengan Anak Kuncinya (Lock and Key Theory)



2. Teori Kecocokan Induksi (Induced Fit Theory)



■ Penghambat Kerja Enzim (Inhibitor)

Berdasarkan sifat ikatannya,

1. **Inhibitor irreversible:** inhibitor yang reaksi kimianya berjalan satu arah, di mana setelah inhibitor mengikat enzim, inhibitor tidak dapat dipisahkan dan bersifat stabil.
2. **Inhibitor reversible:** inhibitor yang reaksi kimianya berjalan dua arah atau dapat balik dan bersifat tidak stabil, ketika inhibitor mengikat sisi aktif enzim, maka inhibitor ini dapat dipisahkan lagi dari ikatannya.
 - a. **Inhibitor reversible kompetitif:** molekul penghambat yang bersaing dengan substrat untuk mendapatkan sisi aktif enzim.
 - b. **Inhibitor reversible nonkompetitif:** penghambat yang dapat berikatan dengan enzim maupun dengan kompleks enzim-substrat.

■ Faktor-faktor yang Memengaruhi Kerja Enzim

1. **Temperatur**

Temperatur tinggi dapat menyebabkan denaturasi protein, sedangkan pada temperatur rendah akan menghambat reaksi. Pada umumnya temperatur optimum enzim adalah 30 derajat sampai 40 derajat.

2. Perubahan PH

Perubahan PH sangat berpengaruh pada perubahan asam amino kunci pada sisi aktif enzim sehingga menghalangi sisi aktif bergabung dengan substratnya. pH optimum yang diperlukan oleh enzim berbeda – beda tergantung pada jenis enzimnya.

3. Konsentrasi enzim dan substrat

Semakin banyak enzim reaksi akan semakin cepat, sebaliknya apabila enzim sedikit maka reaksi yang terjadi juga lambat.

4. Inhibitor enzim

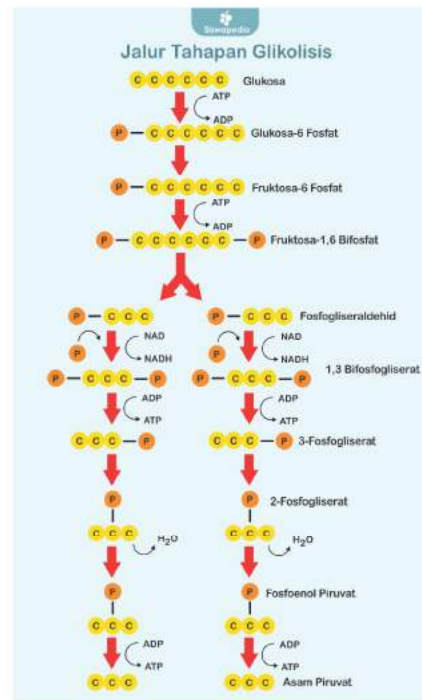
Menghambat kerja enzim, sehingga kecepatan reaksi akan turun. Ada dua macam inhibitor, yakni: Inhibitor kompetitif atau zat penghambat mirip dengan substrat sehingga berkompetisi dengan substrat untuk bergabung ke sisi aktif enzim. Inhibitor nonkompetitif atau substrat sudah tidak dapat berikatan karena sisi aktif enzim berubah.

5. Aktivator

Zat pengaktif seperti bahan kimia tertentu mampu meningkatkan kerja enzim. Contohnya, logam alkali, logam alkali tanah, Co, Mg, Mn, dan Cl.

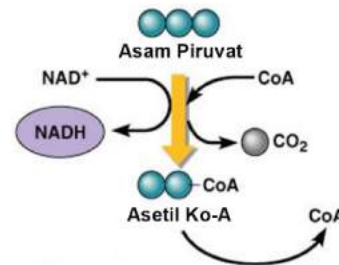
6. Zat hasil (produk)

Dalam kondisi normal, reaksi awal akan berlangsung cepat. Jika sudah terbentuk penimbunan produk, laju reaksi akan melemah dan jika penimbunan produk disingkirkan maka reaksi akan kembali cepat.



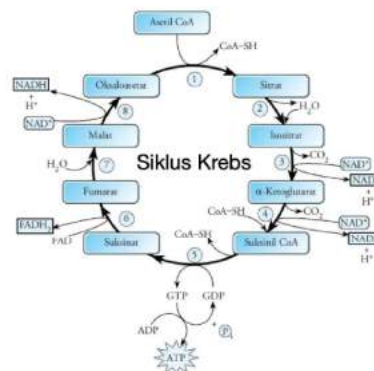
2. Dekarboksilasi Oksidatif (Reaksi Transisi)

Tahapan dari katabolisme setelah glikolisis. Asam piruvat hasil glikolisis dioksidasi oleh kompleks enzim piruvat dehydrogenase (PDC) untuk menghasilkan asetil koenzim A dan karbon dioksida.



3. Siklus Krebs (Siklus Asam Sitrat)

Proses kedua katabolisme atau respirasi sel untuk menghasilkan energi yang lebih tinggi.



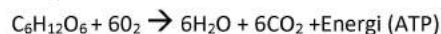
C. KATABOLISME KARBOHIDRAT

Proses pembongkaran karbohidrat yang dilakukan dalam dua tahap dengan proses yang kompleks dan terperinci.

Respirasi internal: proses pemecahan makanan untuk menghasilkan energi yang terjadi didalam sel tubuh.

Respirasi aerob

Reaksi respirasi aerob melibatkan penggunaan oksigen.

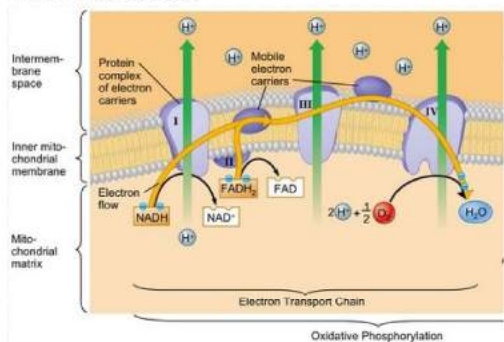


1. Glikolisis

Proses pemecahan glukosa atau gula di dalam darah yang melibatkan beberapa enzim, di antaranya enzim heksokinase dan enzim fosfofruktokinase.

4. Rantai Transpor Elektron

Serangkaian rantai dalam membran yang terdiri dari protein kompleks yang mentransfer elektron dari donor elektron menuju akseptor elektron melalui reaksi redoks (reduksi dan oksidasi yang terjadi secara bersamaan).



■ Respirasi anaerob

Proses respirasi yang tidak memerlukan oksigen atau O₂.

1. Fermentasi Alkohol

Proses biologi di mana gula seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa diubah menjadi energi seluler dan juga menghasilkan etanol dan karbon dioksida sebagai produk sampingan.

2. Fermentasi Asam Laktat

Proses pengolahan makanan yang menggunakan bakteri asam laktat dari kelompok bakteri Gram positif.

Perbedaan respirasi sel secara aerob dengan anaerob

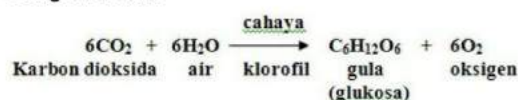
| | Respirasi aerob | Respirasi anaerob |
|----------------------------|--|---|
| Pengertian | Menggunakan oksigen untuk memecah glukosa dalam tubuh | Menggunakan rantai tran elektron pemapasan teta menggunakan oksigen sel elektron akseptor. |
| Sel yang menggunakannya | Respirasi aerob terjadi di sebagian besar sel. | Respirasi anaerob terjadi bakteri, ragi, beberapa prokariota, eritrosit (sel d merah), dan dalam sel otot |
| Asam laktat | Tidak menghasilkan asam laktat | menghasilkan asam laktat |
| Produk | Karbon dioksida, air dan energi | Asam laktat, energi, etanol karbon dioksida |
| Tahapan | Glikolisis, siklus Krebs, Rantai Transportasi Elektron | Glikolisis, fermentasi |
| Jumlah Energi yang dirilis | 2900 kJ / mol glukosa | 120 kJ / mol glukosa |

D. ANABOLISME

■ Fotosintesis

Suatu proses biokimia pembentukan karbohidrat dari bahan anorganik yang dilakukan oleh tumbuhan, terutama tumbuhan yang mengandung zat hijau daun, yaitu klorofil.

Reaksi fotosintesis secara sederhana dituliskan sebagai berikut:



■ Kloroplas sebagai Tempat Fotosintesis

a. Membran Terluar

Membran luar adalah tipe membran sel yang bisa dilalui oleh semua zat baik itu zat padat atau juga zat cair tanpa terkecuali.

b. Ruang antar membrane

Bagian dari kloroplas yang menjadi pembatas/penghalang antara membran didalam ataupun membran luar.

c. Membran Dalam

Bagian kloroplas yang mempunyai fungsi untuk pembatas antara stroma serta juga sitosol.

d. Stroma

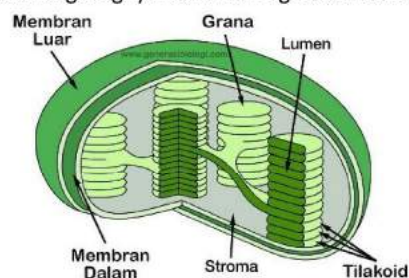
Suatu bagian membran dalam yang membungkus cairan kloroplas.

e. Tilakoid

Bagian membran dalam yang mempunyai fungsi sebagai tempat reaksi terang dan juga berperan dalam menangkap cahaya matahari guna proses fotosintesis.

f. Granum

Granum ini merupakan bagan yang berupa kumpulan tilakoid yang bertumpuk – tumpuk kayak uang logam. Granum sendiri ialah sistem membran yang mempunyai fungsi sebagai tempat berlangsungnya reaksi terang fotosintesis.



■ Fotosistem

Suatu unit yang mampu menangkap energi cahaya Matahari yang terdiri dari klorofil a, kompleks antena, dan akseptor elektron.

■ Tahapan Reaksi Fotosintesis

1) Reaksi Terang

Fotosintesis yang terjadi pada membran tilakoid kloroplas.

a. Aliran elektron nonsiklik

- Menghasilkan oksigen dan NADPH
- Adanya fotolisis air
- Melibatkan fotosistem 1 dan 2

- b. **Aliran elektron siklik**
 - Menghasilkan ATP, tidak menghasilkan oksigen
 - Tidak terjadinya fotolisis air
 - Hanya melibatkan fotosistem 1

2) Reaksi Gelap (Siklus Calvin)

Reaksi fotosintesis yang terjadi pada stroma kloroplas.

Penggunaan Produk Fotosintesis

Fotorespirasi: respirasi pada tumbuhan yang dibangkitkan oleh penerimaan cahaya yang diterima oleh daun.

Faktor-faktor yang Memengaruhi Fotosintesis

- a. Intensitas cahaya
- b. Panjang gelombang cahaya
- c. Konsentrasi CO₂
- d. Suhu
- e. Ion anorganik
- f. Zat inhibitor

Pembuktian Fotosintesis

- **Percobaan oleh Jan Ingenhousz:**
Percobaan yang dilakukan oleh Jan Ingenhousz untuk membuktikan bahwa fotosintesis menghasilkan oksigen.

Langkah:

- Siapkan gelas beker, isi air sebagian
- Masukkan tanaman hydrilla air
- Tutup dengan corong terbalik
- Tutup mulut corong yang menghadap keatas dengan tabung reaksi
- Letakkan di tempat yang terkena cahaya matahari

- **Percobaan oleh T. W. Engelmann:**
Percobaan yang dilakukan oleh Engelmann untuk membuktikan bahwa fotosintesis memerlukan cahaya, klorofil, dan menghasilkan oksigen.

Langkah:

- Siapkan tanaman spirogyra sp dan bakteri yang menyukai oksigen seperti bacterium thermo
- Letakkan keduanya dibawah mikroskop
- Berikan dan jangan berikan cahaya kepada tanaman spirogyra
- Amati pergerakan bakteri ketika spirogyra terkena cahaya dan tidak

- **Percobaan oleh Julius von Sachs**
Percobaan yang dilakukan oleh Julius von Sachs untuk membuktikan bahwa fotosintesis menghasilkan amilum.

Langkah:

- Siapkan tanaman dan pilih salah satu daunnya lalu tutup separuh daun dengan aluminium foil/kertas timah, letakkan di tempat terang, biarkan sejenak
- Petik daun tersebut dan buka aluminium foil yang menutupi separuh bagian daun.
- Masukkan daun ke dalam air mendidih, lalu angkat
- Masukkan daun ke dalam alkohol mendidih, lalu angkat
- Letakkan di cawan arloji dan tetesi dengan lugol

CONTOH SOAL DAN PEMBAHASANNYA

1. Berikut ini adalah pernyataan mengenai metabolisme.
 - 1) Membutuhkan H₂O sebagai sumber elektron
 - 2) Membutuhkan oksigen sebagai akseptor elektron
 - 3) Membutuhkan NADPH sebagai sumber elektron
 - 4) Menghasilkan ATP dan CO₂
 - 5) Mengubah energi cahaya menjadi energi kimia
 Pernyataan yang terkait dengan katabolisme adalah
 - A. 1 dan 3
 - B. 2 dan 3
 - C. 2 dan 4
 - D. 3 dan 5
 - E. 4 dan 5

PEMBAHASAN:

Katabolisme merupakan proses pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana disertai dengan menghasilkan energi berupa ATP. respirasi seluler merupakan salah satu contoh katabolisme yang membutuhkan oksigen sebagai akseptor elektron yang kemudian akan menghasilkan CO₂ sebagai hasil samping. Maka pernyataan yang tepat adalah 2 dan 4.

Jawaban C

2. Senyawa kimia yang dihasilkan oleh katabolisme karbohidrat, lemak, dan protein yang selanjutnya memasuki rangkaian reaksi dalam siklus krebs adalah...
 - A. asam piruvat
 - B. asetil KoA
 - C. gliseraldehyde -3P
 - D. oksaloasetat
 - E. asam sitrat

PEMBAHASAN:

Pada tahap glikolisis, karbohidrat diubah menjadi asam piruvat. Kemudian pada tahap dekarboksilasi oksidatif, asam piruvat tersebut diubah menjadi

asetil Ko-A. asetil Ko-A kemudian akan memasuki siklus Krebs.

Jawaban B

3. Tahap reaksi gelap dapat terjadi bila....
- A. ada cahaya, terjadi di stoma, energi dari ATP dan NADPH dari reaksi terang
 - B. ada cahaya maupun tidak ada cahaya, terjadi di stoma, tanpa energi ATP dan NADPH
 - C. ada cahaya maupun tidak ada cahaya, energi dari ATP dan NADPH dari reaksi terang
 - D. tanpa ada cahaya, di grana, energi dari ATP dan NADPH
 - E. ada cahaya bisa terjadi di stroma dengan energi NADPH

PEMBAHASAN:

Proses fotosintesis yang tidak memerlukan cahaya disebut reaksi gelap. Reaksi gelap ini dapat terjadi baik ada cahaya di siang hari ataupun tidak ada cahaya di malam hari. Terjadi di stroma dan memerlukan energi dari ATP dan NADPH₂ yang diperoleh dari reaksi terang

Jawaban C