



MITOKONDRIA & METABOLISME SEL

MATERI

- Mitokondria: Struktur Dan Fungsi
- Metabolisme Merubah Materi Dan Energi
- Enzim Mempercepat Reaksi Metabolik
- Jalur Katabolik Menghasilkan Energi
- Glikolisis: Oksidasi Glukosa Menjadi Piruvat
- Siklus Asam Sitrat
- Fosforilasi Oksidatif
- Fermentasi: Menghasilkan ATP Tanpa Oksigen

STUDI KASUS: ATLET DAYUNG



STUDI KASUS

Komponen kondisi fisik yang sangat dominan dibutuhkan oleh atlet dayung antara lain daya tahan tubuh, kelenturan tubuh, dan kekuatan tubuh. Daya tahan tubuh yang diperlukan oleh atlet dayung adalah daya tahan yang umum dan daya tahan lokal pada otot lengan dan otot perut. Hal ini dikarenakan atlet dayung melakukan gerakan mendayung secara terus menerus dengan ritme yang dibutuhkan tetap konstan selama perlombaan berlangsung. Kelenturan otot punggung yang baik diperlukan oleh atlet dayung agar memiliki ruang gerak yang luas dalam sendi-sendinya saat melakukan gerakan mendayung.

STUDI KASUS

Kekuatan otot tungkai diperlukan saat melakukan gerakan mendayung karena tungkai menahan gerak tubuh agar badan atlet tetap pada posisi dan tidak bergeser saat mendayung. Atlet dayung membutuhkan daya tahan tubuh dan kekuatan tubuh yang sangat kuat, oleh karena itu harus ditunjang dengan konsumsi makanan yang baik dan sehat. Makanan yang dikonsumsi akan tersimpan dalam tubuh dan dijadikan sebagai energi, dimana selanjutnya energi akan digunakan untuk beraktivitas. Selain untuk beraktivitas, energi yang dibutuhkan untuk proses metabolisme sel-sel di dalam tubuh. Asupan energi yang dibutuhkan untuk metabolisme sel saja sudah mencapai 80% dari asupan yang sehari-hari yang diterima.

STUDI KASUS

Karbohidrat merupakan sumber energi bagi atlet dayung. Zat gizi ini tersimpan dalam bentuk glikogen di dalam otot. Selanjutnya, otot dapat menyimpan cadangan glikogen selama 60-90 menit (untuk jenis olahraga yang memiliki intensitas yang tinggi). Karbohidrat dicerna oleh tubuh kurang lebih 1-3 jam.

STUDI KASUS: ANGKAT BESI



SUMBER ENERGI

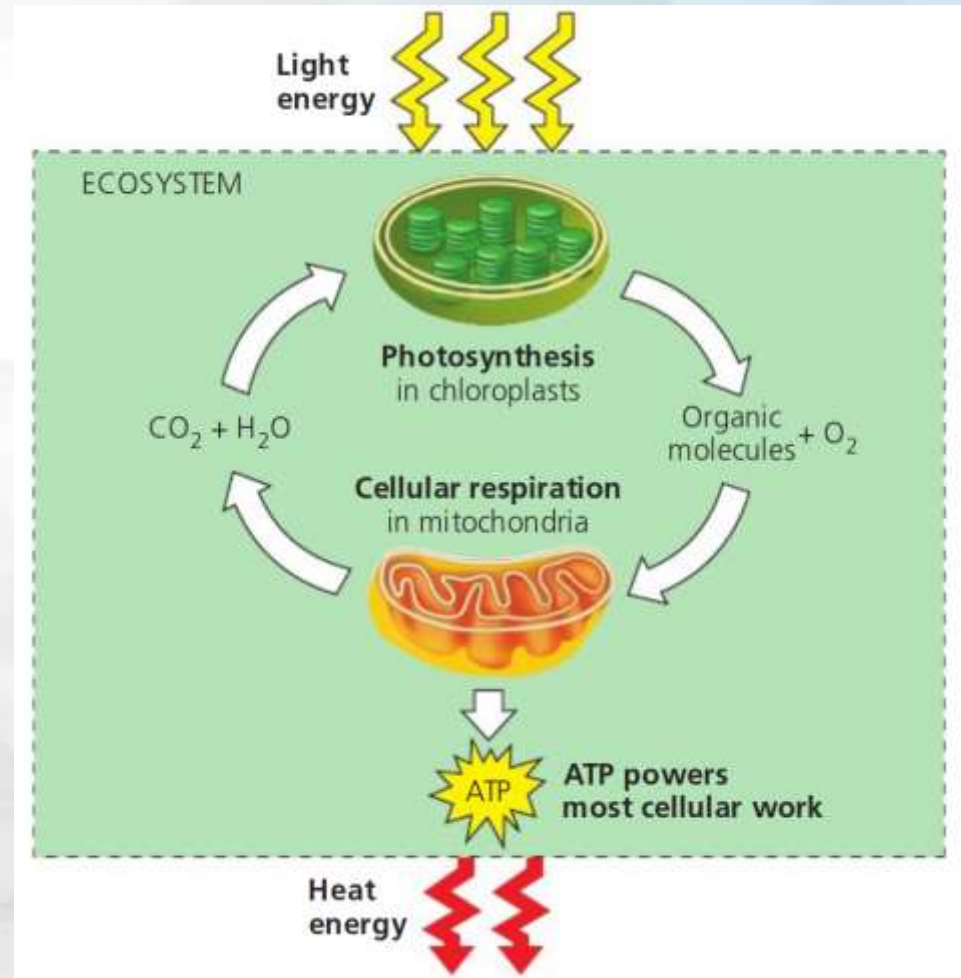


SUMBER ENERGI

- Simpanse memperoleh energi untuk sel-selnya dengan memakan tumbuhan.
- Energi yang tersimpan dalam molekul organik makanan (pada daun) pada akhirnya berasal dari matahari.
- Energi masuk ke dalam ekosistem sebagai sinar matahari dan keluar sebagai panas, yang penting bagi kehidupan.

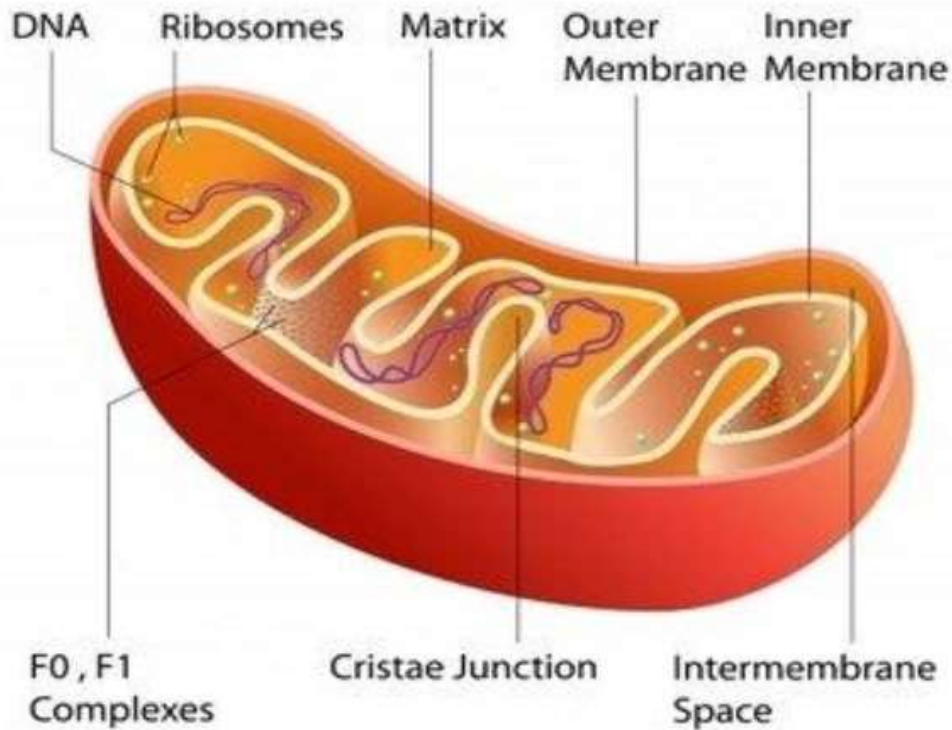
SUMBER ENERGI

Aliran energi dan daur ulang bahan kimia dalam ekosistem. Energi mengalir ke dalam ekosistem sebagai sinar matahari dan pada akhirnya keluar sebagai panas, sementara unsur-unsur kimiawi yang penting bagi kehidupan didaur ulang.



MITOKONDRIA: STRUKTUR & FUNGSI

STRUKTUR MITOKONDRIA



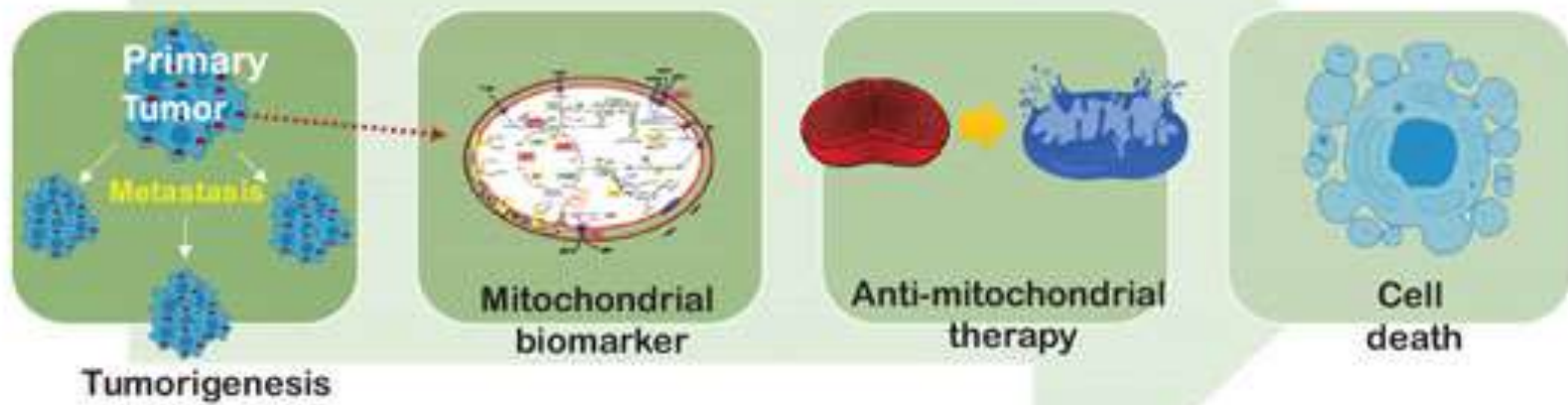
FUNGSI MITOKONDRIA

- **Mitokondria** adalah organel sitoplasma yang berperan dalam berbagai fungsi **metabolisme sel**, salah satunya adalah **respirasi seluler**.
- Kelangsungan hidup sel membutuhkan energi untuk menjalankan berbagai fungsi.
- Mitokondria adalah salah satu organel yang penting karena organel ini memasok semua energi biologis yang diperlukan sel, dan memperoleh energi ini dengan mengoksidasi substrat melalui **siklus Krebs**.
- Energi sel diperoleh dari **oksidasi** enzimatik senyawa kimia dalam mitokondria.

FUNGSI MITOKONDRIA

- Pada tahun 1890, mitokondria pertama kali dideskripsikan oleh [Richard Altmann](#) dan menyebutnya sebagai [bioblas](#).
- [Benda](#) pada tahun 1897 menciptakan istilah [mitokondria](#).
- Pada tahun 1920-an, seorang ahli biokimia [Warburg](#) menemukan bahwa reaksi oksidatif terjadi di sebagian besar jaringan di bagian kecil sel.
- Mitokondria menghasilkan sebagian besar energi sel dalam bentuk adenosin trifosfat ([ATP](#)) dan digunakan sebagai sumber energi kimia.

MITOKONDRIA: BIOMARKER

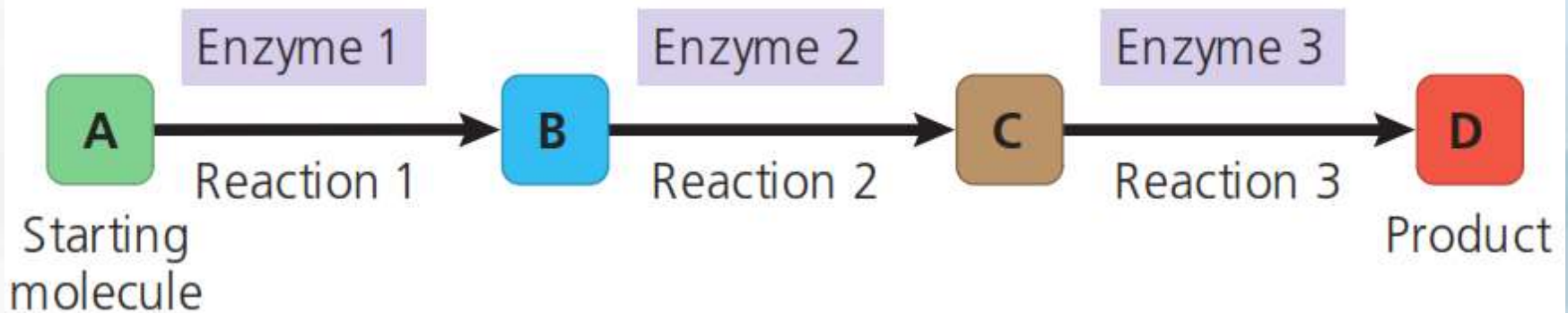


Suppression of tumor growth and metastasis by anti-mitochondrial therapy based on identification of mitochondrial biomarkers.

METABOLISME SEL

JALUR METABOLISME

Jalur metabolisme dimulai dengan molekul tertentu, yang kemudian diubah dalam serangkaian langkah yang ditentukan, menghasilkan produk tertentu. Setiap langkah dari jalur tersebut dikatalisis oleh enzim tertentu:



JALUR METABOLISME

- **Metabolisme** secara keseluruhan mengelola sumber daya material dan energi sel.
- Beberapa jalur metabolisme melepaskan energi dengan memecah molekul kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana.
- Proses degradatif ini disebut **jalur katabolisme**, atau **jalur penguraian**.
- Jalur utama katabolisme adalah **respirasi seluler**, di mana glukosa dan bahan bakar organik lainnya dipecah dengan adanya oksigen menjadi karbon dioksida dan air.

JALUR METABOLISME

- **Jalur anabolisme**: mengkonsumsi energi untuk membangun molekul yang rumit dari yang lebih sederhana
- Kadang-kadang disebut **jalur biosintesis**.
- Contoh anabolisme adalah sintesis asam amino dari molekul yang lebih sederhana dan sintesis protein dari asam amino.
- **Jalur katabolisme** dan anabolisme adalah jalan “menurun” dan “menanjak” dari proses metabolisme.
- Energi yang dilepaskan dari reaksi menurun dari jalur katabolisme dapat disimpan dan kemudian digunakan untuk mendorong reaksi menanjak dari jalur anabolisme.

METABOLISME: TRANSFORMASI ENERGI

A diver has more potential energy on the platform than in the water.

Diving converts potential energy to kinetic energy.



Climbing up converts the kinetic energy of muscle movement to potential energy.

A diver has less potential energy in the water than on the platform.

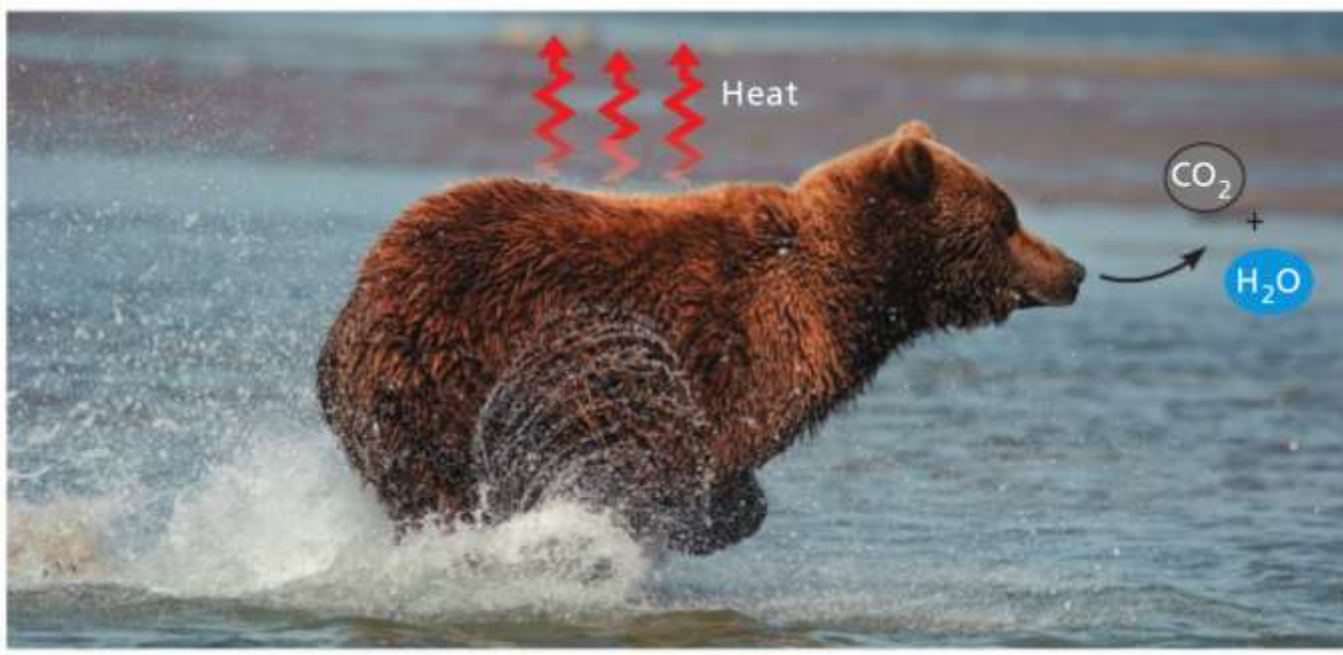
METABOLISME: TRANSFORMASI ENERGI

Hukum Termodinamika 1: energi dapat ditransfer atau diubah, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan



METABOLISME: TRANSFORMASI ENERGI

Hukum Termodinamika 2: setiap transfer atau transformasi energi meningkatkan ketidakteraturan (entropi) alam semesta



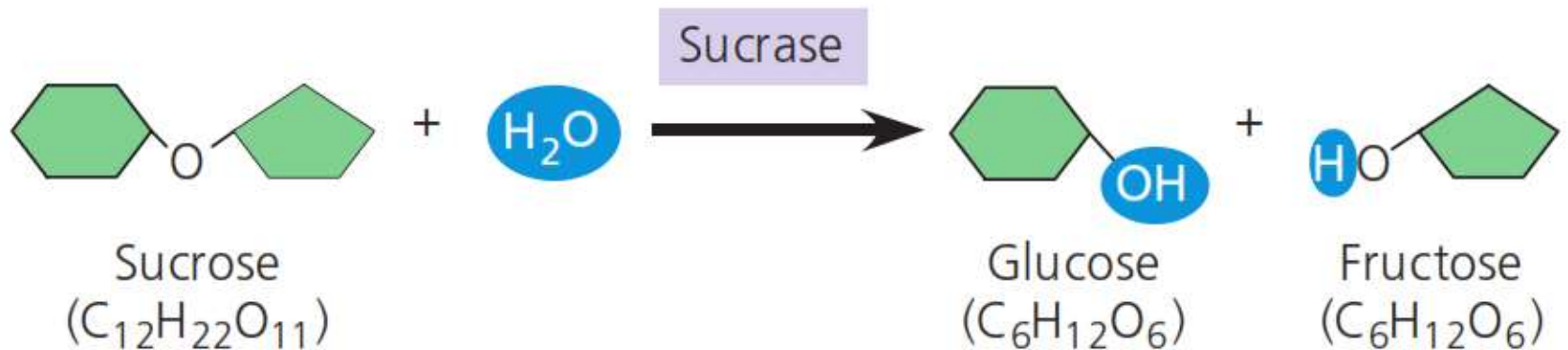
METABOLISME SEL: ENZIM

FUNGSI ENZIM

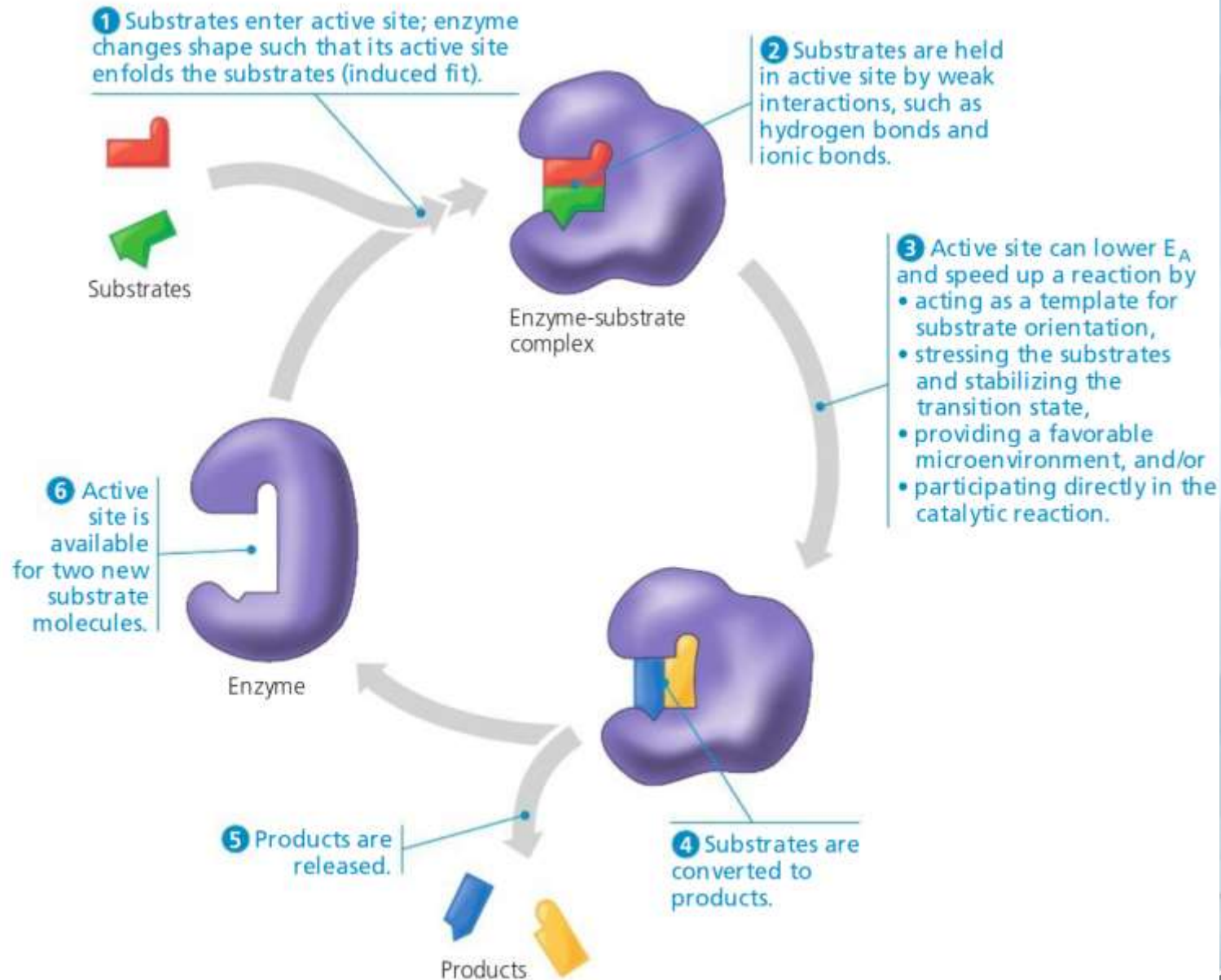
- **Hukum termodinamika** memberi tahu kita apa yang akan dan tidak akan terjadi dalam kondisi tertentu, tetapi tidak mengatakan apa-apa tentang laju proses ini.
- **Reaksi kimia spontan** terjadi tanpa memerlukan energi dari luar, tetapi mungkin terjadi sangat lambat sehingga tidak terlihat.
- Contoh, **hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa bersifat eksergonik**, terjadi secara spontan dengan pelepasan energi bebas.
- **Enzim adalah makromolekul yang bertindak sebagai katalisator, yaitu zat kimia yang mempercepat reaksi.**

FUNGSI ENZIM

Namun, jika kita menambahkan sedikit enzim **sukrase** ke dalam larutan, maka semua sukrosa dapat dihidrolisis dalam hitungan detik, seperti yang ditunjukkan di bawah ini:



SISI AKTIF ENZIM



SISI AKTIF ENZIM

1. Substrat masuk ke situs aktif, yang menyebabkan enzim berubah bentuk sehingga situs aktifnya membungkus substrat (*induced fit*).
2. Substrat ditahan di situs aktif oleh interaksi yang lemah, seperti ikatan hidrogen dan ikatan ionik.
3. Situs aktif dapat menurunkan E_A dan mempercepat reaksi dengan: (a) bertindak sebagai cetakan untuk orientasi substrat, (b) menekan substrat dan menstabilkan keadaan transisi, (c) menyediakan lingkungan mikro yang menguntungkan, dan (d) berpartisipasi langsung dalam reaksi katalitik.

SISI AKTIF ENZIM

4. Substrat diubah menjadi produk.
5. Produk dilepaskan.
6. Situs aktif tersedia untuk dua molekul substrat yang baru.

Enzim menggunakan berbagai mekanisme yang menurunkan energi aktivasi dan mempercepat reaksi.

METABOLISME SEL: KATABOLISME

KATABOLISME

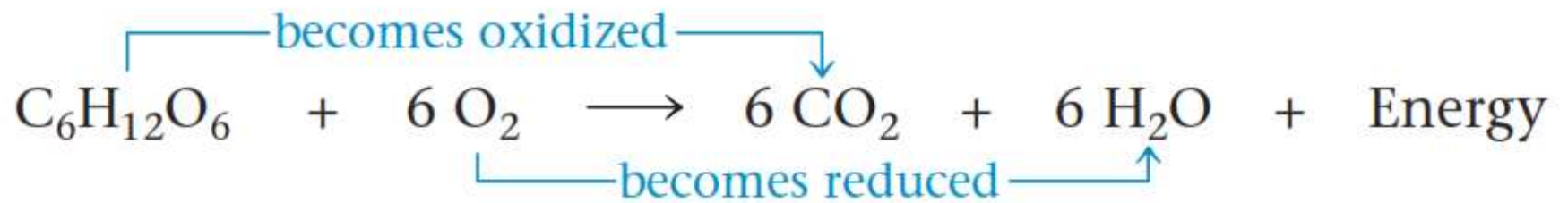
- Makanan menyediakan bahan bakar untuk respirasi, dan gas buangnya adalah karbon dioksida dan air. Proses keseluruhannya dapat diringkas sebagai berikut:

Senyawa organik + oksigen → karbon dioksida + air + energi

- Meskipun karbohidrat, lemak, dan protein semuanya dapat diproses dan dikonsumsi sebagai bahan bakar, ada baiknya mempelajari langkah-langkah respirasi seluler dengan melacak degradasi gula glukosa ($C_6H_{12}O_6$):



KATABOLISME



TAHAPAN RESPIRASI AEROBIK

1. Glikolisis.
2. Oksidasi piruvat dan siklus asam sitrat.
3. Fosforilasi oksidatif: rantai transport elektron dan kemiosmosis.

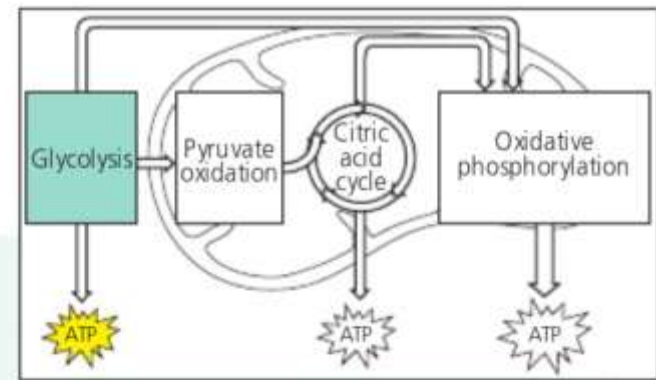
GLIKOLISIS

OKSIDASI GLUKOSA → ASAM PIRUVAT

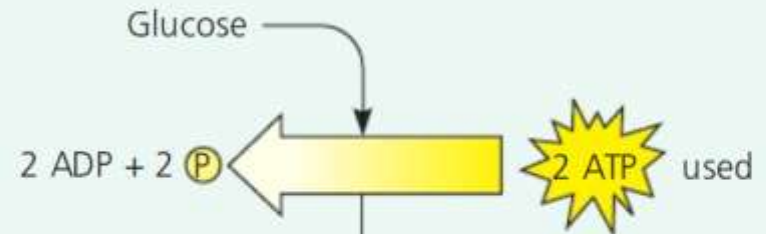
GLIKOLISIS

- Kata "glikolisis" berarti pemecahan gula.
- **Glukosa** adalah **gula enam karbon** (6C), yang dipecah menjadi dua gula tiga karbon (3C).
- Gula yang lebih kecil ini (3C) kemudian dioksidasi dan atom-atom yang tersisa disusun ulang untuk membentuk dua molekul **piruvat**.
- Piruvat adalah bentuk asam piruvat yang terionisasi.

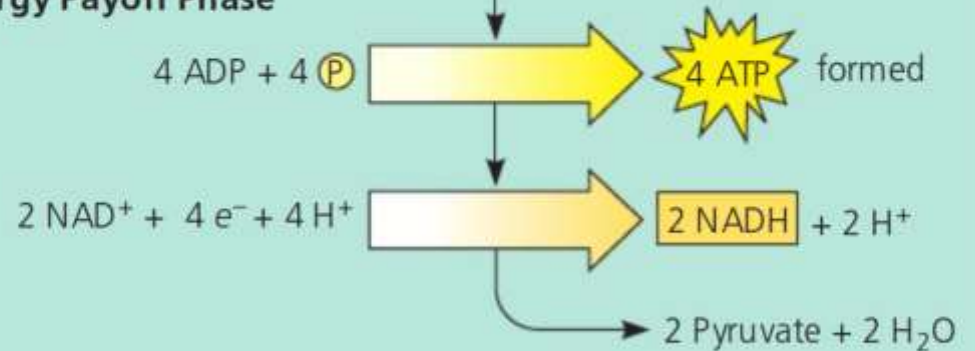
GLIKOLISIS



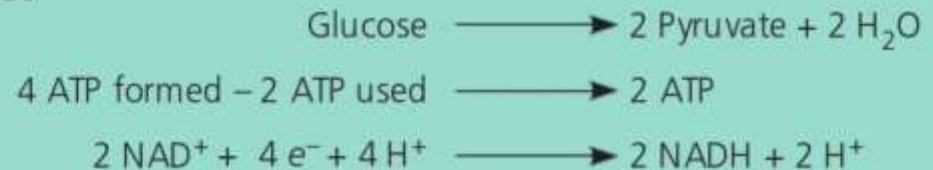
Energy Investment Phase



Energy Payoff Phase

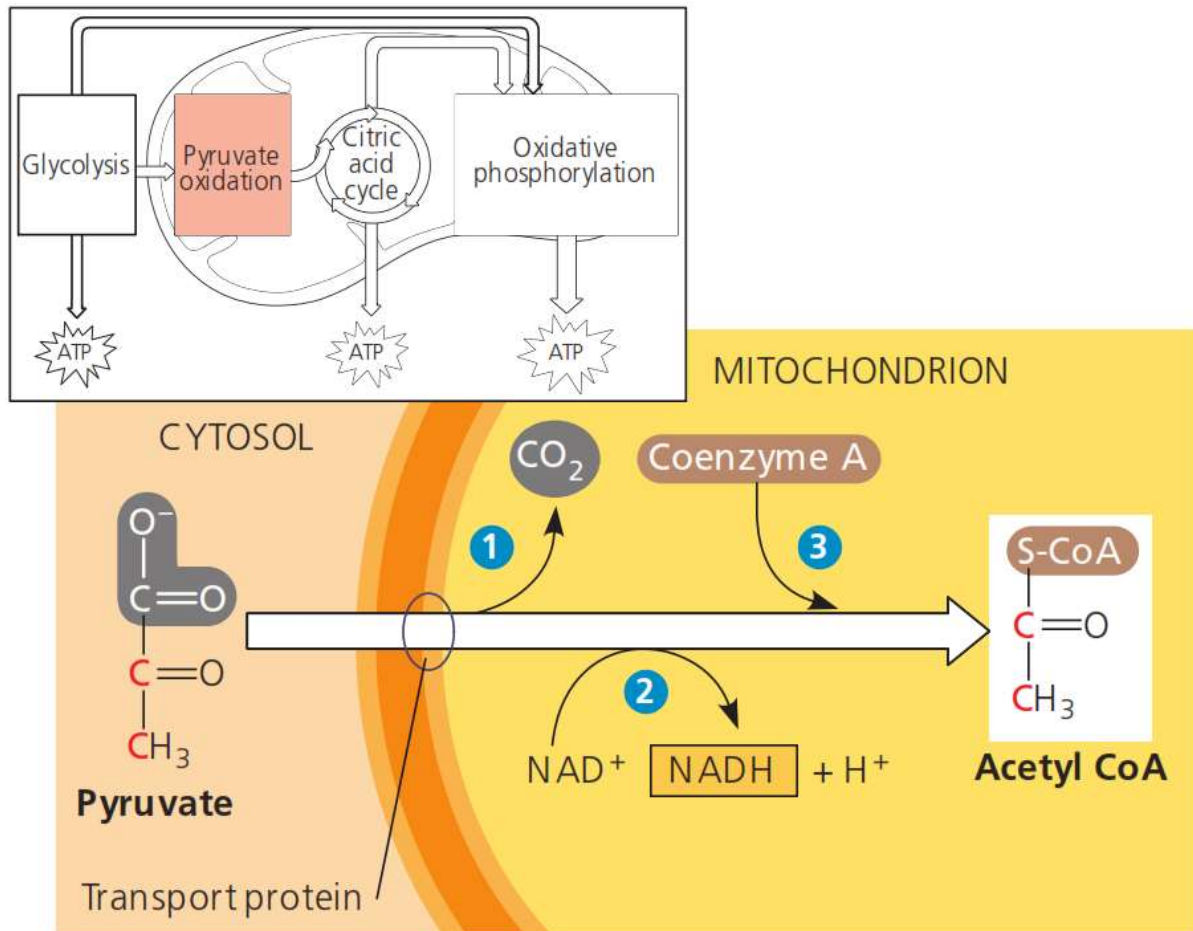


Net

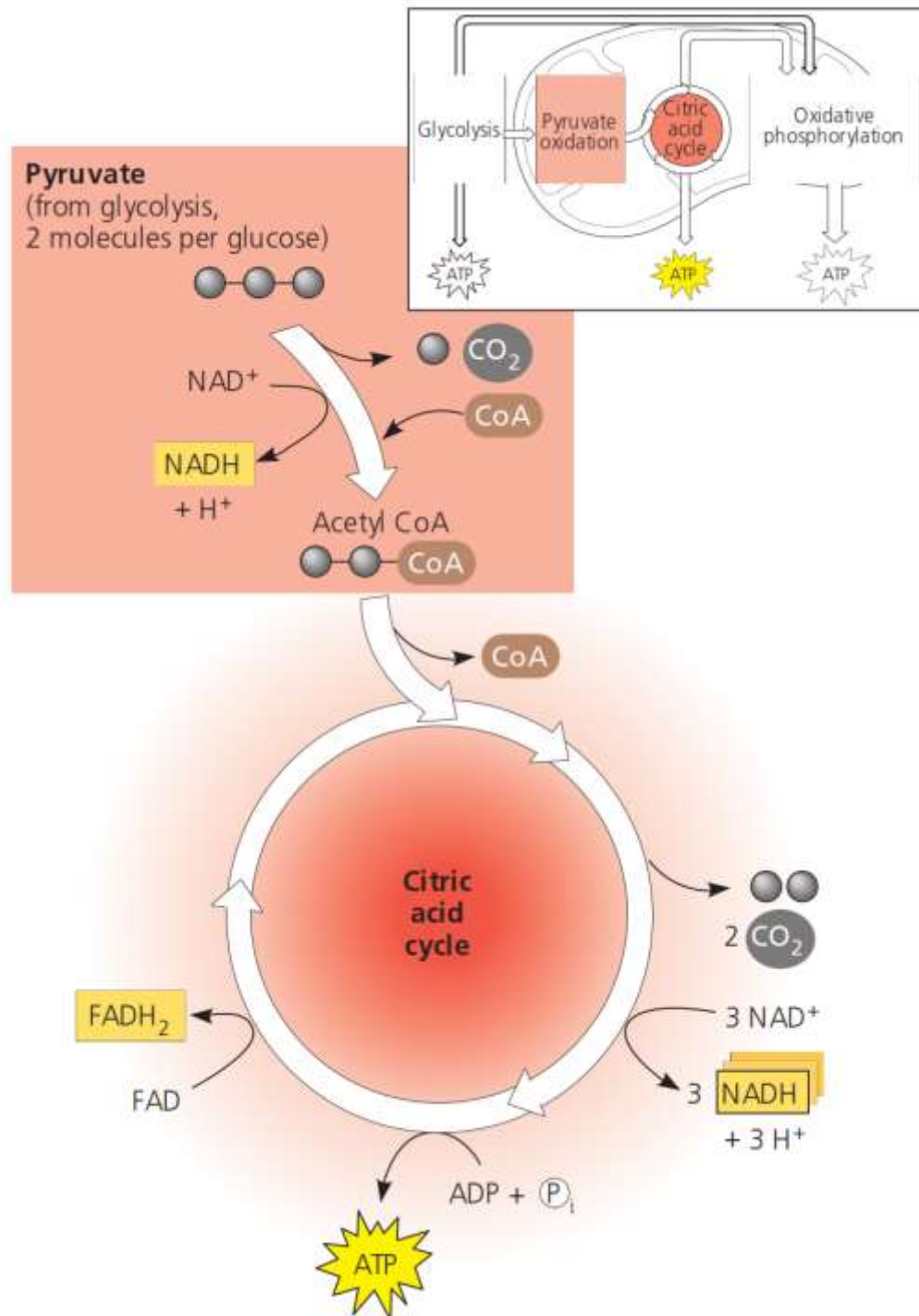


SIKLUS ASAM SITRAT (SIKLUS KREBS)

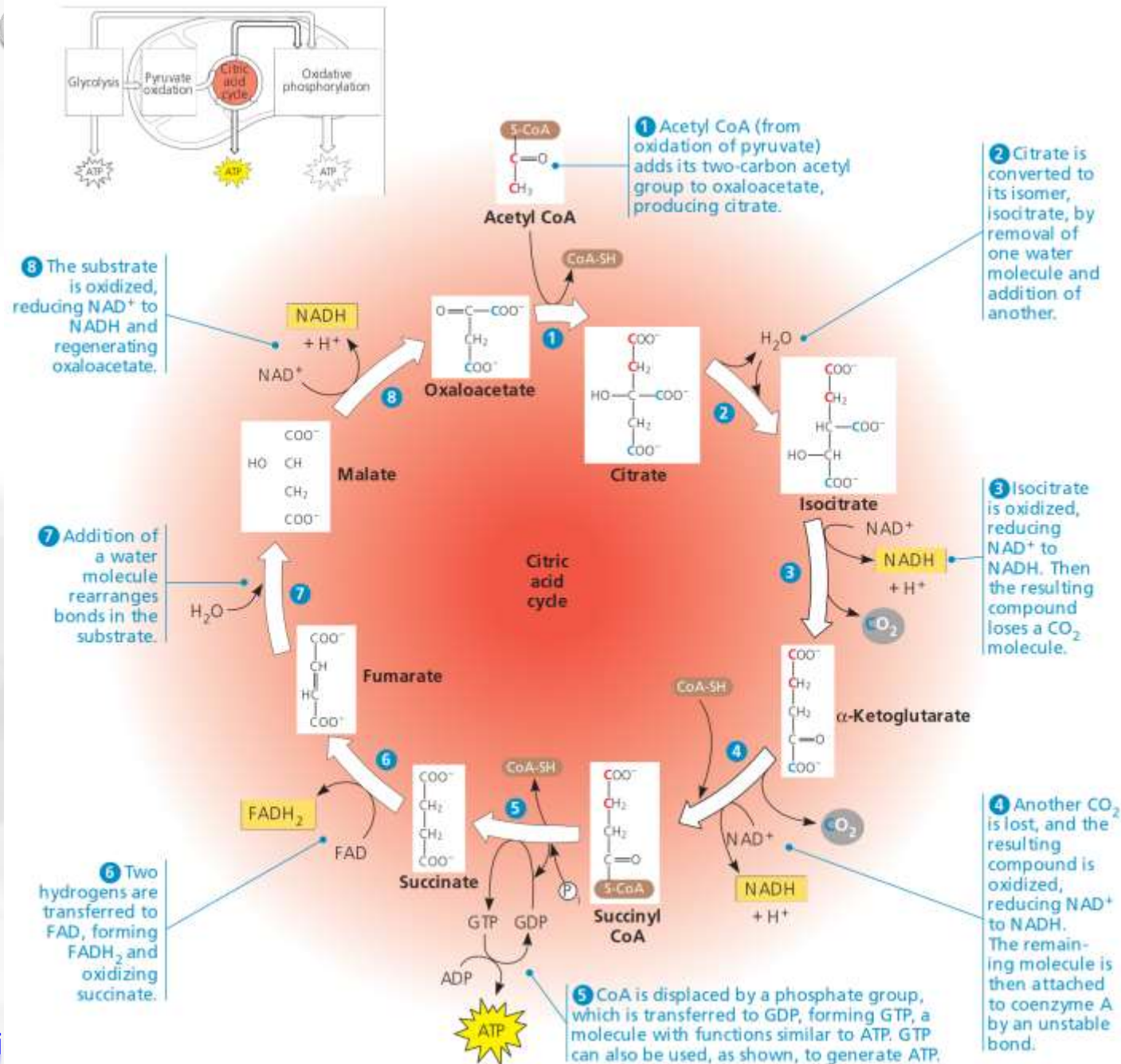
SIKLUS ASAM SITRAT



SIKLUS ASAM SITRAT

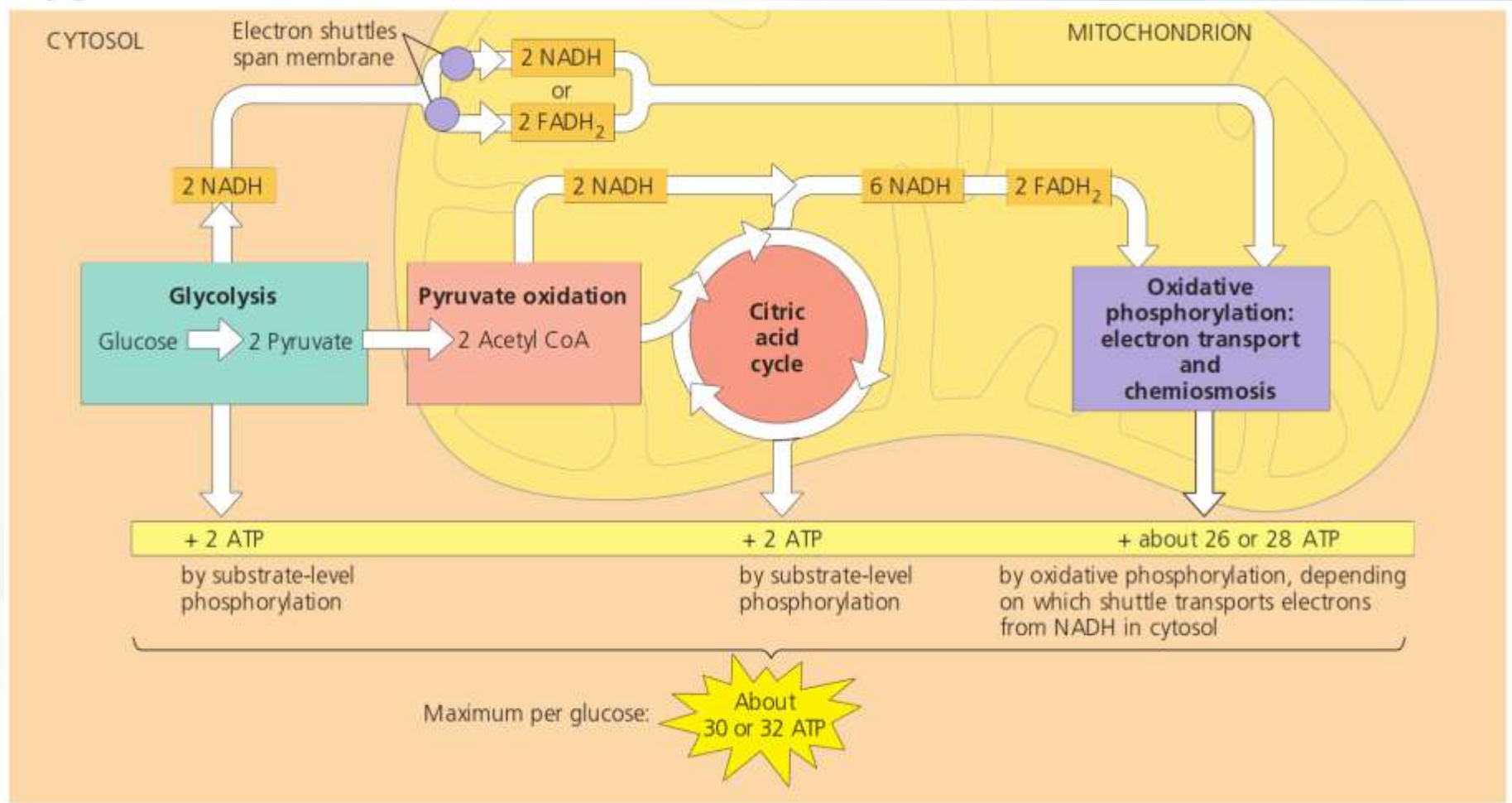


SIKLUS ASAM SITRAT



FOSFORILASI OKSIDATIF (RANTAI TRANSPOR ELEKTRON)

RANTAI TRANSPOR ELEKTRON



RESPIRASI ANAEROBIK: FERMENTASI

FERMENTASI

- Fermentasi terdiri dari glikolisis ditambah reaksi yang meregenerasi NAD^+ dengan mentransfer elektron dari NADH ke piruvat atau turunan piruvat.
- NAD^+ kemudian dapat digunakan kembali untuk mengoksidasi gula melalui glikolisis, yang menghasilkan dua molekul ATP melalui fosforilasi tingkat substrat.
- Dua jenis fermentasi yang umum: fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat.

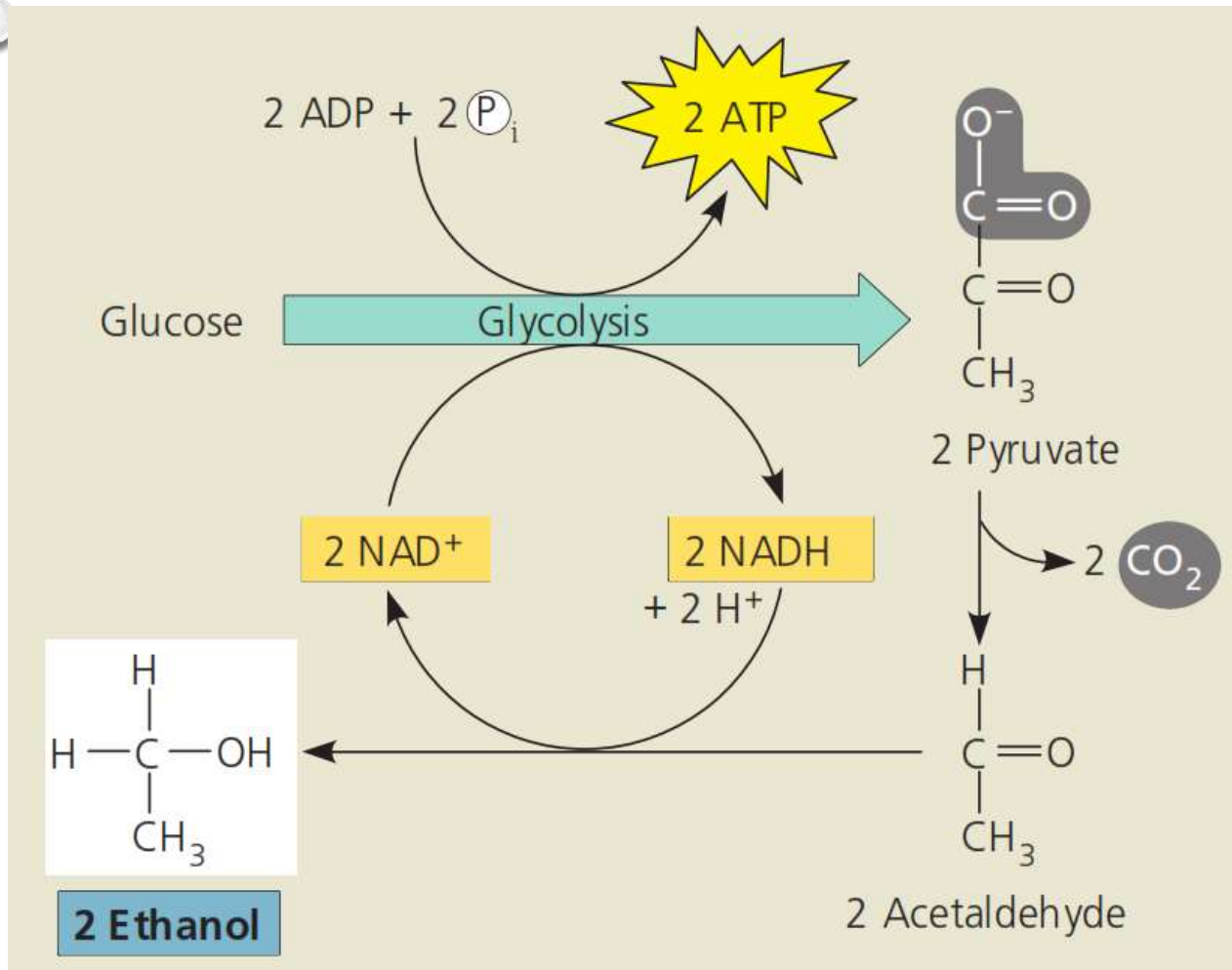
FERMENTASI ALKOHOL

- Dalam **fermentasi alkohol**, piruvat diubah menjadi **etanol (etil alkohol)** dalam dua langkah.
- (1) melepaskan karbon dioksida dari piruvat, yang diubah menjadi senyawa dua karbon asetaldehida.
- (2) asetaldehida direduksi oleh NADH menjadi etanol.
- Hal ini menghasilkan kembali pasokan NAD^+ yang dibutuhkan untuk kelanjutan glikolisis.
- Banyak bakteri melakukan fermentasi alkohol dalam kondisi anaerobik.
- Ragi (sejenis jamur) juga melakukan fermentasi alkohol.

FERMENTASI ALKOHOL

- Selama ribuan tahun, manusia telah menggunakan ragi dalam pembuatan bir, pembuatan anggur, dan pembuatan roti.
- Gelembung CO_2 yang dihasilkan oleh ragi roti selama fermentasi alkohol memungkinkan roti mengembang.

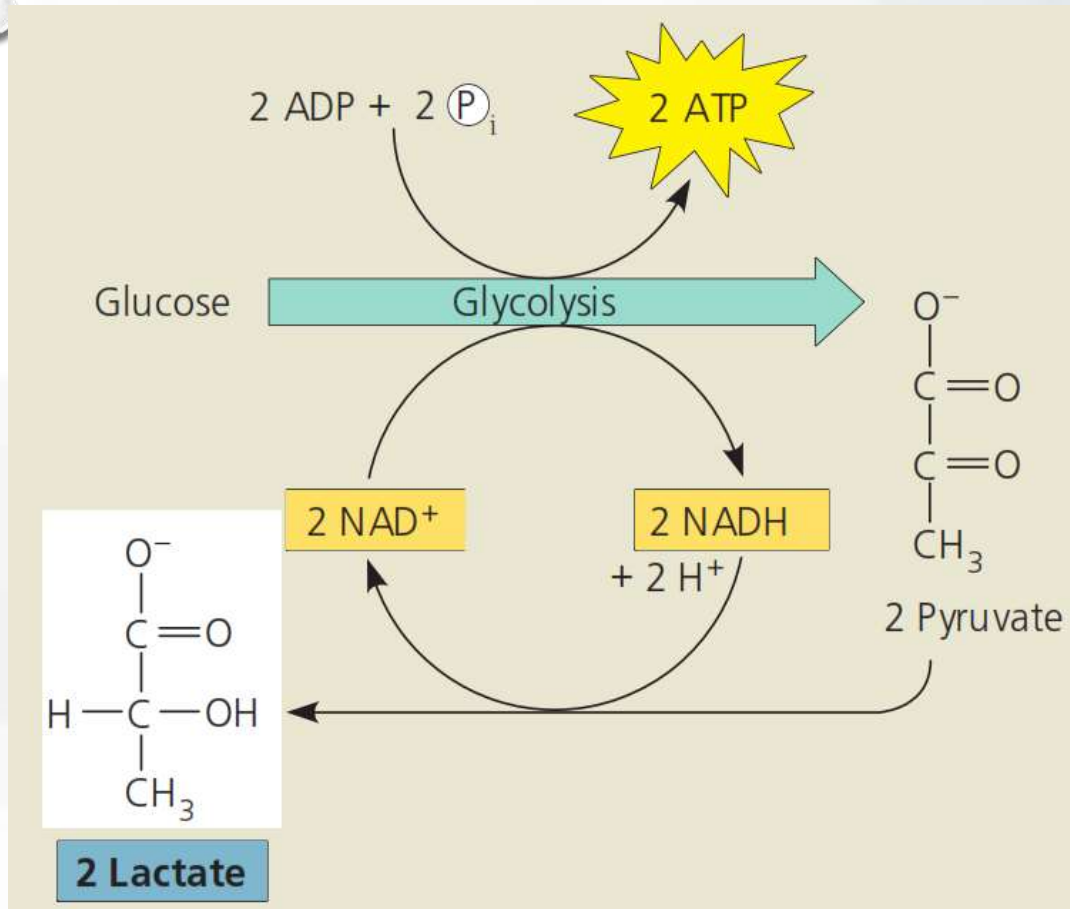
FERMENTASI ALKOHOL



FERMENTASI ASAM LAKTAT

- Selama **fermentasi asam laktat**, piruvat direduksi secara langsung oleh NADH untuk membentuk laktat sebagai produk akhir, tanpa melepaskan CO_2 .
- Laktat adalah bentuk asam laktat yang terionisasi.
- Fermentasi asam laktat oleh jamur dan bakteri tertentu digunakan dalam industri susu untuk membuat keju dan yogurt.

FERMENTASI ASAM LAKTAT



FERMENTASI ASAM LAKTAT

- **Sel otot** manusia membuat **ATP melalui fermentasi asam laktat** saat oksigen tidak ada.
- Hal ini terjadi selama tahap awal latihan berat, saat katabolisme gula untuk produksi ATP melampaui pasokan oksigen otot dari darah.
- Dalam kondisi ini, sel beralih dari respirasi aerobik ke fermentasi.
- **Laktat** yang terakumulasi sebelumnya dianggap **menyebabkan kelelahan dan nyeri otot**, tetapi penelitian terbaru menunjukkan bahwa peningkatan kadar ion kalium (K^+) mungkin menjadi penyebabnya, sementara laktat tampaknya meningkatkan kinerja otot.

RESPIRASI AEROBIK - ANAEROBIK

