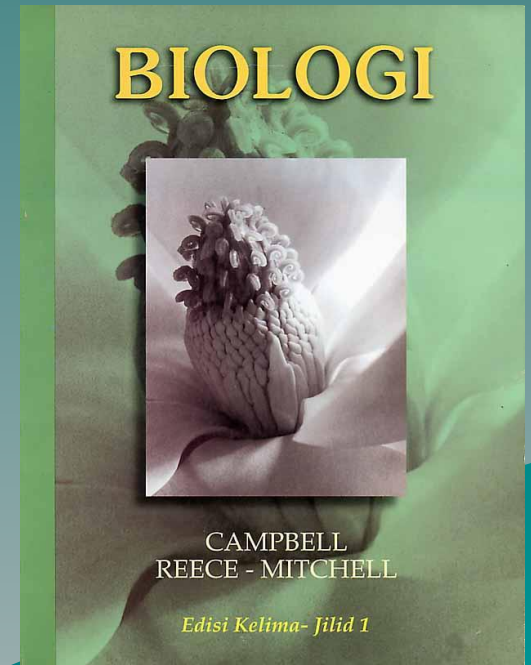


BIOLOGI

Edisi Kelima

Campbell

Reece Mitchell



BAB 1

PENDAHULUAN: TEMA-TEMA DALAM MEMPELAJARI KEHIDUPAN

◆ **Keteraturan Hirarkis Kehidupan**

- Dunia kehidupan merupakan suatu **hirarki**
- Setiap tingkat struktur biologis memiliki **sifat-sifat baru**
- **Sel** adalah unit dasar dari struktur dan fungsi suatu organisme
- Kelangsungan kehidupan didasarkan pada **DNA**
- **Struktur dan fungsi** saling berkorelasi
- Organisme merupakan **sistem terbuka**
- **Mekanisme pengatur** memastikan keseimbangan dinamis

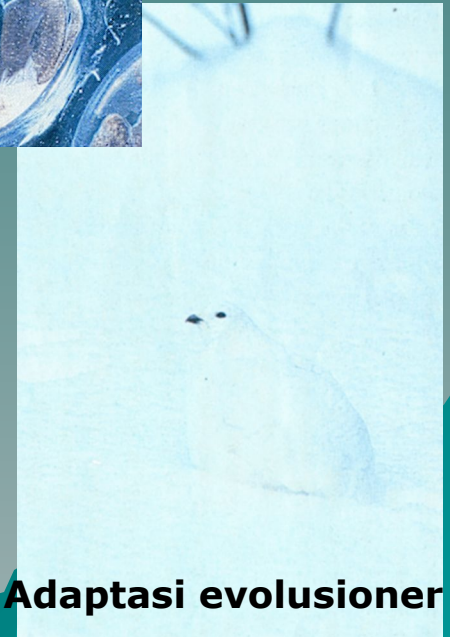
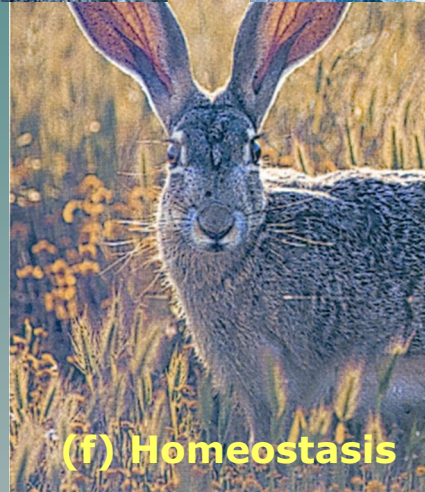
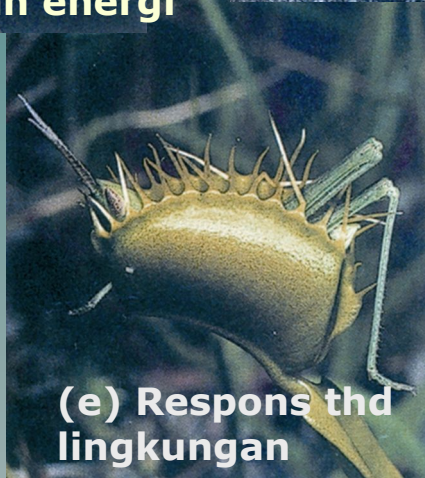
◆ **Evolusi, Kesatuan, dan Keragaman**

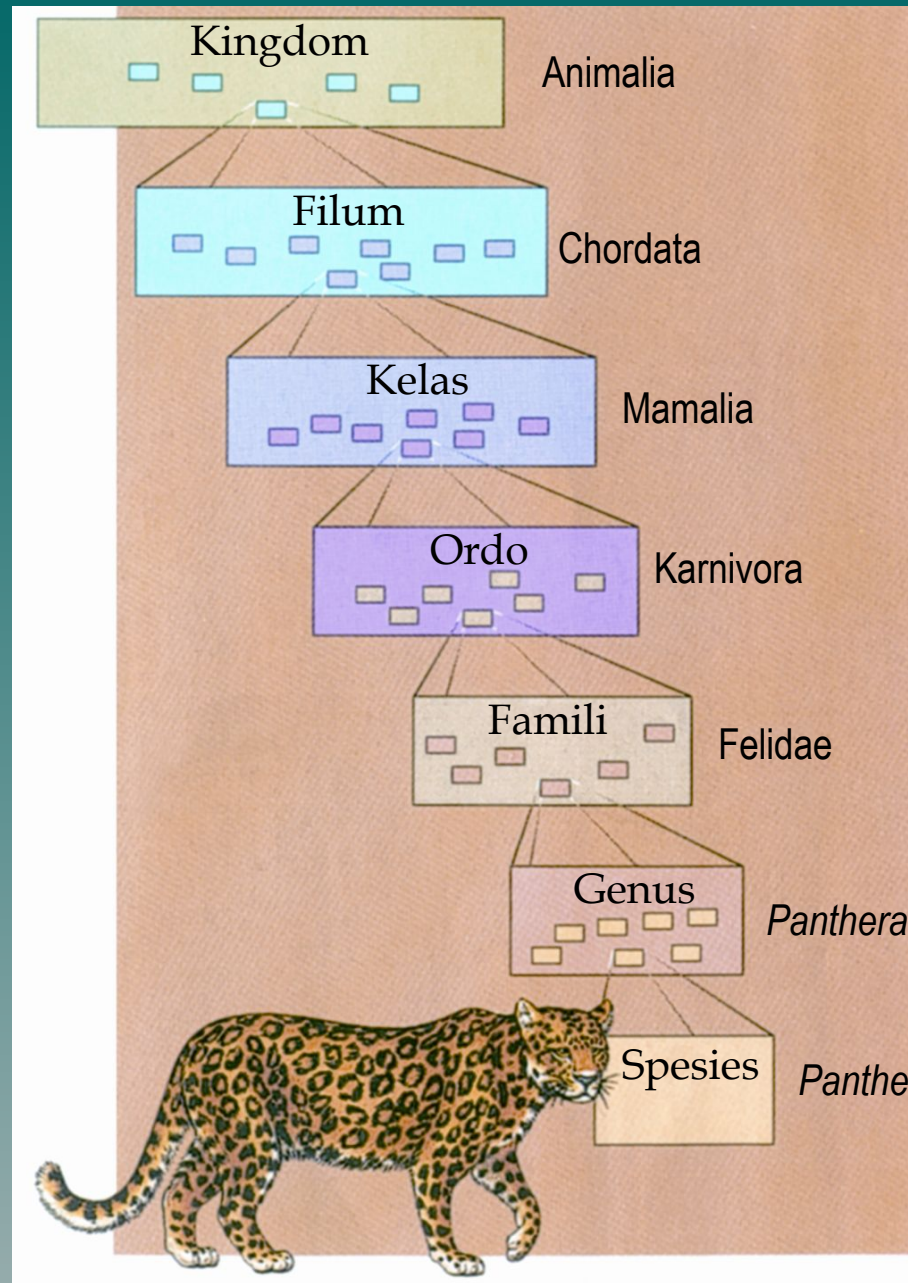
- **Keragaman dan kesatuan** merupakan dua sisi kehidupan
- **Evolusi** merupakan tema utama Biologi

◆ **Sains sebagai Proses**

- **Hipotesis** yang dapat diuji adalah ciri utama proses ilmiah
- **Sains dan teknologi** merupakan fungsi kemasyarakatan
- Biologi adalah petualangan **multidisipliner**

Beberapa ciri kehidupan





Klasifikasi kehidupan

Skema taksonomik ini mengklasifikasi spesies (jenis) ke dalam kelompok-kelompok kecil yang menjadi bagian dari kelompok lebih luas. Spesies yang sangat serupa ditempatkan dalam genus (marga) yang sama, genus dikelompokkan ke dalam famili (keluarga) dan seterusnya, dengan tiap tingkat klasifikasi menjadi semakin luas dibandingkan kelompok anggotanya. Contoh ini menunjukkan klasifikasi spesies *Panthera pardus*, macan tutul.

D
o
m
a
i
n

k
e
h
i
d
u
p
a
n

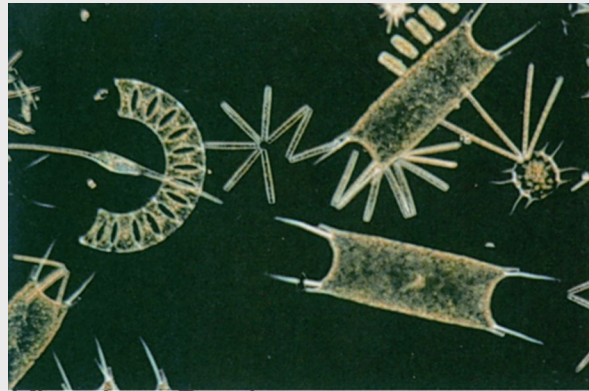
Domain Bakteri



Domain Archaea



Domain Eukarya



Kingdom Protista



Kingdom Plantae




Kingdom Fungi



Kingdom Animalia

UNIT SATU

KIMIA KEHIDUPAN

- ◆ BAB 2. Konteks Kimiawi Kehidupan
 - ◆ BAB 3. Air dan Kelestarian Lingkungan
 - ◆ BAB 4. Karbon dan Keragaman Molekuler Kehidupan
 - ◆ BAB 5. Struktur dan Fungsi Makromolekul
 - ◆ BAB 6. Pengantar Metabolisme
- 

BAB 2.

KONTEKS KIMIAWI KEHIDUPAN

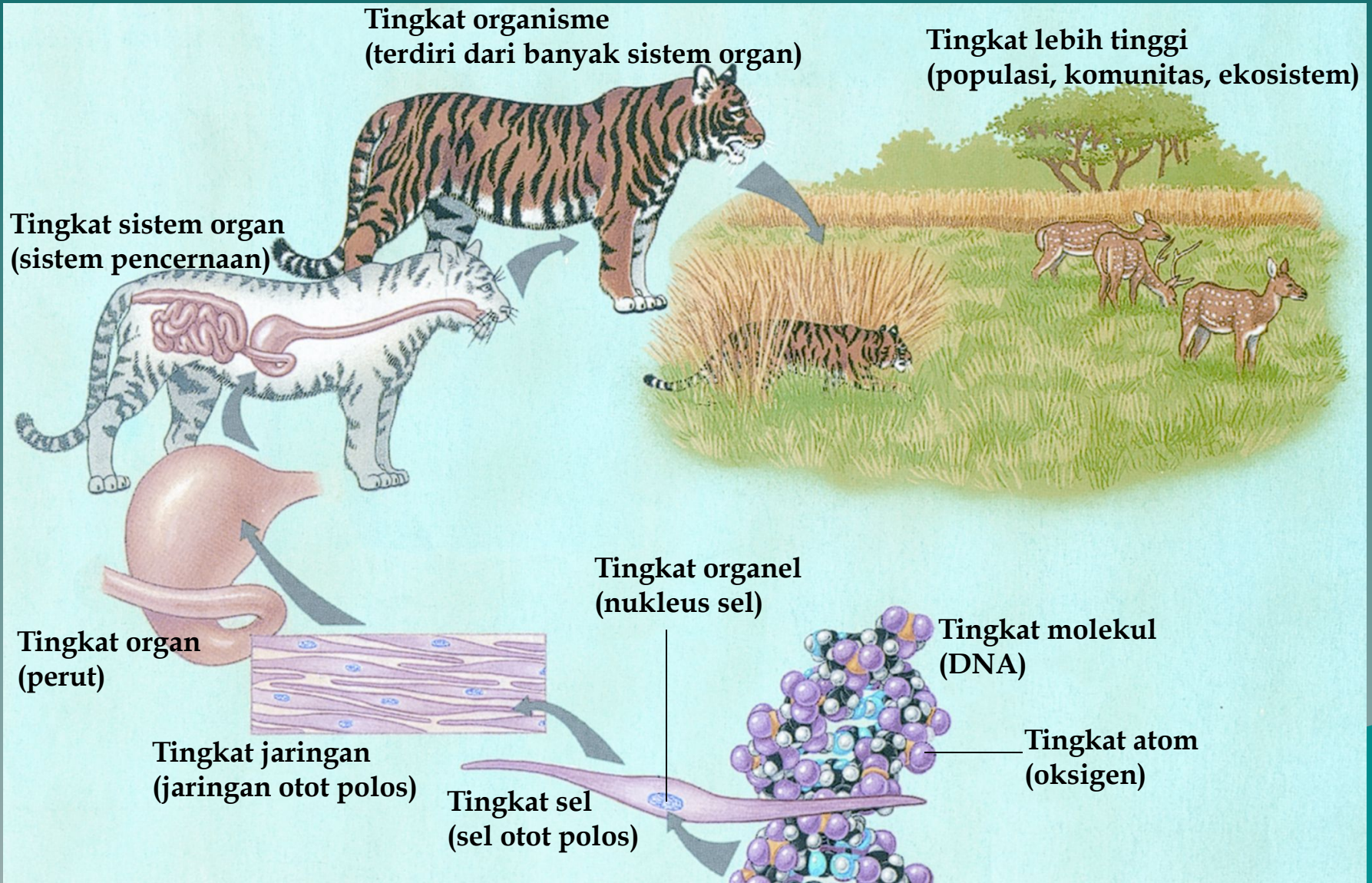
◆ Unsur dan Senyawa Kimiawi

- Materi terdiri atas unsur kimiawi
- Kehidupan membutuhkan kira-kira 25 unsur kimiawi

◆ Atom dan Molekul

- Struktur atom menentukan perilaku suatu unsur
- Atom-atom bergabung melalui ikatan kimiawi untuk membentuk molekul
- Ikatan kimiawi yang lemah berperan penting dalam kimia kehidupan
- Fungsi biologis suatu molekul terkait dengan bentuknya
- Reaksi kimiawi membentuk dan memutus ikatan kimiawi

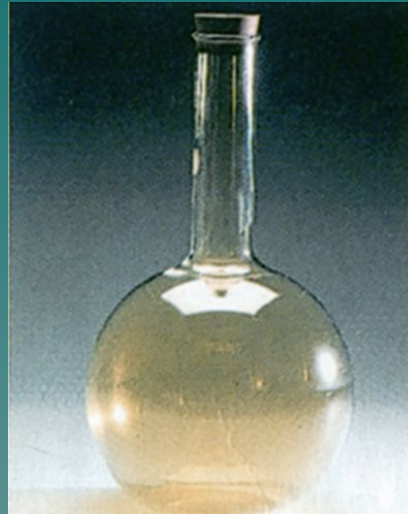
Hirarki keteraturan biologis



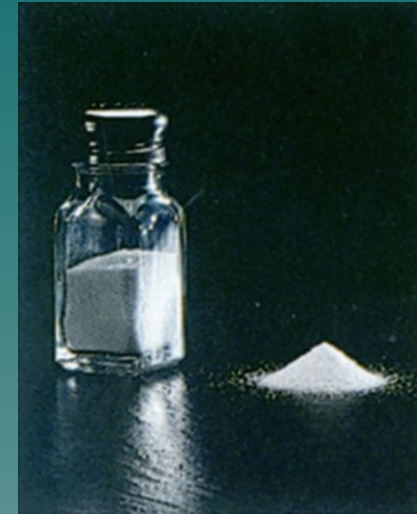
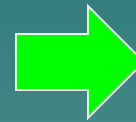
Sifat-sifat baru suatu senyawa



Natrium



Klorin

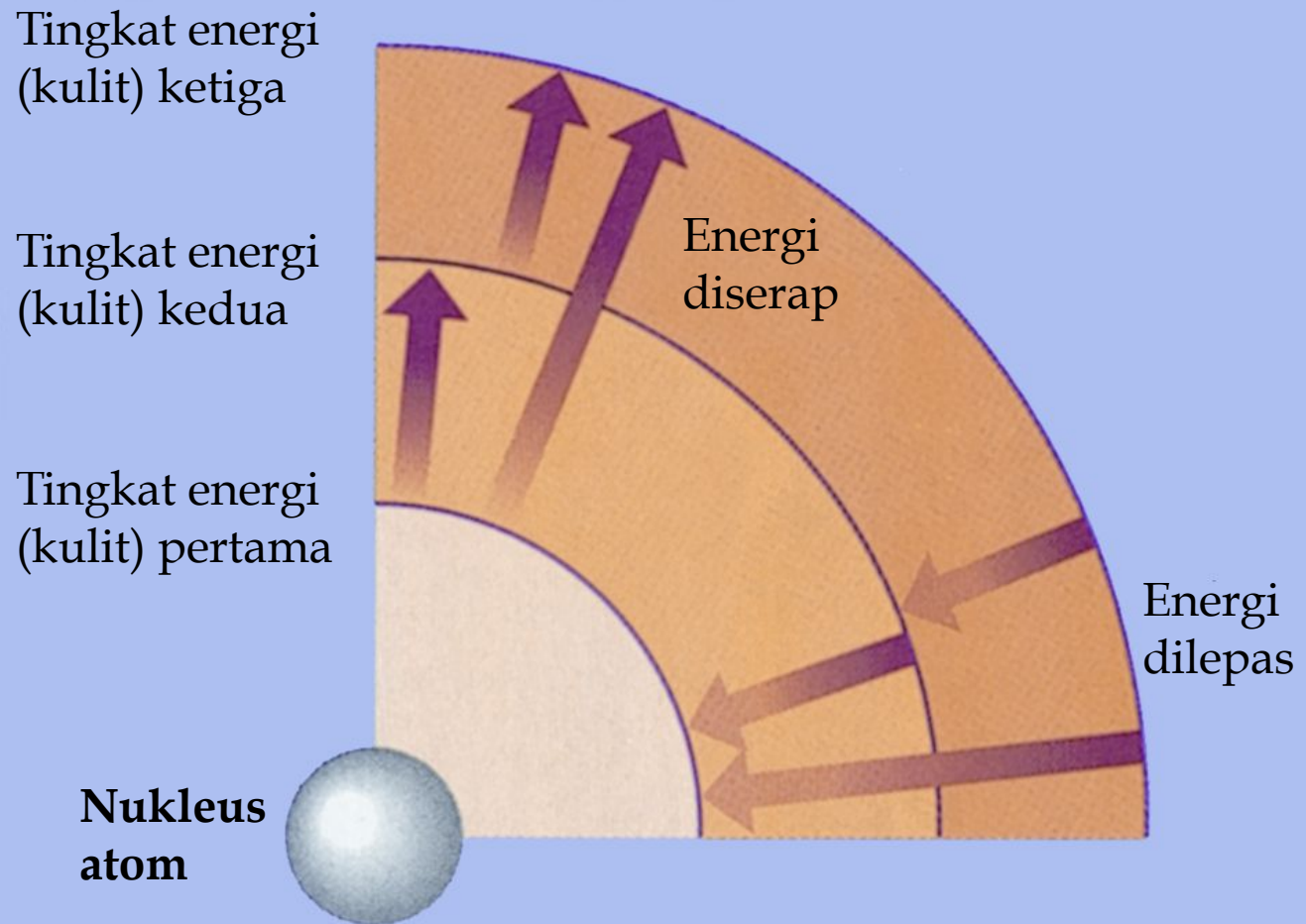


Natrium klorida

Natrium yang berupa logam bergabung dengan gas klorin yang beracun membentuk senyawa natrium klorida, atau garam dapur, yang dapat dimakan.

Tingkat-tingkat energi dari elektron suatu atom

Elektron terdapat hanya pada tingkat-tingkat energi potensial yang tetap. Elektron dapat berpindah dari satu tingkat ke tingkat lain hanya jika energi yang diperoleh atau dilepaskannya persis sama dengan selisih energi antara kedua tingkat tersebut. Tingkat energi ini juga disebut kulit elektron.



Orbital elektron

Orbital elektron

Orbital 1s
(2e)



Orbital 2s
(2e)



Orbital 2p (2e)

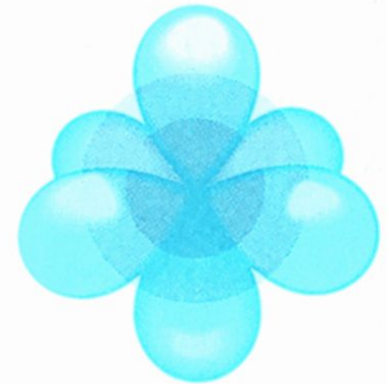
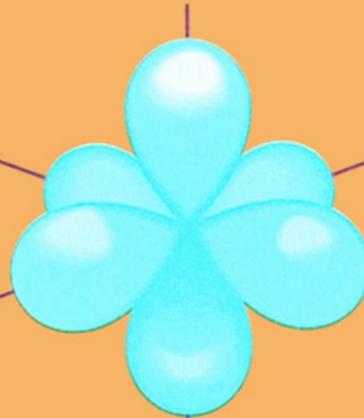
2p (2e)

x

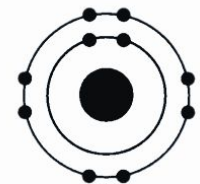
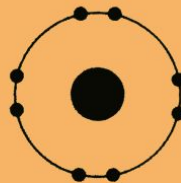
2p (2e)

y

z

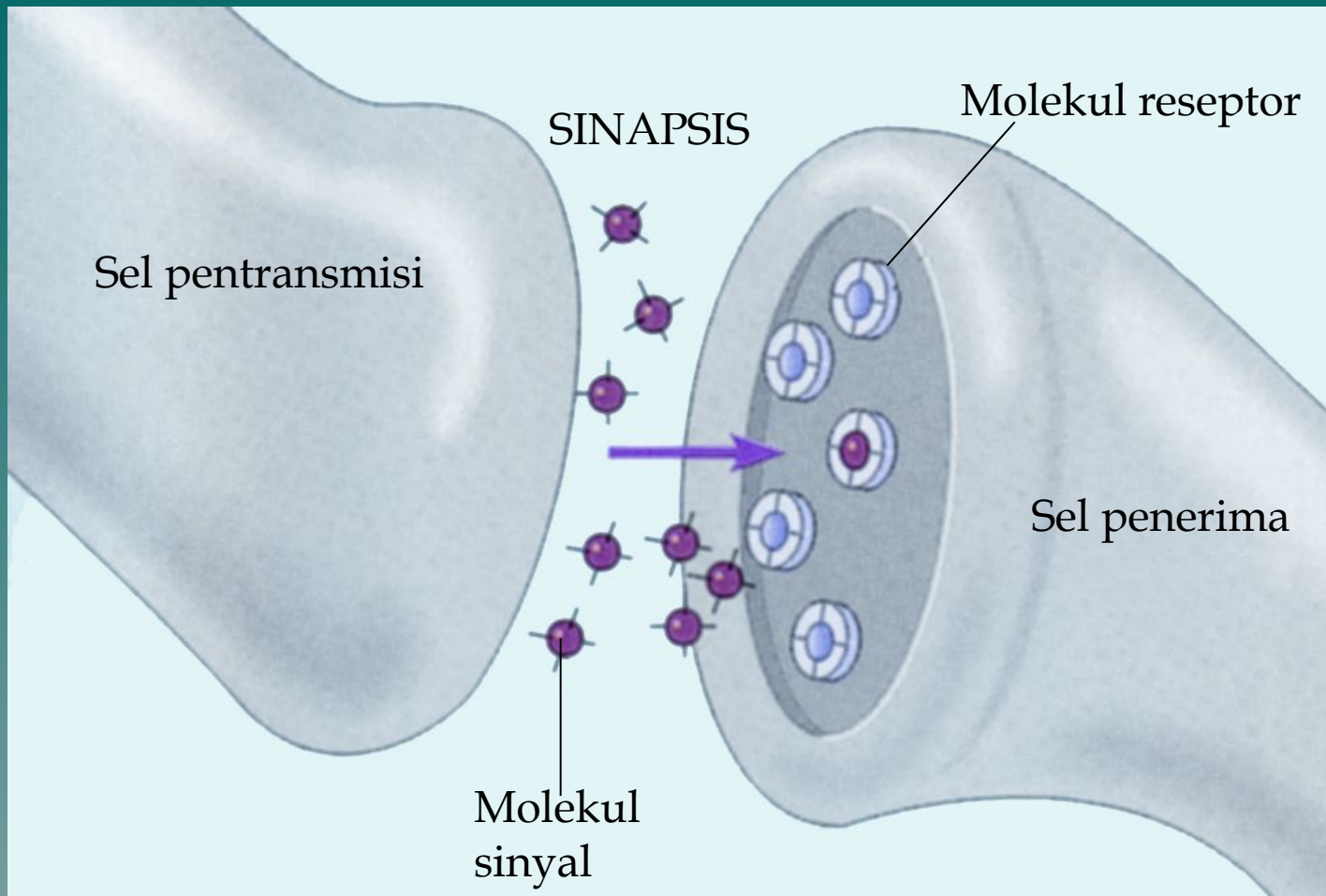


Kulit elektron setara



(a) Orbital 1s (b) Orbital 2s dan 2p

(c) Neon (${}_{10}\text{Ne}$): 1s, 2s, dan 2p



Bentuk molekul dan kimia otak

Satu sel saraf di otak memberi sinyal ke sel saraf lain dengan melepas molekul yang bentuknya berkomplemen dengan bentuk molekul reseptor yang terletak pada permukaan sel penerimanya. Molekul sinyal lewat melalui celah sempit (sinapsis) antara kedua sel saraf tersebut dan menempel pada reseptor melalui ikatan yang lemah.

BAB 3.

AIR DAN KELESTARIAN LINGKUNGAN

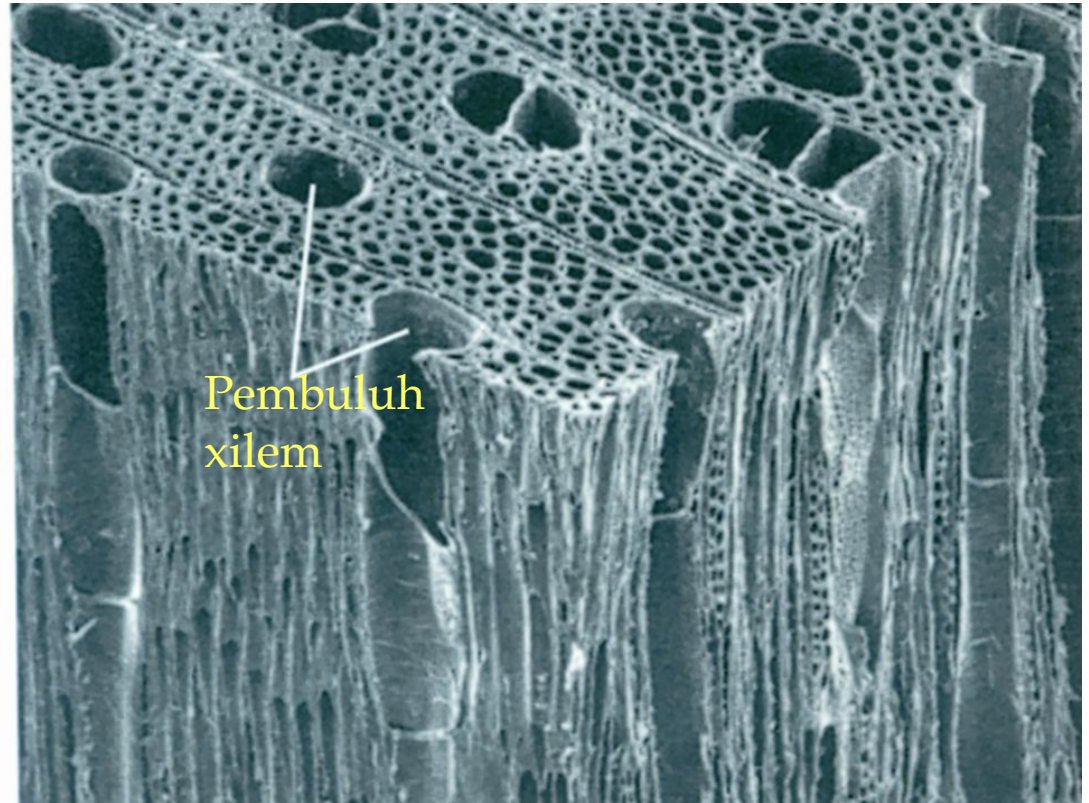
◆ Pengaruh Polaritas Air

- Polaritas molekul air menghasilkan **ikatan hidrogen**
- Organisme bergantung pada **kohesi** molekul-molekul air
- Air **mengatur suhu** di Bumi
- Lautan dan danau tidak membeku menjadi padatan karena **es mengapung**
- Air adalah **pelarut** kehidupan

◆ Atom dan Molekul

- Organisme bersifat peka terhadap **perubahan pH**
- **Pengendapan asam** mengancam kelestarian lingkungan

Transpor air pada tumbuhan



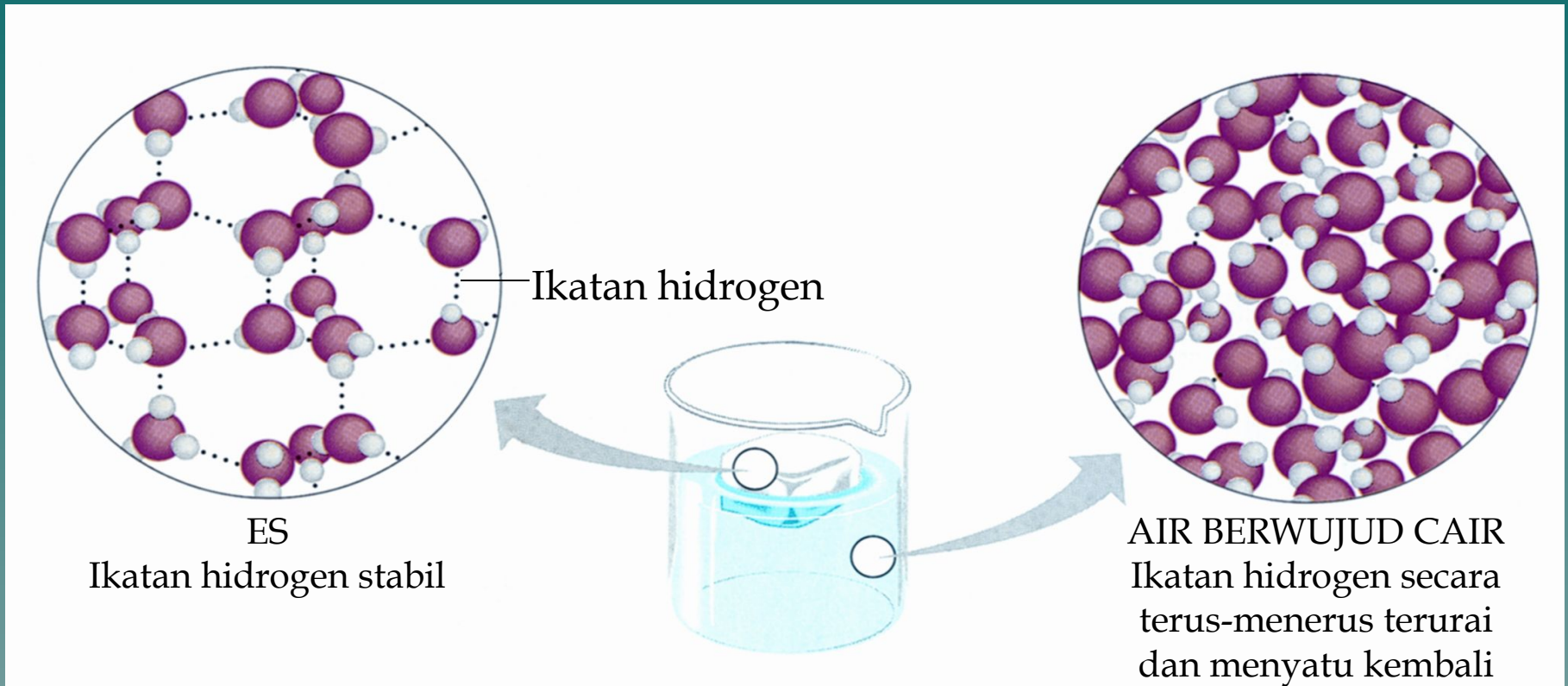
Penguapan dari daun menarik air dari akar ke atas melalui tabung-tabung mikroskopik yang disebut pembuluh xilem, yang berada pada batang pohon. Kohesi akibat adanya ikatan hidrogen membuat air dalam suatu pembuluh tetap bersatu. Adhesi air dalam pembuluh juga membantu melawan tarikan ke bawah akibat gravitasi.

Berjalan di atas air



Tegangan permukaan air yang tinggi akibat kekuatan gabungan dari ikatan-ikatan hidrogennya, membuat serangga ini mampu berjalan di permukaan kolam tanpa memecahkan lapisan permukaan air yang dipijaknya.

Struktur es



Tiap molekul saling berikatan hidrogen dengan empat molekul di sekitarnya dalam suatu kristal tiga dimensi dengan saluran terbuka. Karena ikatan hidrogen membuat kristal menjadi renggang, es mengandung lebih sedikit molekul dibandingkan dengan air pada volume yang sama. Dengan kata lain, air dalam wujud cair lebih padat daripada es.

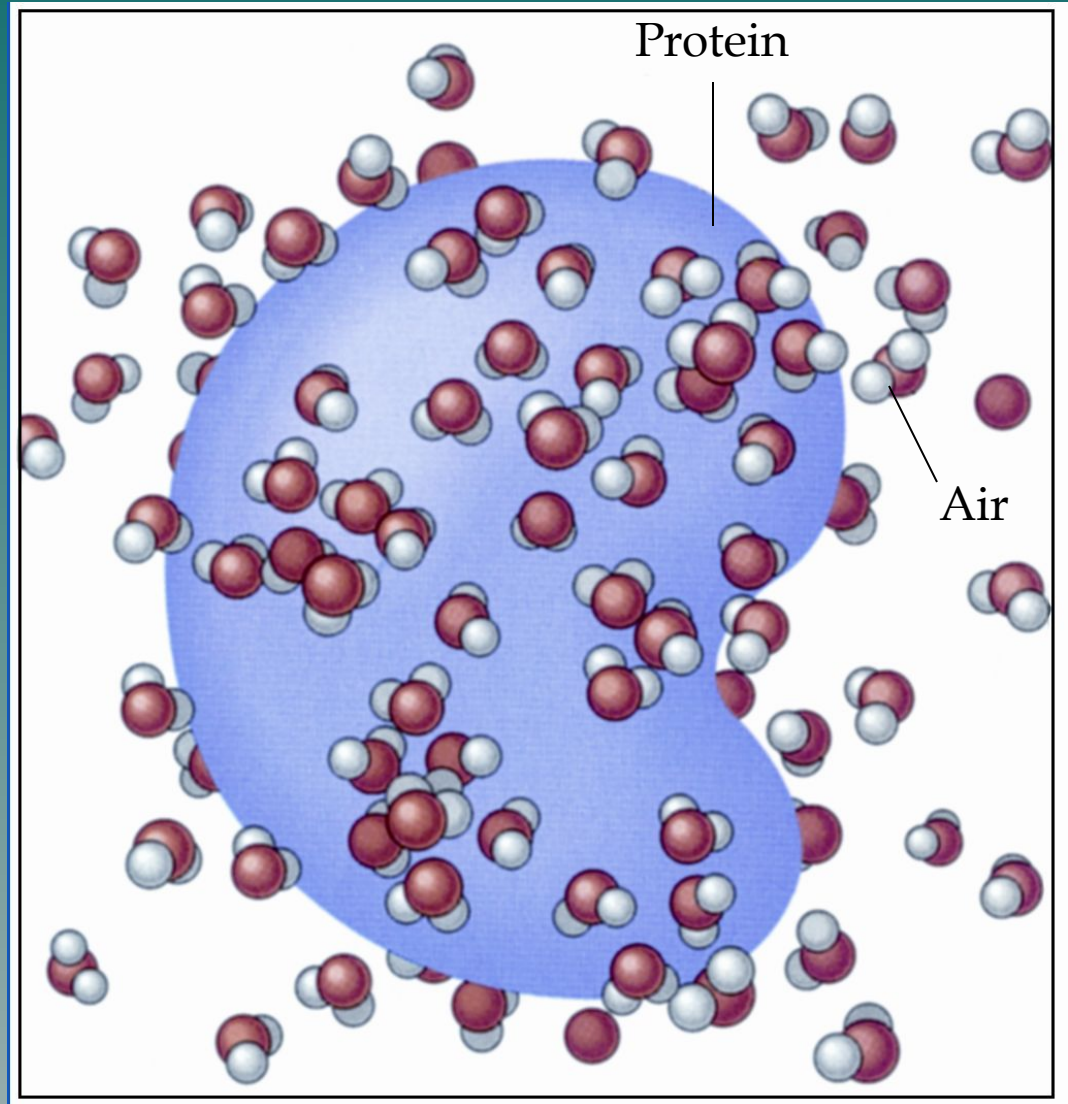


Es yang mengapung dan kelestarian lingkungan

Es yang mengapung menjadi pembatas yang melindungi air di bawahnya dari udara dingin. Ini adalah invertebrata yang disebut *krill*, diambil gambarnya di bawah es Antartika.

Protein yang terlarut dalam air

Molekul sebesar protein tetap dapat larut dalam air jika molekul tersebut memiliki cukup daerah ionik dan daerah polar pada permukaannya. Massa ungu di sini mewakili suatu molekul protein tunggal, dengan molekul-molekul air di sekelilingnya.



BAB 4.

KARBON DAN KERAGAMAN MOLEKULER KEHIDUPAN

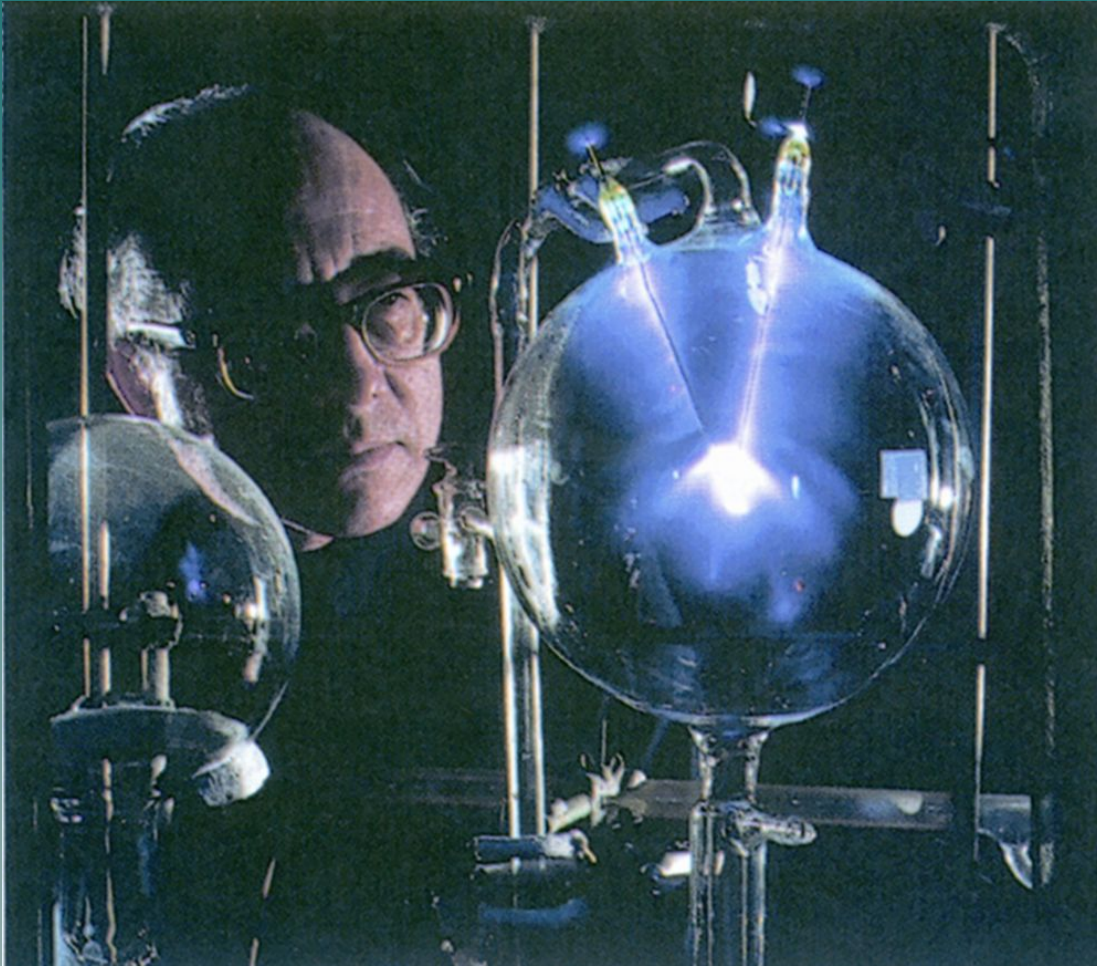
◆ Peran penting karbon

- **Kimia organik** adalah kajian mengenai senyawa karbon
- Atom karbon adalah **blok penyusun molekul** yang paling banyak digunakan
- **Variasi kerangka karbon** berperan dalam keragaman molekul organik

◆ Gugus fungsional

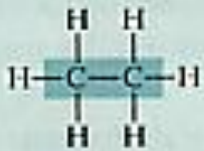
- **Gugus fungsional** juga berperan dalam keragaman molekuler kehidupan
- Unsur kimiawi kehidupan: *tinjauan*

Sintesis abiotik senyawa organik pada kondisi “Bumi awal”

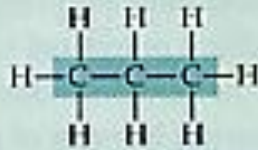


Stanley Miller melakukan kembali percobaan simulasi laboratoriumnya yang menunjukkan bahwa kondisi lingkungan pada Bumi awal yang tanpa kehidupan, memungkinkan terjadinya sintesis beberapa molekul organik secara spontan.

Variasi kerangka karbon

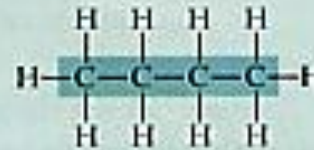


ETANA

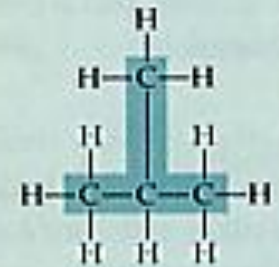


PROPANA

Bervariasi panjangnya

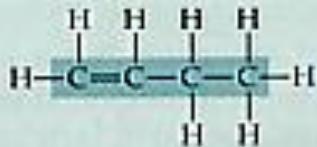


BUTANA

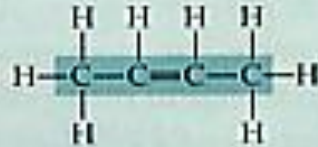


ISOBUTANA

Bercabang atau tidak bercabang



1-BUTENA

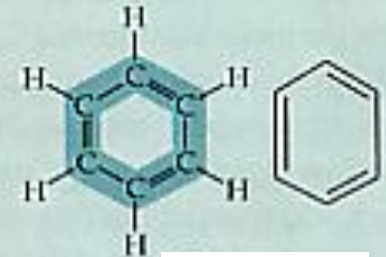


2-BUTENA

Mungkin memiliki ikatan ganda yang lokasinya bervariasi



SIKLOHEKSANA



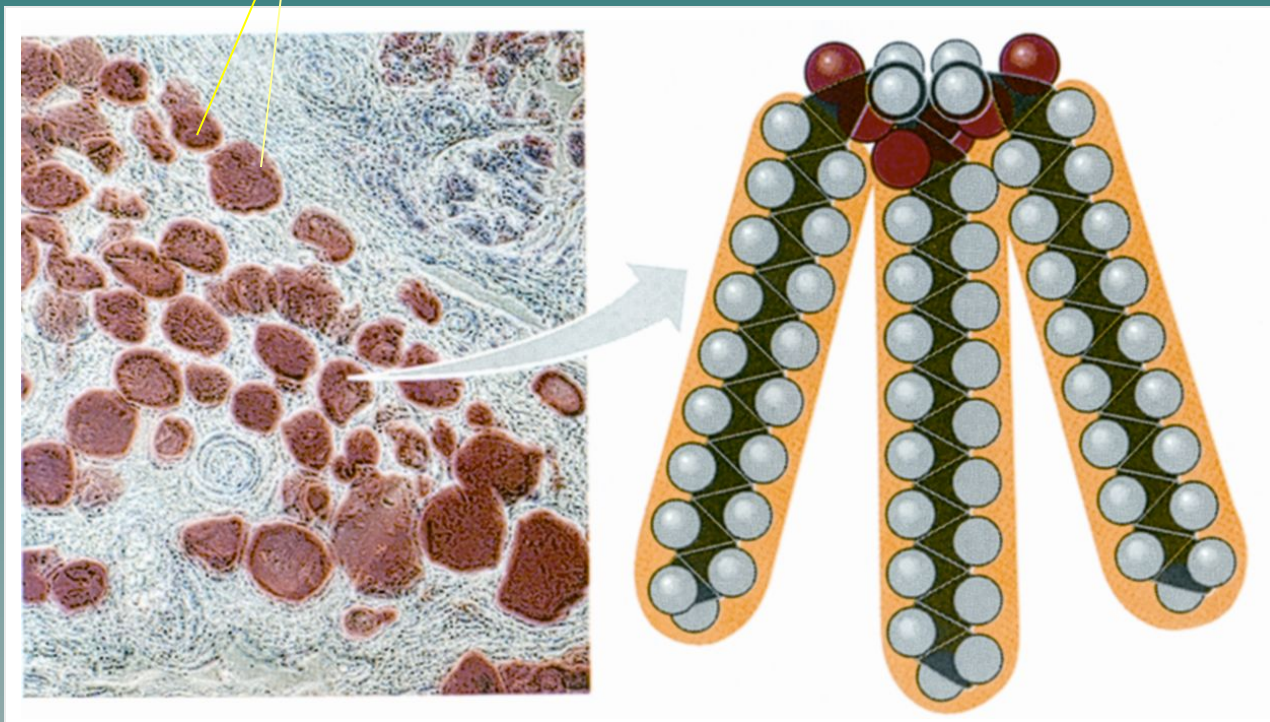
BENZENA

Beberapa membentuk cincin (rumus struktur singkat mengabaikan karbon sudut dan hidrogen).

Hidrokarbon, molekul organik yang hanya terdiri atas karbon dan hidrogen, menggambarkan keragaman kerangka karbon molekul organik.

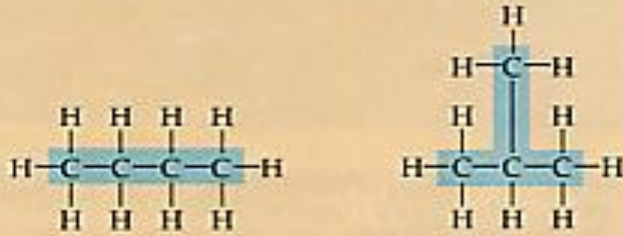
Peran hidrokarbon dalam menentukan karakteristik lemak

Sel adiposa

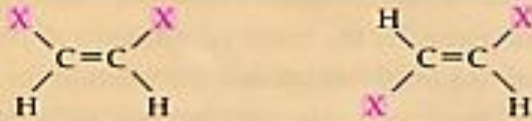


Manusia dan mamalia lain menumpuk lemak pada sel khusus yang disebut sel adiposa. Gambar di sampingnya adalah model pengisian ruang molekul lemak (hitam = C; abu-abu = H; merah = O). Ikatan hidrokarbon adalah nonpolar, yang menyebabkan perilaku hidrofobik lemak.

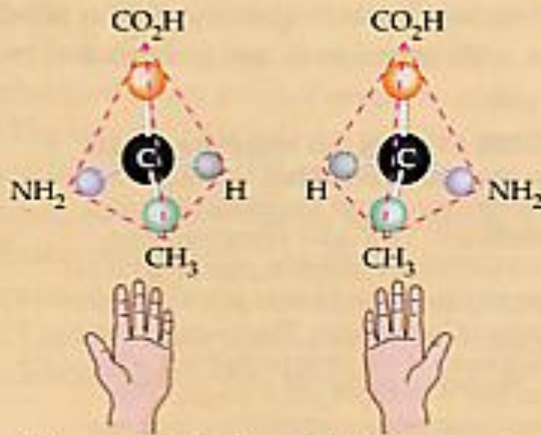
Tiga jenis isomer



Isomer struktural: variasi dalam pasangan kovalen



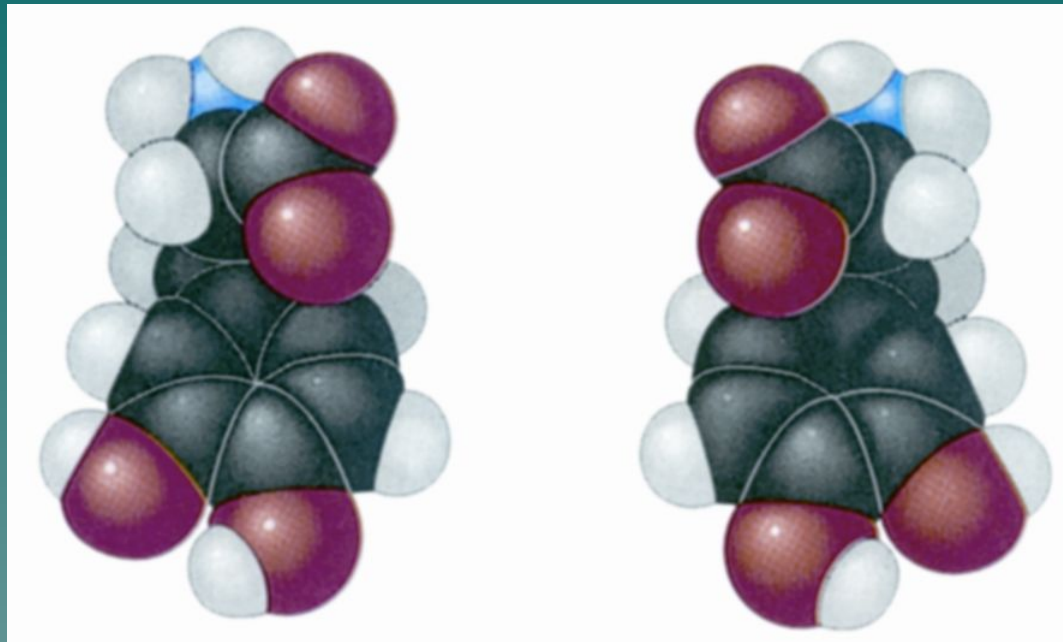
Isomer geometrik: variasi pengaturan di sekitar ikatan ganda



Enantiomer: variasi pengaturan spasial di sekitar suatu karbon asimetrik

Senyawa-senyawa dengan rumus molekul yang sama namun dengan struktur yang berbeda, yaitu isomer, adalah sumber keragaman dalam molekul organik.

Pentingnya enantiomer bagi farmakologi



L-DOPA

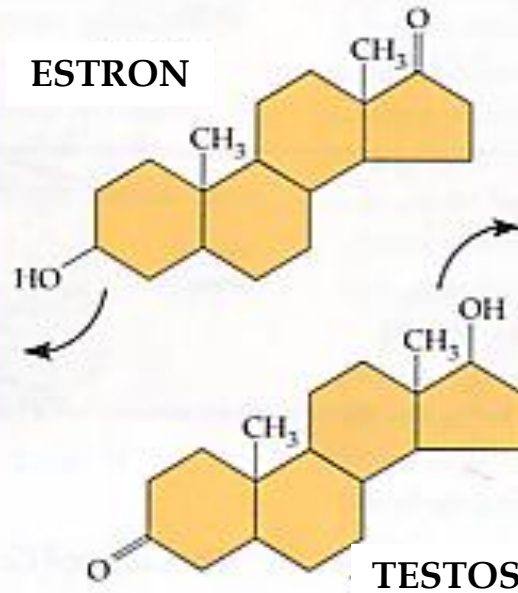
(efektif mengobati penyakit
Parkinson)

D-DOPA

(inaktif secara biologis)

L-dopa adalah suatu obat yang digunakan untuk mengobati penyakit Parkinson, suatu kelainan sistem saraf pusat. Enantiomer obat itu, molekul bayangan cermin yang diberi kode D-dopa, tidak memiliki efek pada pasien.

Perbandingan antara gugus fungsional hormon seks betina (estron) dan jantan (testosteron)



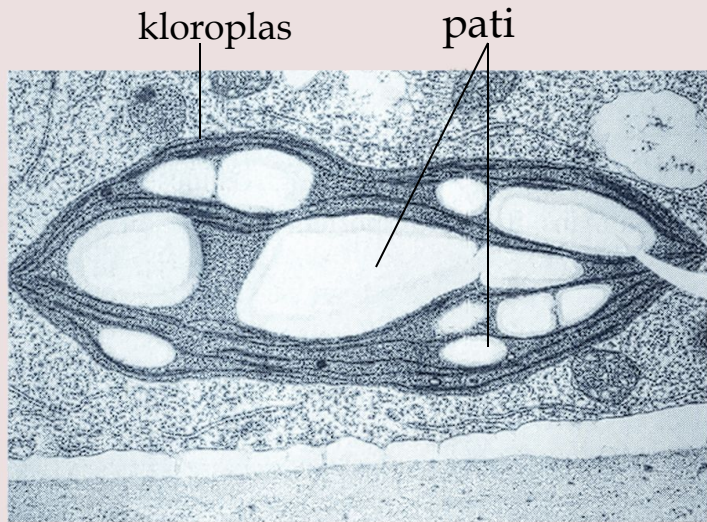
Kedua molekul tersebut berbeda dalam hal gugus fungsional yang terikat dengan kerangka karbon yang sama, yang terdiri atas empat cincin yang saling menyatu. Variasi sedikit saja dalam arsitektur molekuler itu akan mempengaruhi perkembangan perbedaan anatomis dan fisiologis antara vertebrata jantan dan betina. Bandingkan, misalnya, bulu itik kayu betina (kiri) dan jantan (kanan).

BAB 5.

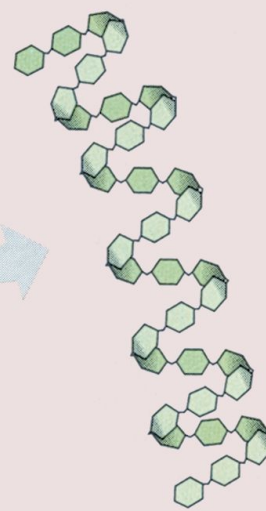
STRUKTUR DAN FUNGSI MAKROMOLEKUL

- ◆ **Prinsip Polimer**
 - Sebagian besar makromolekul adalah **polimer**
 - **Variasi polimer** yang sangat banyak dapat dibangun dari sekumpulan kecil **monomer**
- ◆ **Karbohidrat —bahan bakar dan materi pembangun**
 - **Gula**, karbohidrat terkecil, berfungsi sebagai bahan bakar dan sumber karbon
 - **Polisakarida**, polimer gula, memiliki peran penyimpanan dan struktural
- ◆ **Lipid —molekul hidrofobik yang beragam**
 - **Lemak** menyimpan sejumlah besar energi
 - **Fosfolipid** adalah komponen utama membran sel
 - **Steroid** meliputi kolesterol dan hormon-hormon tertentu
- ◆ **Protein —perkakas molekuler sel**
 - **Polipeptida** adalah polimer asam amino
 - Fungsi suatu protein bergantung pada **bentuk spesifiknya**
- ◆ **Asam nukleat —polimer informasi**
 - Asam nukleat menyimpan dan menghantarkan **informasi herediter**
 - Untaian asam nukleat merupakan **polimer nukleotida**
 - **Penurunan sifat genetik** didasarkan pada replikasi heliks ganda DNA
 - Kita dapat menggunakan DNA dan protein sebagai **pita ukur evolusi**

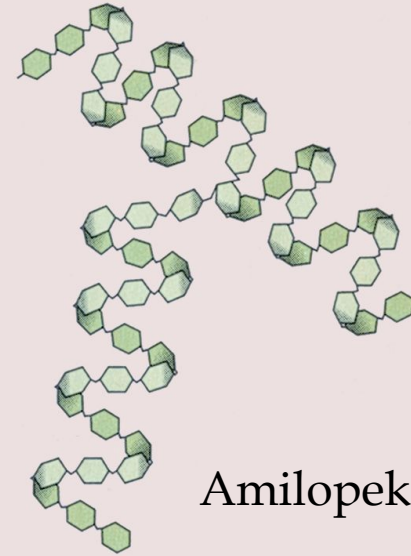
Polisakarida simpanan



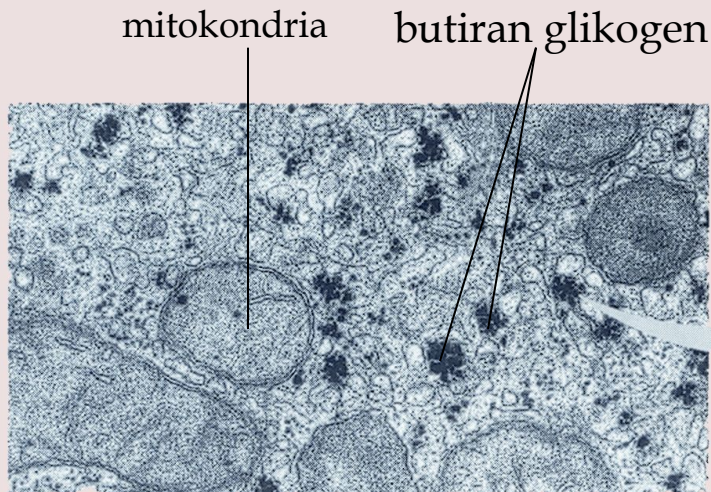
(a) Pati



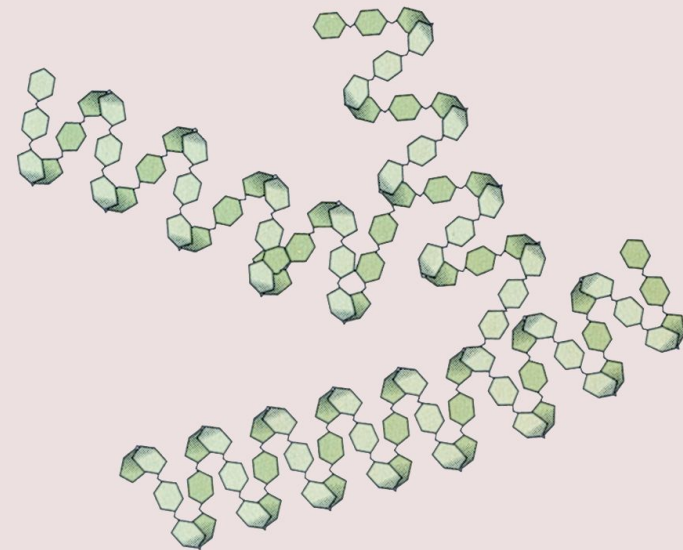
Amilosa



Amilopektin



(b) Glikogen



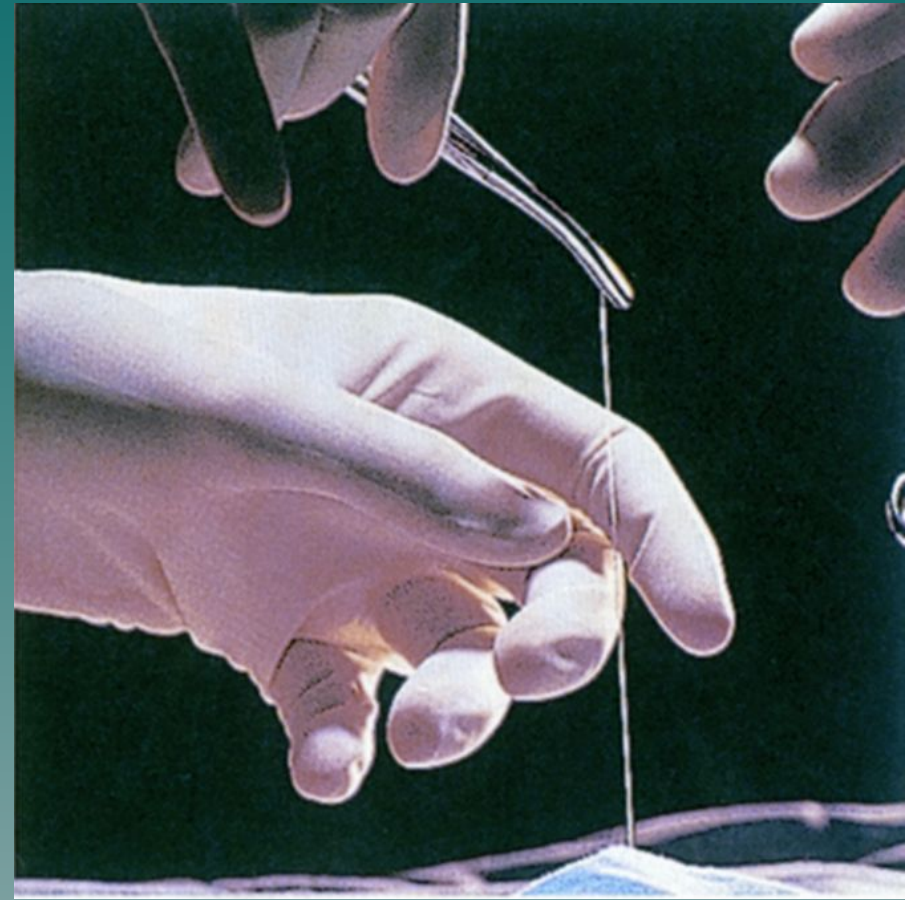
Kitin



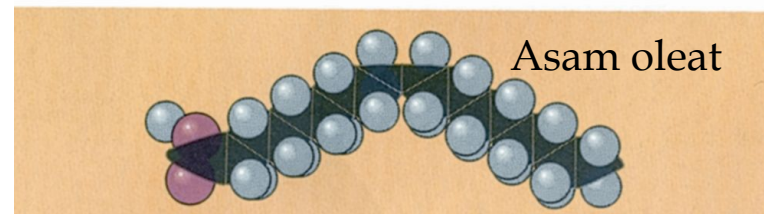
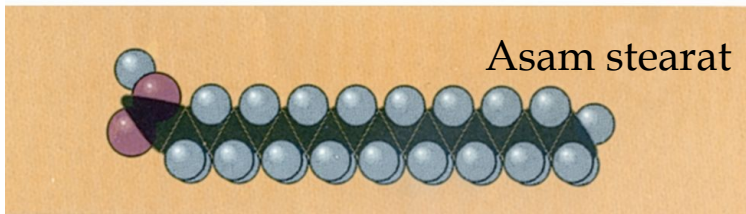
Kitin adalah suatu polisakarida struktural, yang membentuk eksoskeleton (kerangka luar) artropoda.

(a) Hewan sejenis belalang, yang disebut Cicada ini sedang mengalami pergantian kulit, dengan menanggalkan eksoskeleton lamanya dan keluar dalam bentuk dewasa.

(b) Kitin digunakan untuk membuat benang operasi yang kuat dan fleksibel yang akan terurai setelah luka atau sayatan sembuh.



Lemak dan asam lemak jenuh dan tidak jenuh

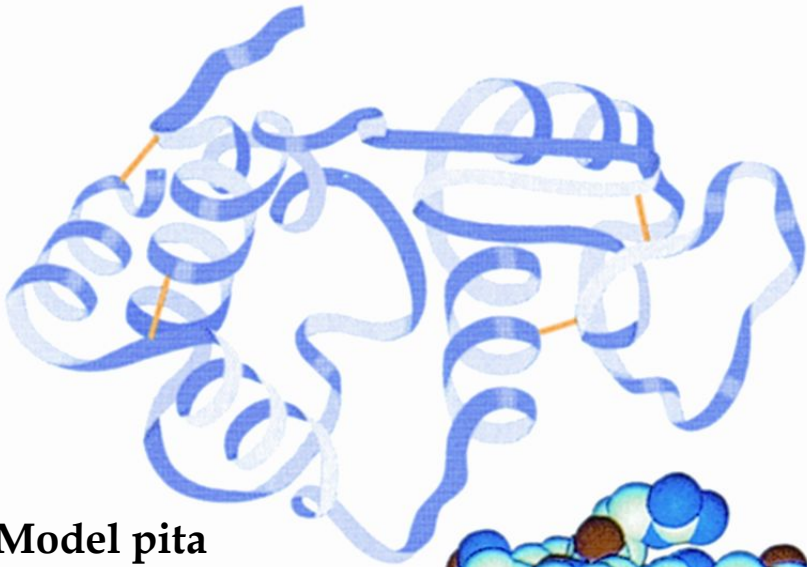


(a) Lemak dan asam lemak jenuh

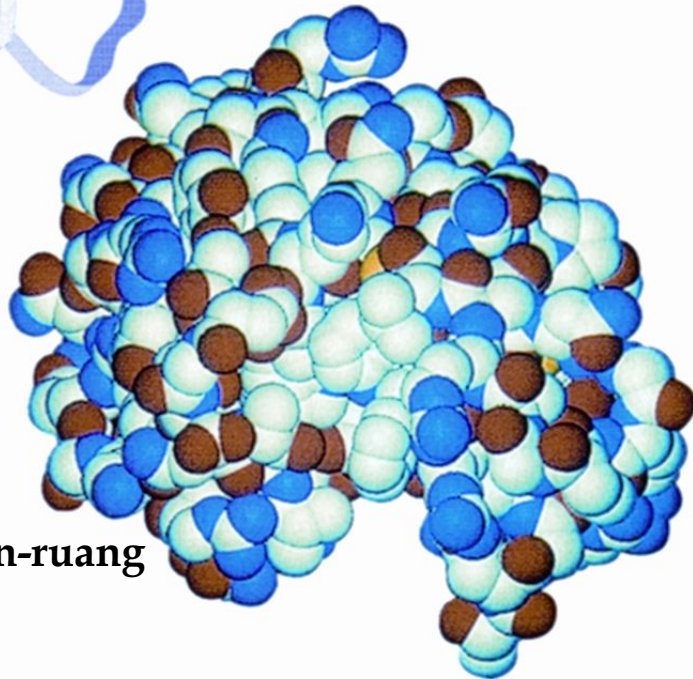
(b) Lemak dan asam lemak tidak jenuh

(a) Jika asam lemaknya jenuh (dengan hidrogen), lemak yang terbentuk juga jenuh. Sebagian besar lemak hewan, seperti lemak pada mentega, adalah jenuh. Lemak jenuh berbentuk padat pada suhu ruangan. (b) Asam lemak tidak jenuh memiliki satu atau lebih ikatan ganda di antara atom-atom karbon, dan membengkok pada tempat terjadinya ikatan ganda. Lemak tidak jenuh memiliki satu atau lebih asam lemak tidak jenuh. Sebagian besar lemak nabati adalah tidak jenuh dan disebut minyak karena berbentuk cair pada suhu ruangan.

Konformasi fungsional suatu protein, enzim lisozim



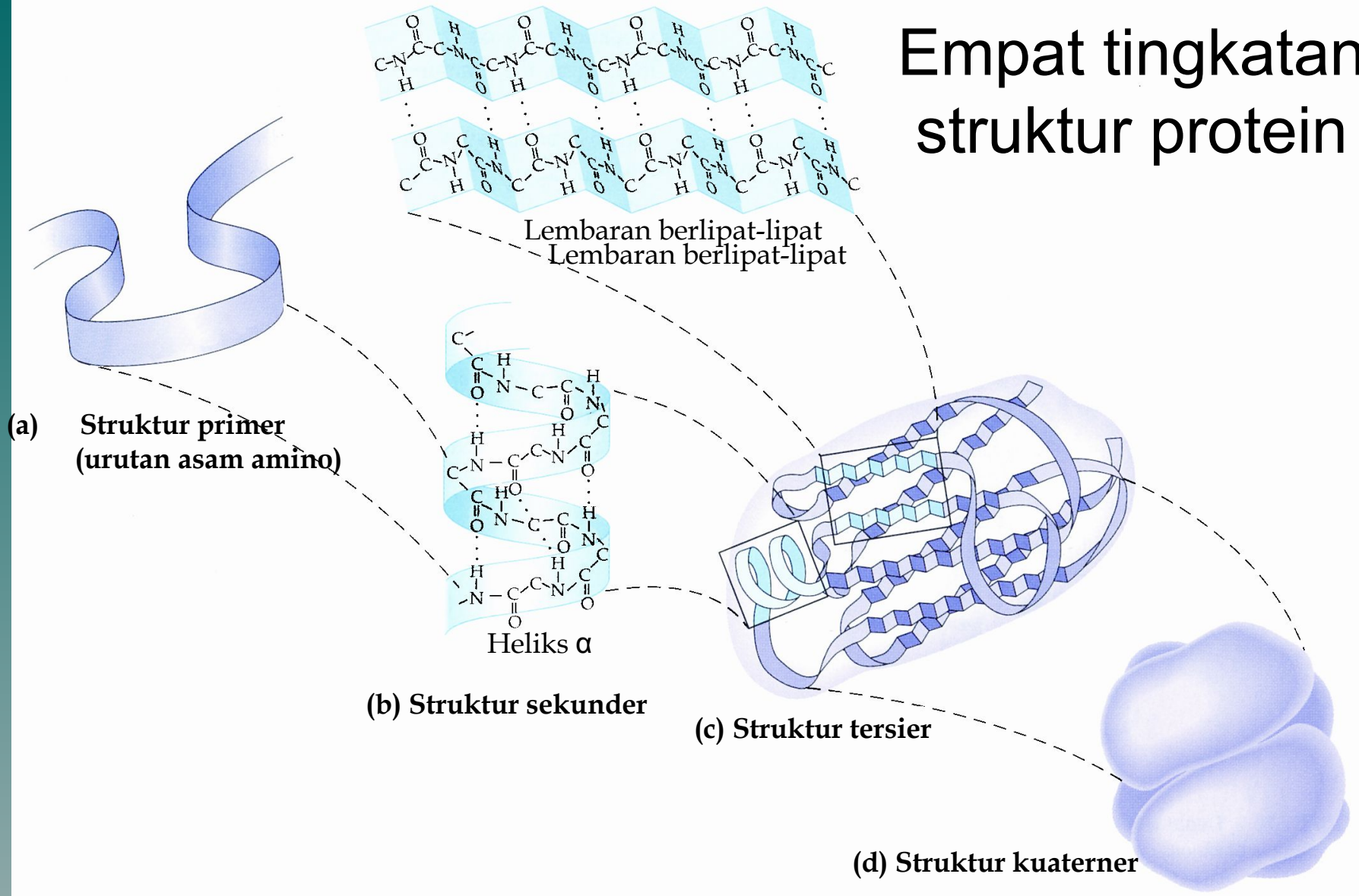
**Model pita
protein lisozim**



**Model pengisian-ruang
lisozim**

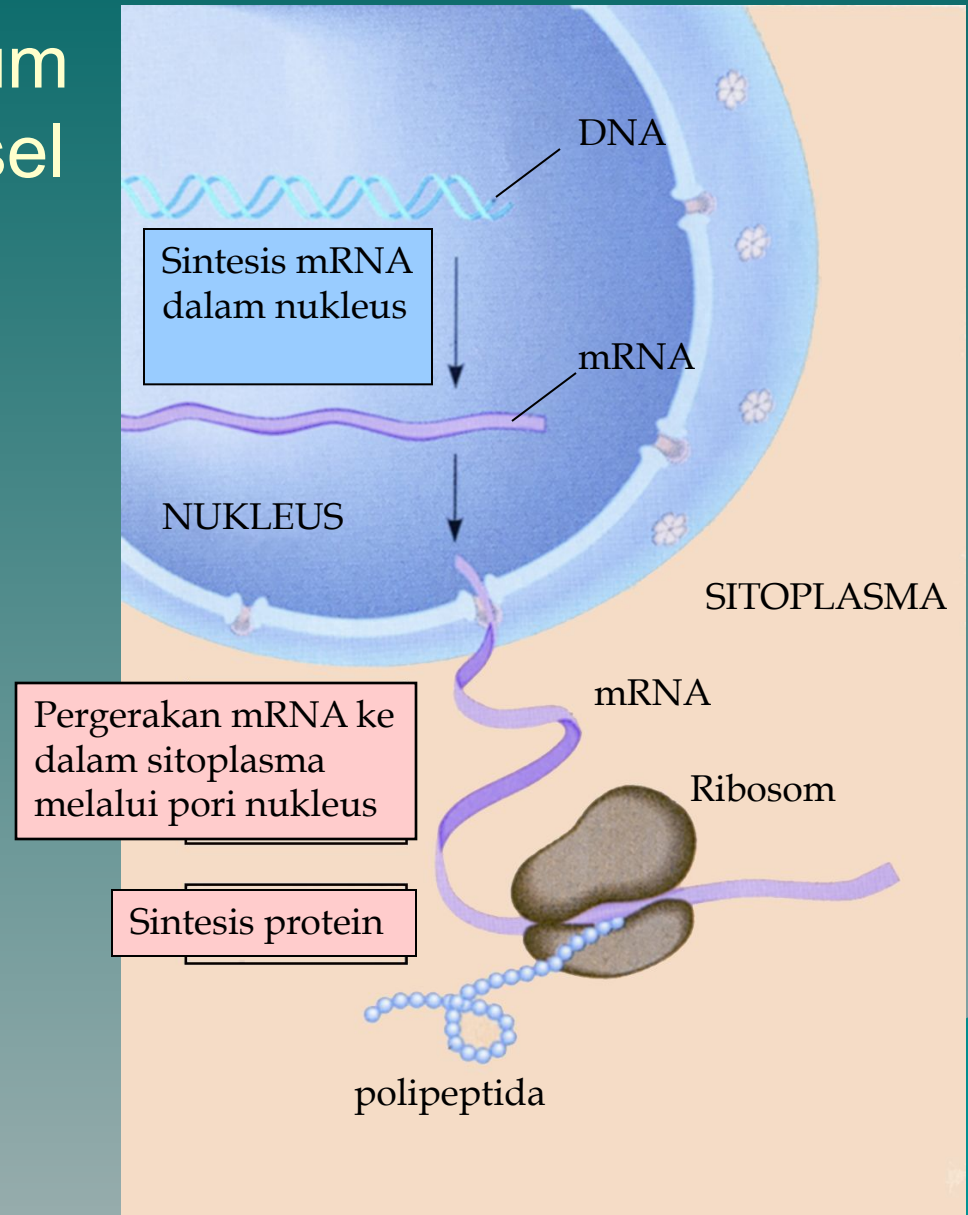
Lisozim membantu mencegah infeksi dengan cara mengikat dan memutus molekul spesifik pada permukaan berbagai jenis bakteri. Dalam model pita lisozim, sebuah rantai polipeptida tunggal, yang digambarkan oleh pita, melipat dan melilit untuk membentuk protein fungsional. Model pengisian-ruang menunjukkan bahwa bentuk keseluruhan lisozim secara kasar adalah butiran (globuler) seperti protein lain. Namun demikian, konformasi yang tepat ini sangat unik bagi lisozim, dan fungsi terspesialisasi protein ini muncul dari bentuknya ini. Lekukan pada permukaan lisozim adalah bagian protein yang mengenali dan berikatan dengan molekul target pada dinding bakteri.

Empat tingkatan struktur protein



DNA → RNA → Protein: diagram gambaran umum aliran informasi dalam sel

Pada sel eukariotik, DNA dalam nukleus memprogram produksi protein dalam sitoplasma dengan cara mendikte sintesis RNA mesenjer (mRNA), yang berpindah ke sitoplasma dan berikatan dengan ribosom. Ketika suatu ribosom (dibuat besar sekali pada gambar ini) bergerak di sepanjang mRNA, pesan genetik itu diterjemahkan menjadi suatu polipeptida dengan urutan asam amino yang spesifik.



BAB 6.

PENGANTAR METABOLISME

◆ **Metabolisme, energi, dan kehidupan**

- Kimia kehidupan diorganisasikan ke dalam **jalur metabolisme**
- Organisme **mentransformasi energi**
- Transformasi energi kehidupan berlangsung menurut dua **hukum termodinamika**
- Organisme hidup dengan memanfaatkan **energi bebas**
- **ATP** menggerakkan kerja seluler

◆ **Enzim**

- Enzim **mempercepat** reaksi metabolisme
- Enzim memiliki **substrat yang spesifik**
- **Tempat aktif** adalah pusat katalitik enzim
- **Lingkungan fisik dan kimiawi** sel mempengaruhi aktivitas enzim

◆ **Kontrol Metabolisme**

- Kontrol metabolisme seringkali bergantung pada **pengaturan alosterik**
- **Lokalisasi enzim** di dalam sel membantu mengatur metabolisme
- Tema tentang **sifat-sifat baru** dimanifestasikan dalam kimia kehidupan

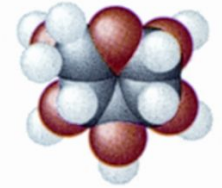
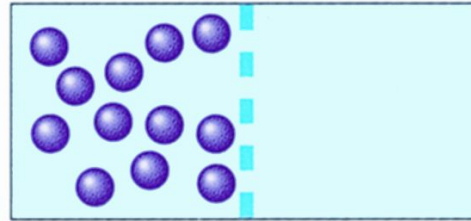
Transformasi antara energi kinetik dan energi potensial



Anak-anak di arena bermain ini memiliki lebih banyak energi potensial pada saat berada di puncak perosotan dibandingkan dengan ketika mereka berada pada dasar perosotan. Mereka mengubah energi kinetik menjadi energi potensial (energi tersimpan) ketika mereka menaiki perosotan itu, dan mengubah energi potensial kembali menjadi energi kinetik selama mereka meluncur turun.

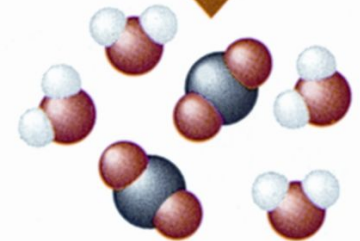
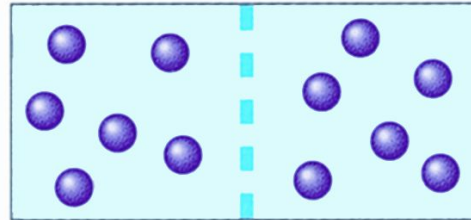
Hubungan energi bebas dengan stabilitas, perubahan spontan, kesetimbangan, dan kerja

Lebih banyak energi bebas
Kurang stabil
Kapasitas kerja yang lebih besar



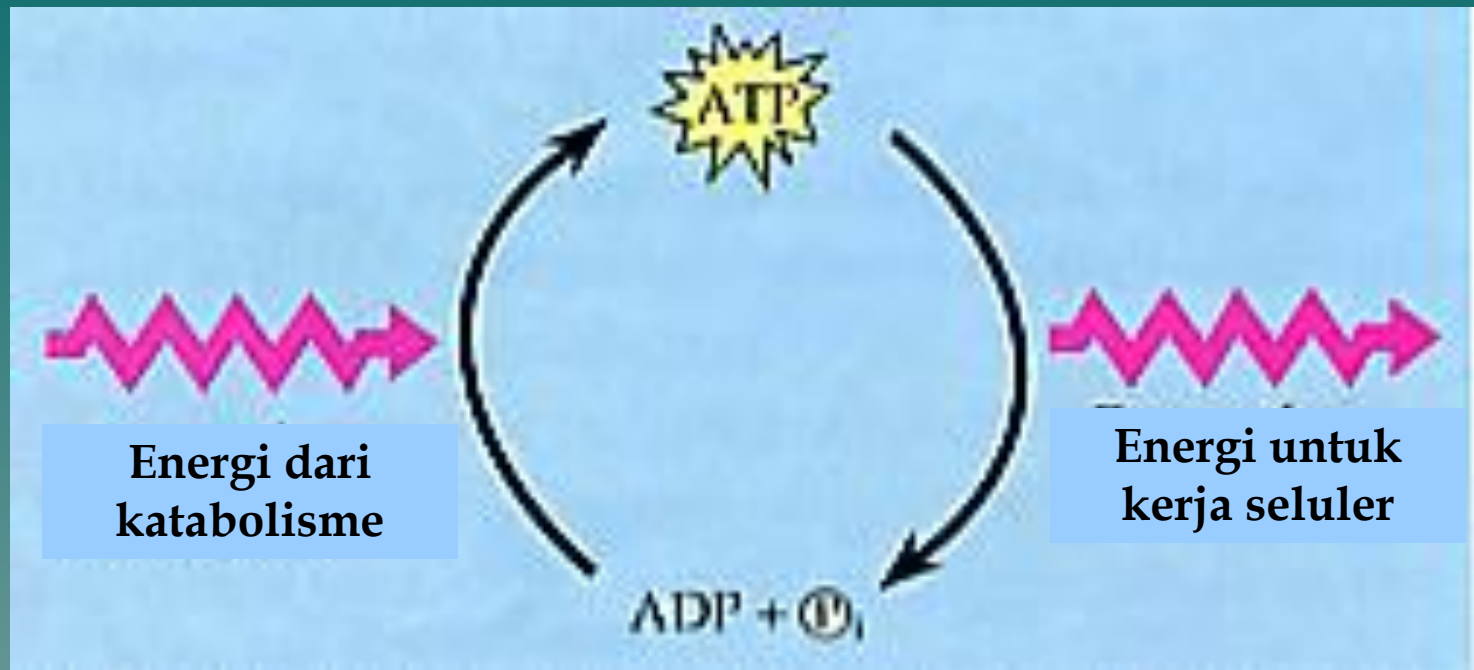
Energi bebas menurun; arah perubahan spontan; $\Delta G < 0$; berubah ke arah kesetimbangan; perubahan dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja

Lebih sedikit energi bebas
Lebih stabil
Kapasitas kerja yang lebih kecil



Sistem yang tidak stabil sangat kaya akan energi bebas, dan memiliki kecenderungan untuk berubah secara spontan menjadi keadaan yang lebih stabil, dan perubahan “turun bukit” ini bisa dimanfaatkan untuk tujuan melaksanakan kerja. (a) Pada kasus ini, energi bebas sebanding dengan ketinggian anak itu. (b) Konsep energi bebas juga berlaku pada skala molekuler, dalam kasus ini, pada pergerakan fisik molekul yang dikenal dengan nama difusi. (c) Reaksi kimiawi juga melibatkan energi bebas. Molekul gula pada bagian atas kurang stabil dibandingkan dengan molekul sederhana di bawah.

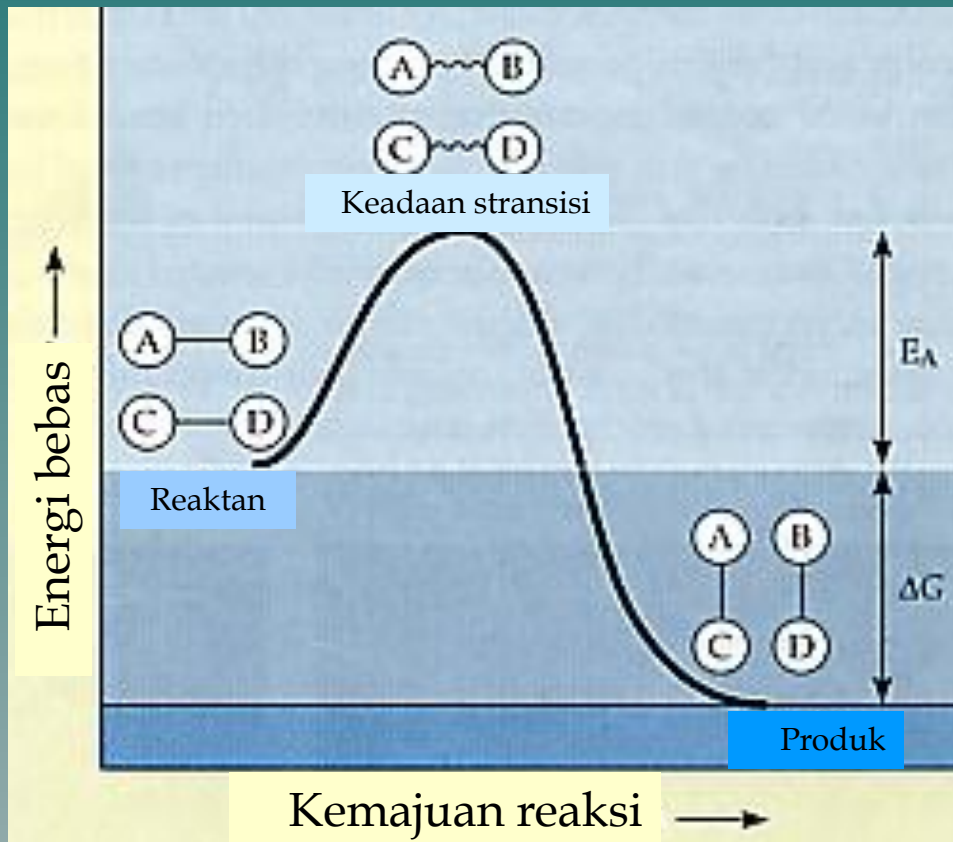
Siklus ATP



Energi yang dibebaskan melalui reaksi perombakan (katabolisme) dalam sel digunakan untuk memfosforilasi ADP, yang akan meregenerasi ATP.

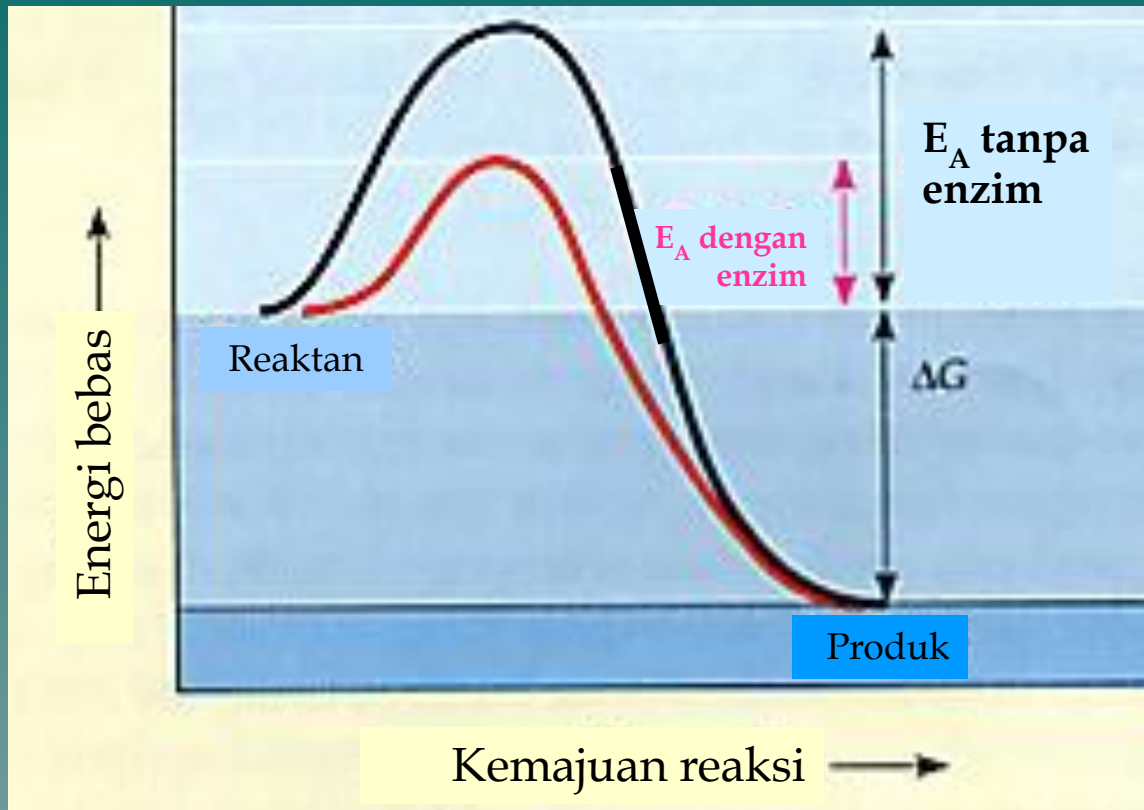
Energi yang tersimpan dalam ATP akan menggerakkan sebagian besar kerja seluler. Dengan demikian, ATP mengkopel proses-proses dalam sel yang menghasilkan energi sel dengan proses yang mengkonsumsi energi.

Profil energi pada suatu reaksi



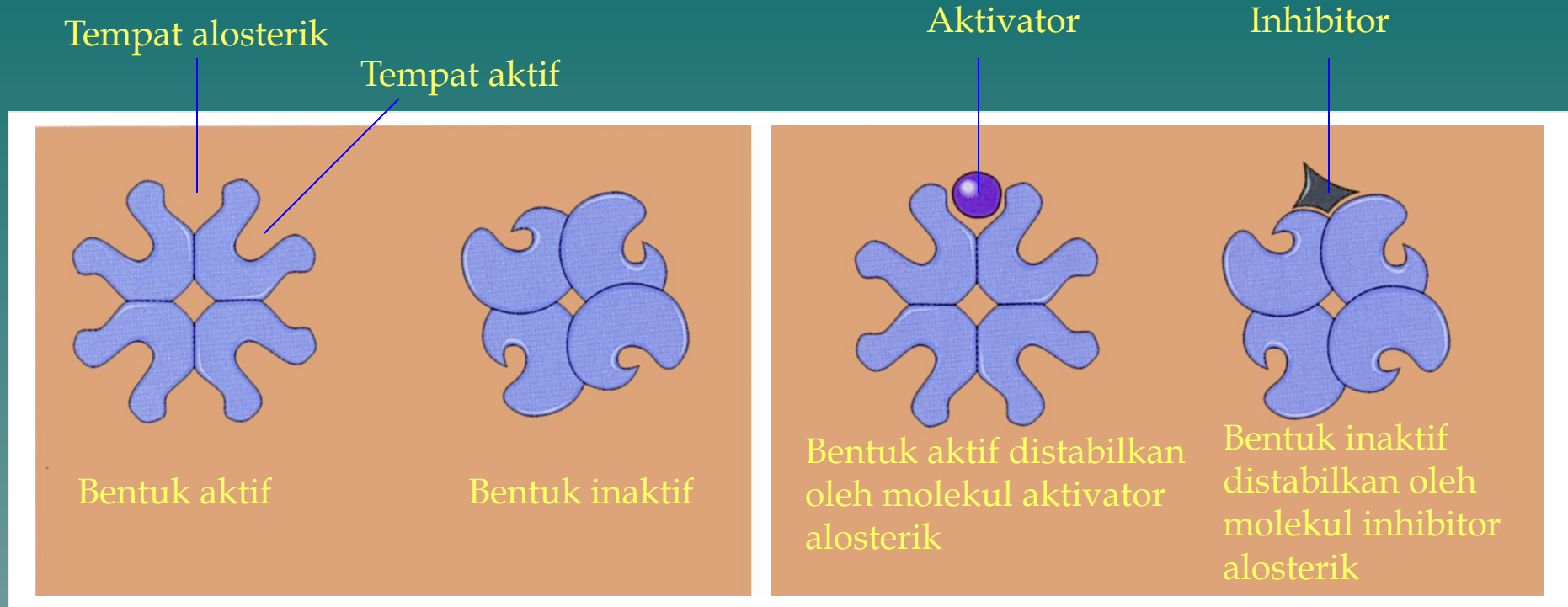
Dalam reaksi hipotetis ini, reaktan AB dan CD harus menyerap cukup energi dari sekelilingnya untuk dapat melewati puncak bukit energi aktivasi (E_A) dan mencapai keadaan transisi yang tidak stabil. Kemudian ikatan dapat diputuskan, dan setelah reaksi berlangsung, energi dibebaskan ke sekelilingnya selama pembentukan ikatan baru. Grafik khusus ini menggambarkan masukan energi dan keluaran energi pada reaksi eksergonik, yang memiliki ΔG negatif; produk memiliki energi bebas yang lebih kecil dibandingkan dengan reaktan.

Enzim menurunkan rintangan energi



Tanpa mempengaruhi perubahan energi bebas (ΔG) untuk reaksi itu, suatu enzim akan mempercepat reaksi dengan cara mengurangi pendakian puncak bukit menuju ke keadaan transisi. Kurva hitam menunjukkan urutan reaksi tanpa adanya enzim; kurva merah menunjukkan urutan reaksi dengan tambahan suatu enzim.

Pengaturan alosterik



(a) Perubahan konformasi enzim alosterik

(b) Pengaturan alosterik

(a) Sebagian besar enzim alosterik tersusun dari dua atau lebih subunit polipeptida, yang masing-masing memiliki tempat aktif. Enzim itu akan berosilasi (berganti-ganti) di antara dua keadaan konformasi, aktif dan inaktif. Jauh dari tempat aktif terdapat tempat alosterik, reseptor spesifik untuk pengaturan enzim itu, yang bisa berfungsi sebagai aktivator atau sebagai inhibitor. (b) Di sini kita melihat efek berlawanan dari inhibitor alosterik dan aktivator alosterik pada konformasi keempat subunit suatu enzim.

BAB 7.

MENJELAJAHI SEL

◆ Bagaimana kita mengkaji sel

- Mikroskop menyediakan jendela ke dunia sel
- Ahli biologi sel dapat mengisolasi organel untuk mengkaji fungsinya

◆ Pandangan menyeluruh tentang sel

- Sel prokariotik dan eukariotik berbeda ukuran dan kerumitannya
- Membran internal memisah-misahkan fungsi sel eukariotik

◆ Nukleus dan ribosom

- Nukleus mengandung perpustakaan genetik sel eukariotik
- Ribosom menyusun protein sel

◆ Sistem endomembran

- RE membentuk membran dan melakukan fungsi biosintetik lain
- Aparatus Golgi menyelesaikan, menyortir, dan mengirim produk sel
- Lisosom merupakan ruangan pencernaan
- Vakuola memiliki fungsi yang bermacam-macam

◆ Organel membran yang lain

- Mitokondria dan kloroplas merupakan pentransformasi energi yang utama
- Peroxisom mengkonsumsi oksigen

◆ Sitoskeleton

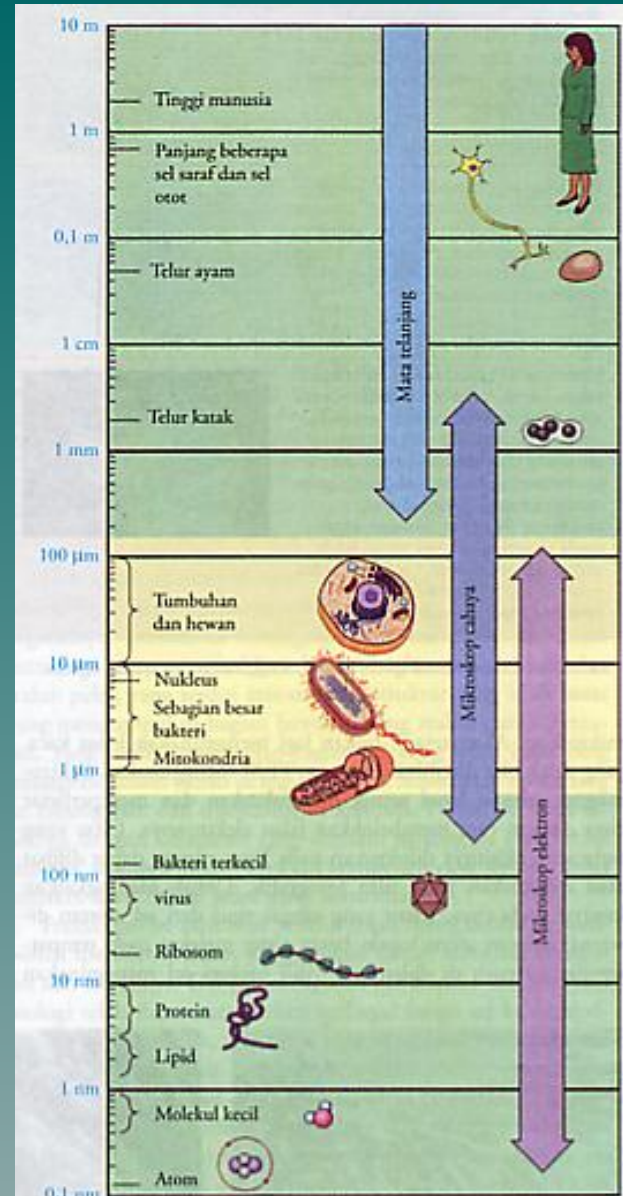
- Sitoskeleton memberi tumpuan struktural, juga berfungsi dalam motilitas dan pengaturan sel

◆ Permukaan dan junction sel

- Sel tumbuhan diselubungi oleh dinding sel
- ECM sel hewan berfungsi penyanggaan, perekatan, pergerakan, dan pengaturan
- Junction interseluler membantu mengintegrasikan sel-sel ke dalam tingkatan struktur dan fungsi yang lebih tinggi
- Sel merupakan satuan hidup yang lebih besar dari jumlah bagian-bagiannya

Kisaran ukuran sel

Sebagian besar sel berdiameter antara 1 sampai 100 μm sehingga hanya bisa dilihat dengan menggunakan mikroskop. Perhatikan bahwa skala yang dipakai berupa logaritma untuk mengakomodasi kisaran ukuran yang ditunjukkan. Skala dimulai di bagian atas dengan 10 meter dan menurun, setiap pengukuran di sisi kiri menunjukkan pengecilan ukuran sepuluh-kali.



PENGUKURAN

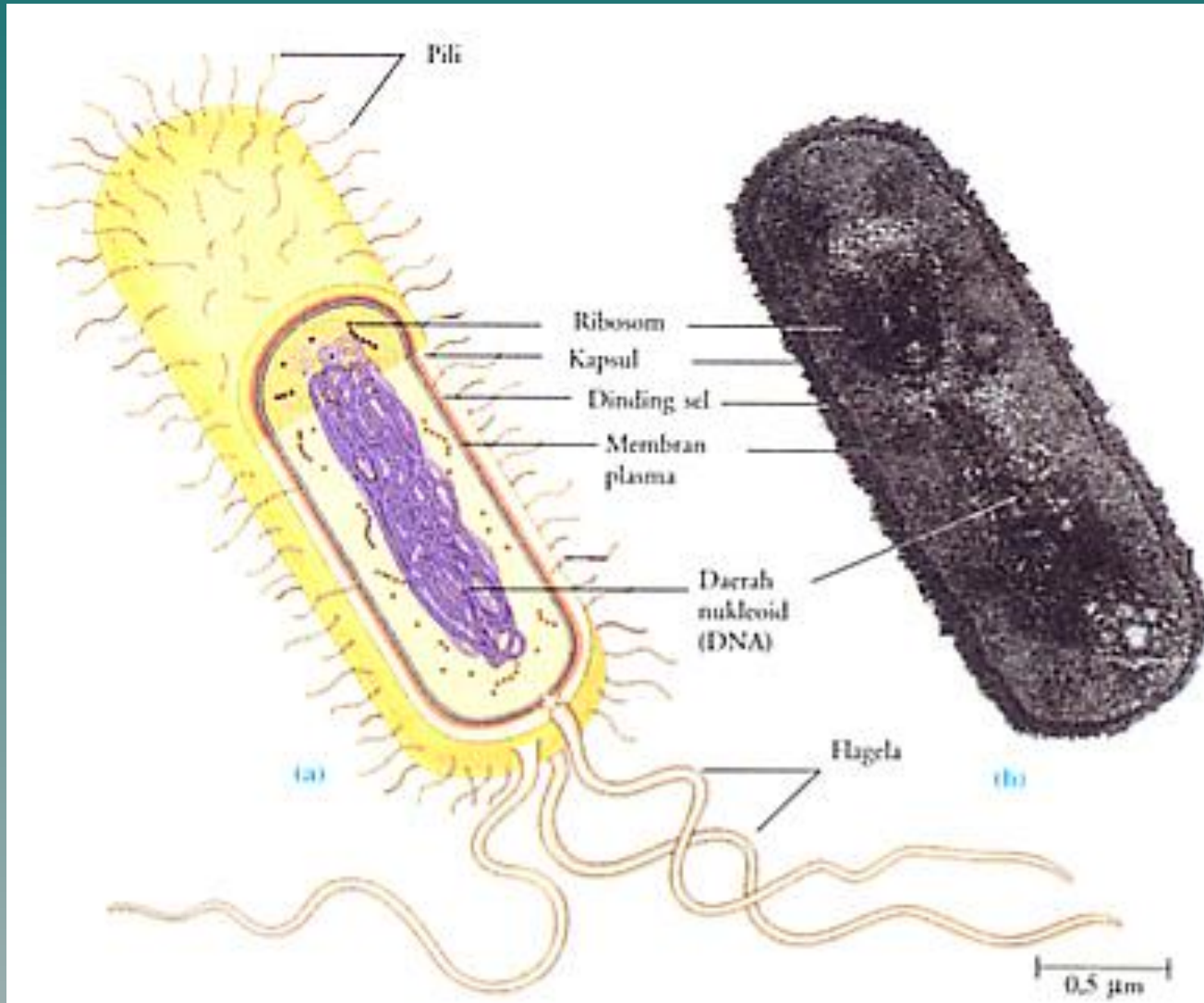
1 centimeter (cm) = 10^{-2} meter (m) = 0,4 inci

1 milimeter (mm) = 10^{-3} m

1 mikrometer (μm) = 10^{-6} mm = 10^{-6} m

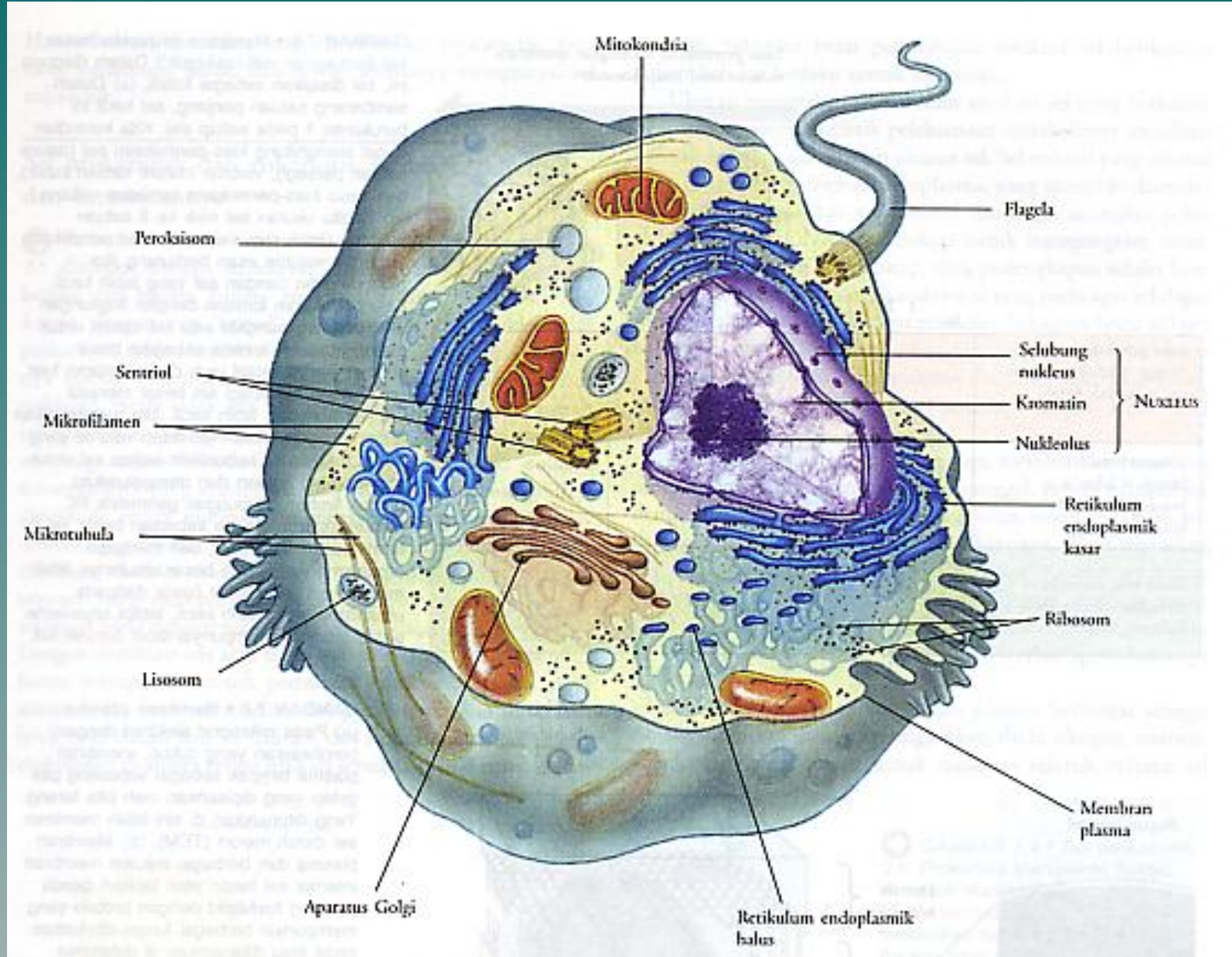
1 nanometer (nm) = 10^{-9} μm = 10^{-9} m

Sel prokariotik

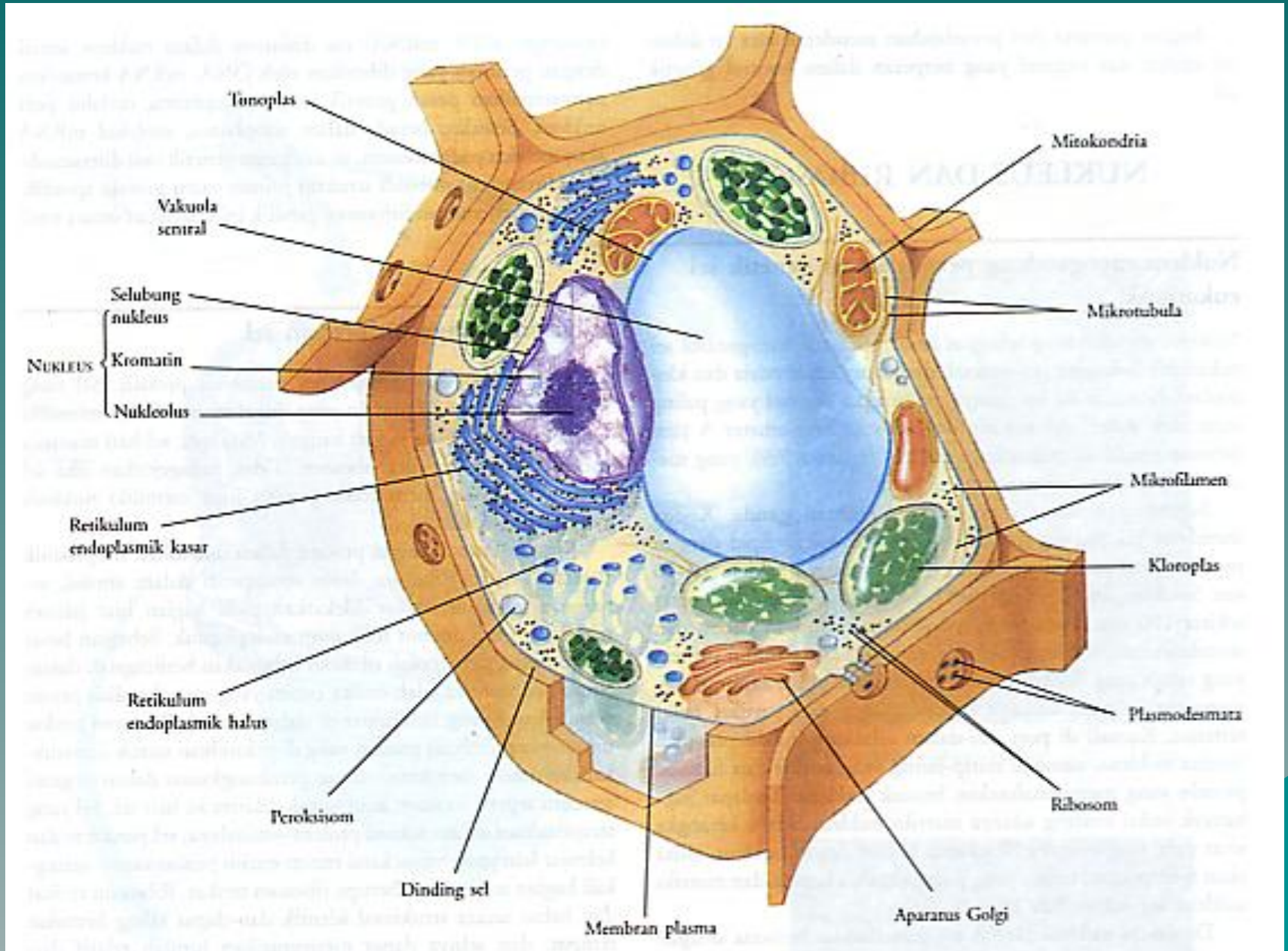


Prokariota merupakan bakteri, termasuk sianobakteri. (a) Gambar bakteri berbentuk-batang. Karena tidak mempunyai organel terbungkus membran seperti pada eukariota, prokariota jauh lebih sederhana strukturnya. Batas sel ialah membran plasma. Di luar membran plasma ini terdapat dinding sel yang cukup kaku dan seringkali berupa kapsul luar, yang biasanya mirip jeli. Sebagian bakteri memiliki flagela (organel pergerakan), pili (struktur pelekatan), atau keduanya yang menonjol dari permukaannya. (b) Mikrograf elektron ini menunjukkan irisan tipis bakteri *Bacillus coagulans* (TEM).

Gambaran umum sel hewan

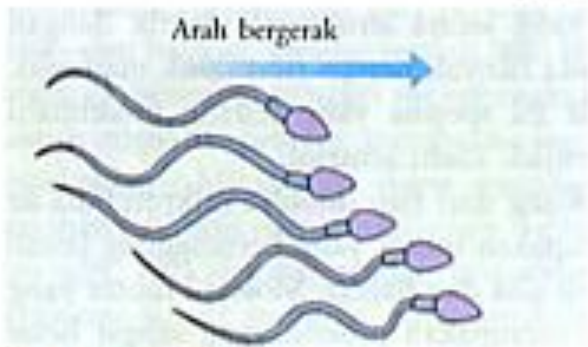
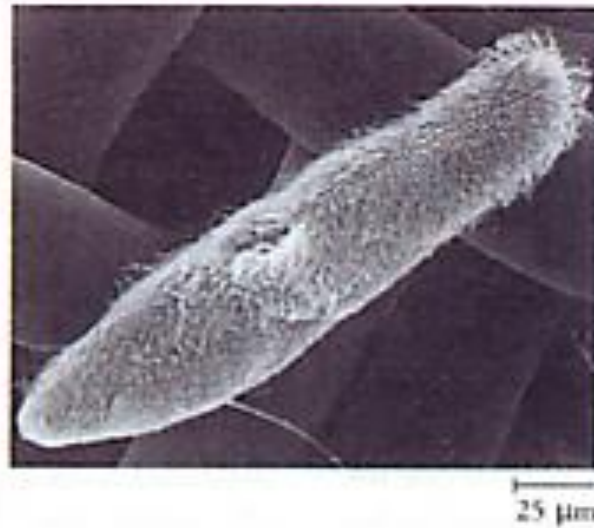
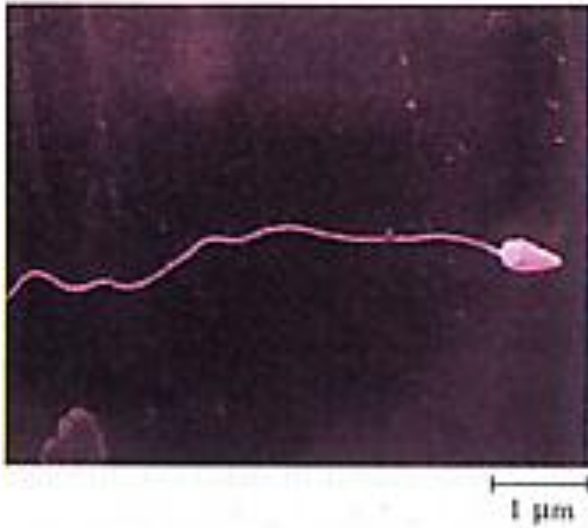


Gambaran umum sel tumbuhan



Perbandingan getaran flagela dan silia

- (a) Flagela biasanya berombak-ombak, gerakannya yang mirip-ular menggerakkan sel dalam arah yang sama dengan sumbu flagela. Contohnya adalah perjalanan sel sperma.
- (b) Suatu permukaan yang penuh dengan silia yang bergetar menutupi Paramecium, protista yang motil (SEM). Silia memiliki gerak maju-mundur, kibasan-aktif dan kibasan-balik yang berganti-ganti. Ini akan menggerakkan sel, atau menggerakkan cairan di atas permukaan sel diam, dalam arah yang tegak lurus terhadap sumbu silianya.

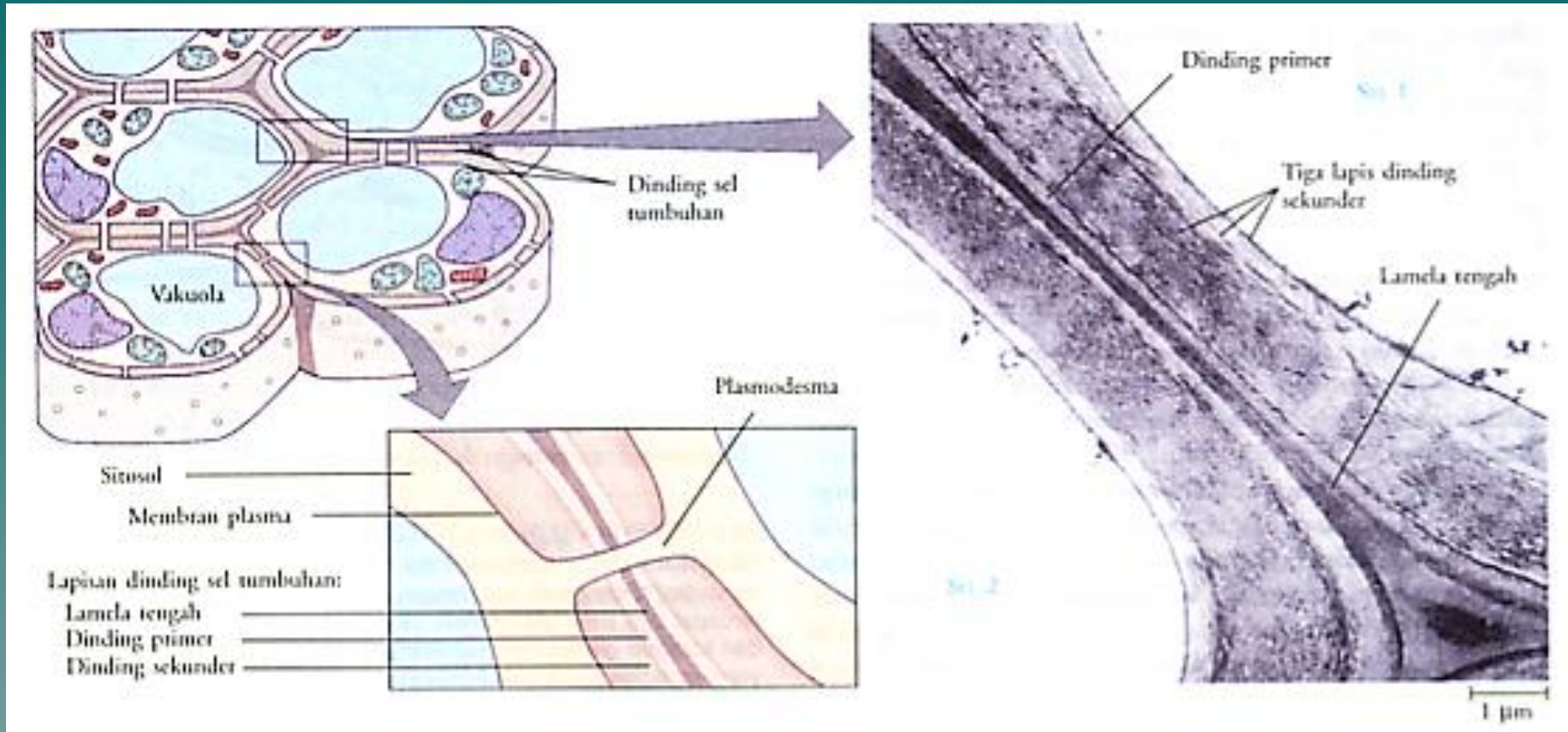


(a) Gerakan flagela



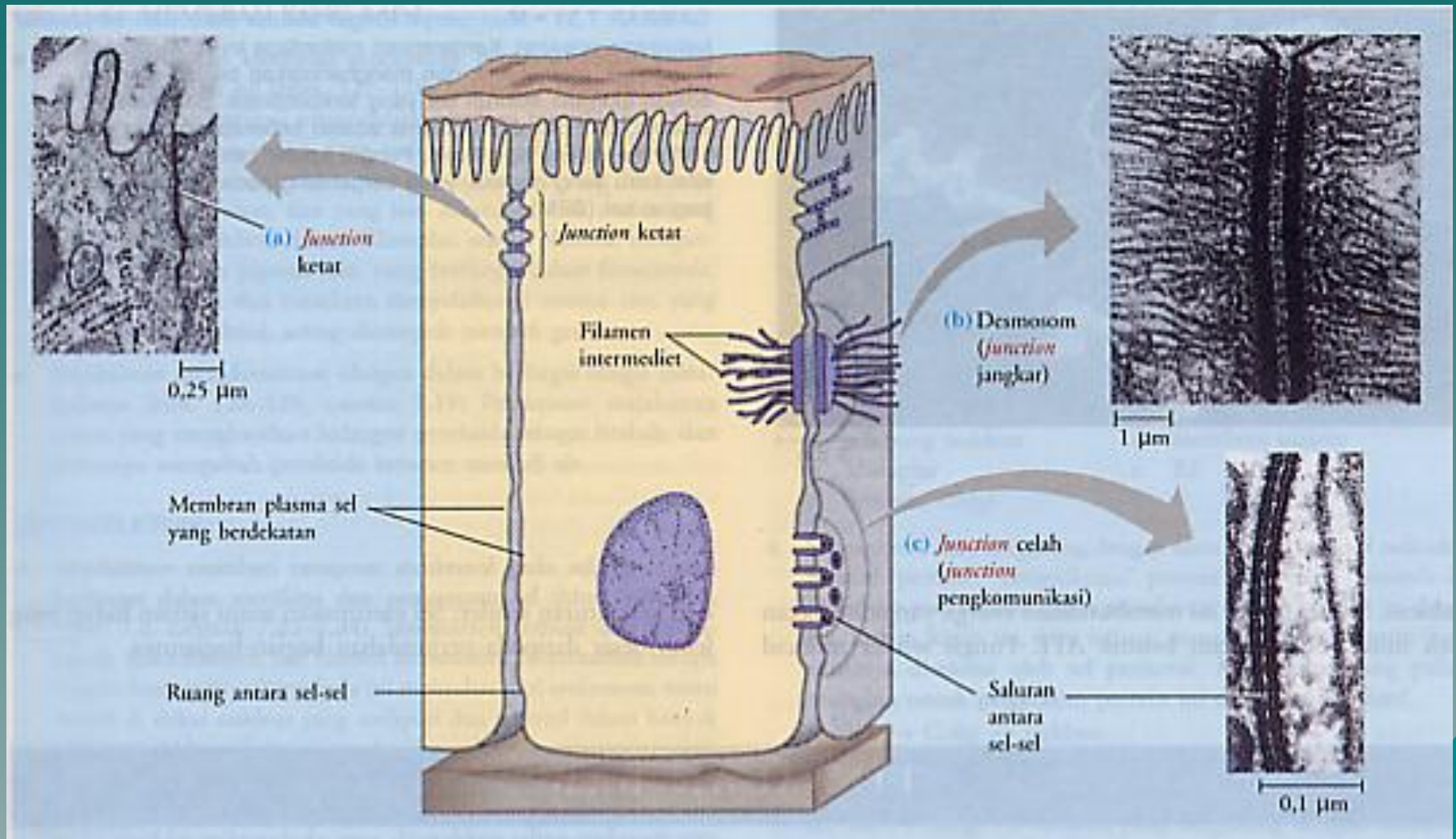
(b) Gerakan silia

Dinding sel tumbuhan



Sel muda mula-mula membentuk dinding primer tipis, sering kali ada penambahan dinding sekunder yang lebih kuat di bagian dalam dinding primer ketika pertumbuhan terhenti. Lamela tengah yang lengket melekatkan sel-sel yang berdekatan menjadi satu. Dengan demikian, partisi multi-lapis di antara sel-sel ini terdiri atas dinding penghubung yang masing-masing disekresikan oleh selnya sendiri. Dinding ini tidak mengisolasi selnya: Sitoplasma dari salah satu sel berlanjut dengan sitoplasma dari sel tetangganya melalui plasmodesmata, saluran yang melintasi dinding (TEM).

Junction (persambungan) interseluler pada hewan



BAB 8.

STRUKTUR DAN FUNGSI MEMBRAN

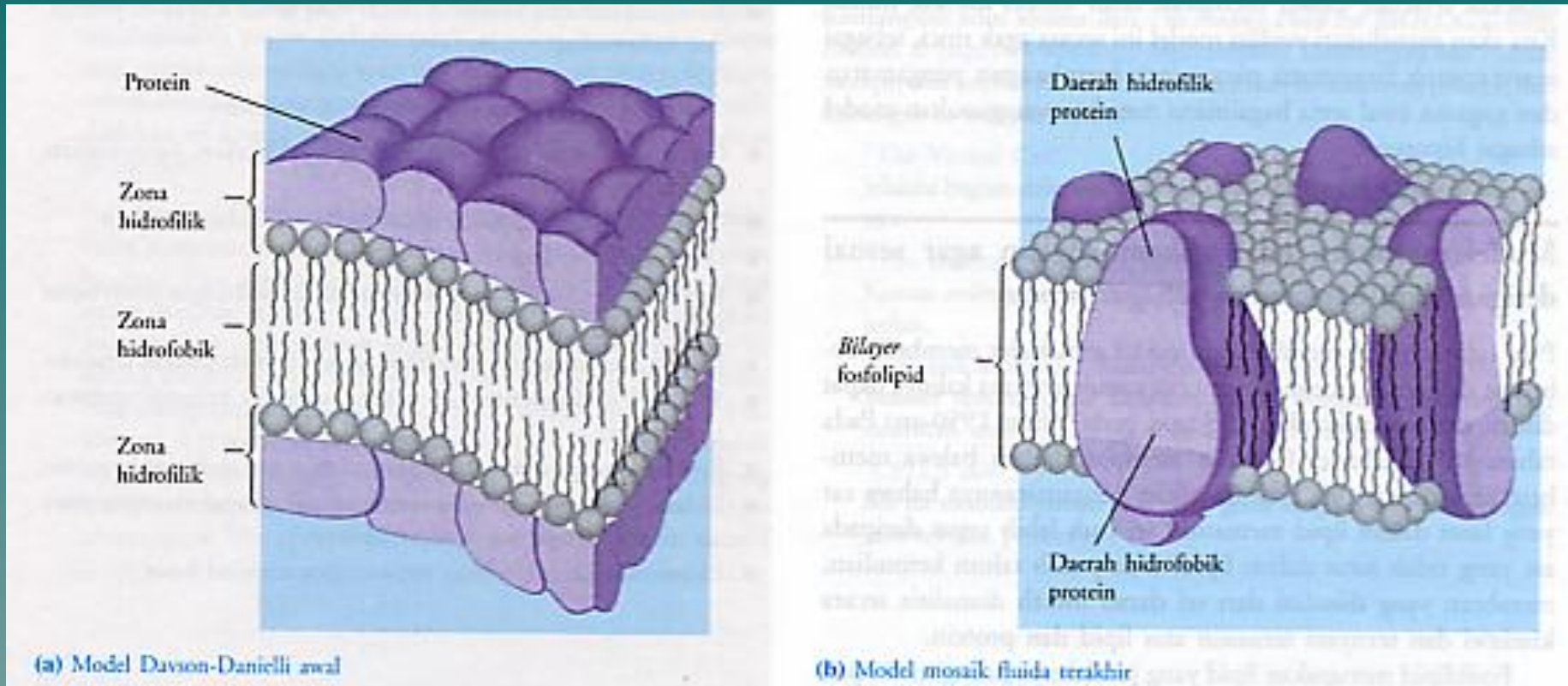
◆ Struktur membran

- Model membran telah disesuaikan agar sesuai dengan **data baru**
- Membran merupakan **mosaik fluida** yang terdiri atas lipid, protein, dan karbohidrat

◆ Lalulintas yang melintasi membran

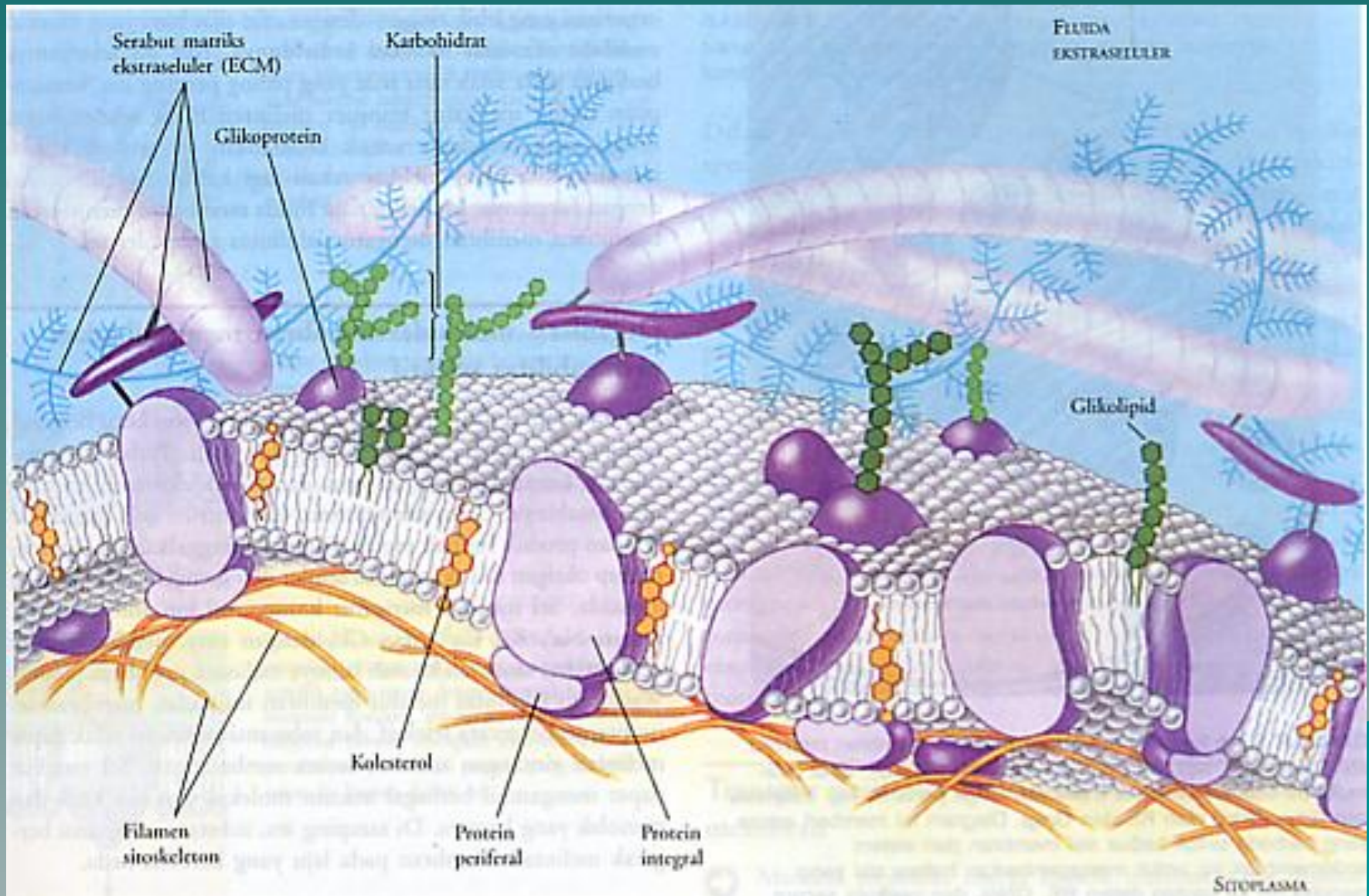
- Organisasi molekuler membran mengakibatkan **permeabilitas selektif**
- **Transpor pasif** merupakan difusi melintasi membran
- **Osmosis** merupakan transpor pasif air
- Bertahan hidupnya sel bergantung pada **keseimbangan penyerapan dan pelepasan air**
- **Protein spesifik** mempermudah transpor pasif zat terlarut terseleksi
- **Transpor aktif** merupakan pemompaan zat terlarut melawan gradiennya
- Beberapa **pompa ion** membangkitkan tegangan melintasi membran
- Dalam **kotranspor**, protein membran mengkopel transpor suatu zat terlarut dengan zat terlarut lainnya
- **Eksositosis dan endositosis** mentranspor molekul besar

Dua generasi model membran



- (a) Model Davson-Danielli, yang diusulkan pada tahun 1935, seperti sandwich bilayer fosfolipid di antara dua lapisan protein. Dengan modifikasi berikutnya, model ini banyak diterima hingga kira-kira tahun 1970.
- (b) Model mosaik fluida mendispersikan protein dan mencelupkannya ke dalam bilayer fosfolipid, yang berada dalam wujud fluida. Yang ditunjukkan di sini adalah bentuk yang disederhanakan, yang merupakan model membran yang kita gunakan saat ini.

Penampang melintang struktur membran plasma sel hewan

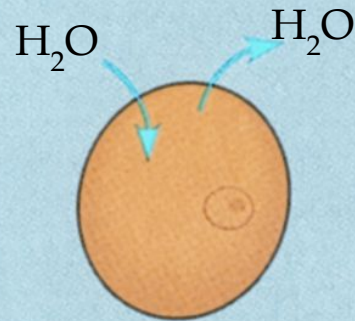


Keseimbangan air pada sel hidup

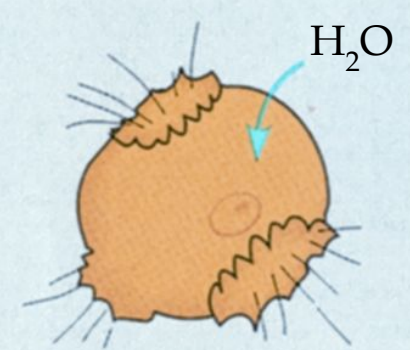
SEL HEWAN



Mengkerut

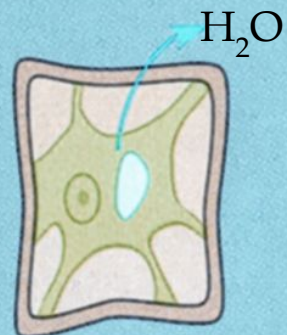


Normal

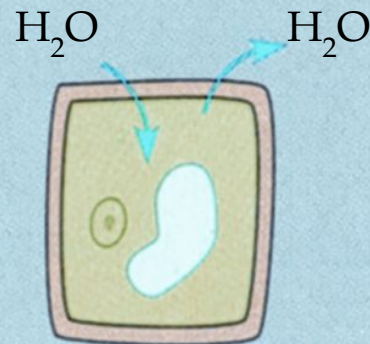


Lisis (pecah)

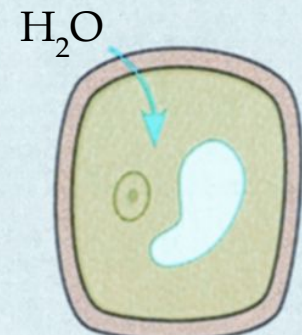
SEL TUMBUHAN



Plasmolisis



Lembek



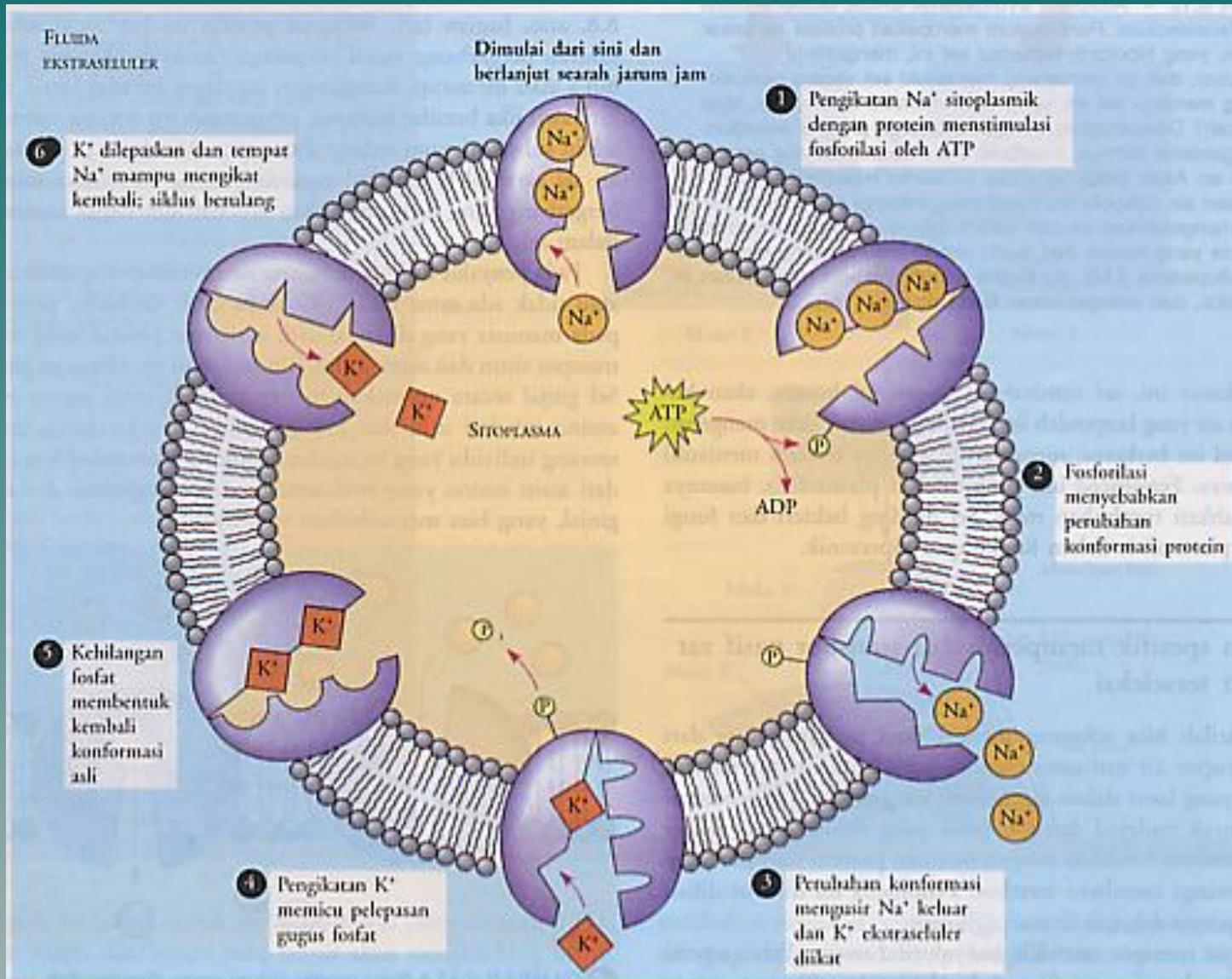
Bengkak (normal)

LARUTAN HIPERTONIK

LARUTAN ISOTONIK

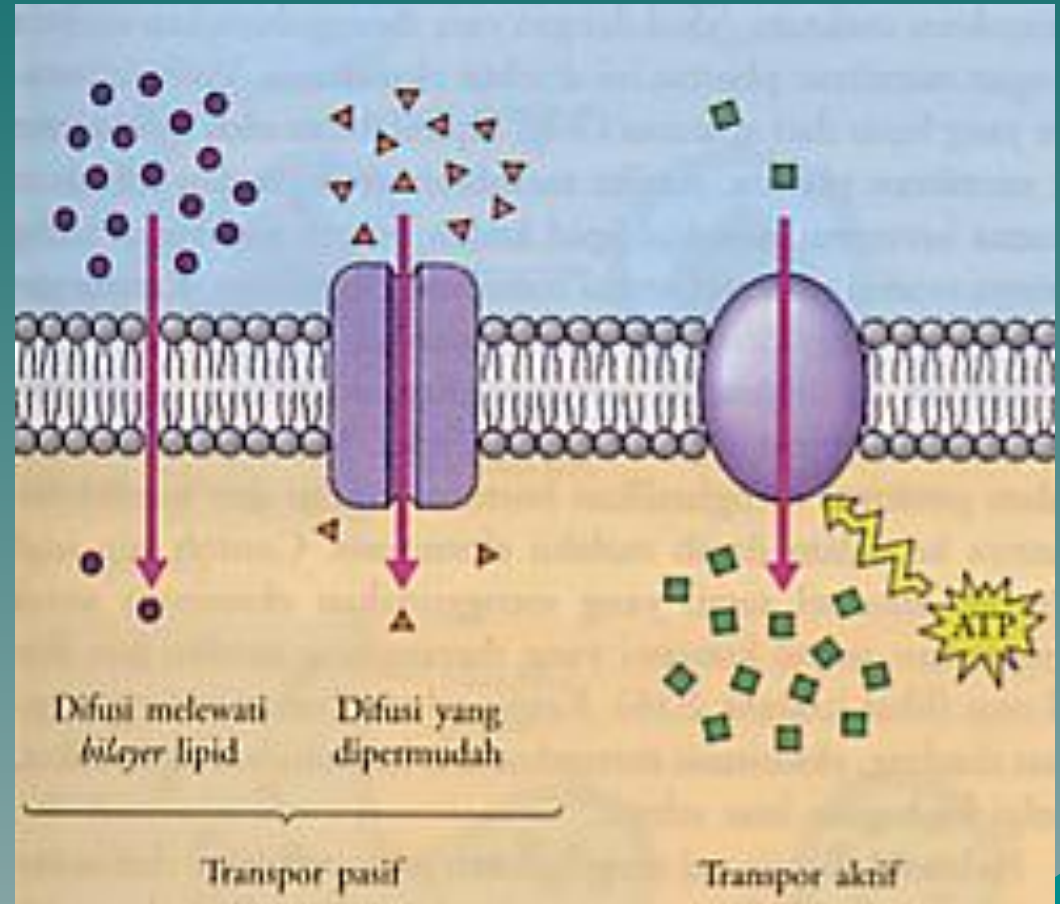
LARUTAN HIPOTONIK

Pompa natrium-kalium (kasus khusus transpor aktif)

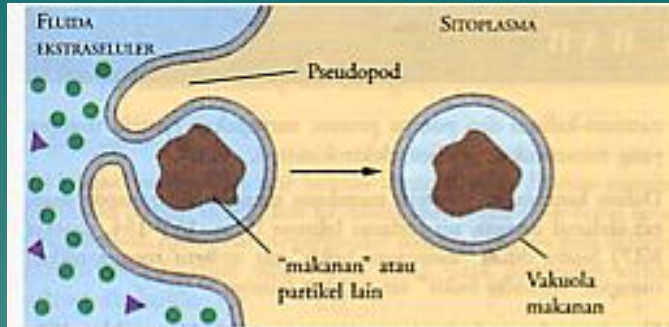


Perbandingan antara transpor pasif dan transpor aktif

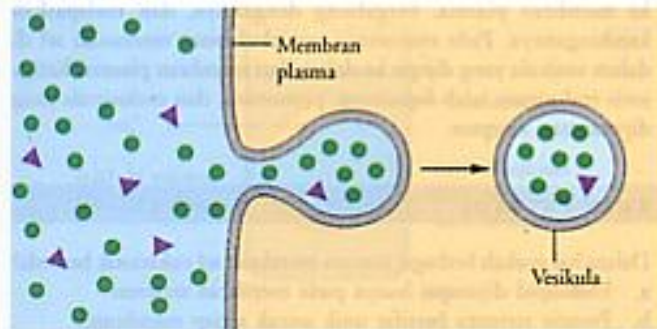
Pada transpor pasif, suatu substansi secara spontan berdifusi menuruni gradien konsentrasinya tanpa memerlukan pengeluaran energi oleh sel. Molekul hidrofobik dan molekul polar tak bermuatan yang berukuran kecil berdifusi langsung melintasi membran. Substansi hidrofilik berdifusi melalui protein transpor dalam suatu proses yang disebut difusi yang dipermudah. Dalam transpor aktif, suatu protein transpor memindahkan substansi melintasi membran "naik bukit" melawan gradien konsentrasinya. Transpor aktif membutuhkan pengeluaran energi, yang biasanya disediakan oleh ATP.



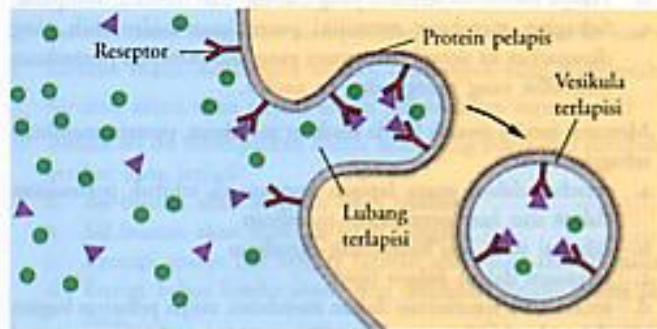
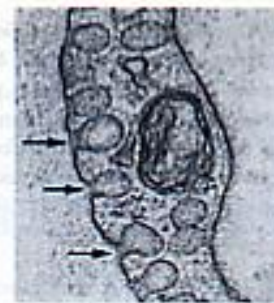
Tiga jenis endositosis dalam sel hewan



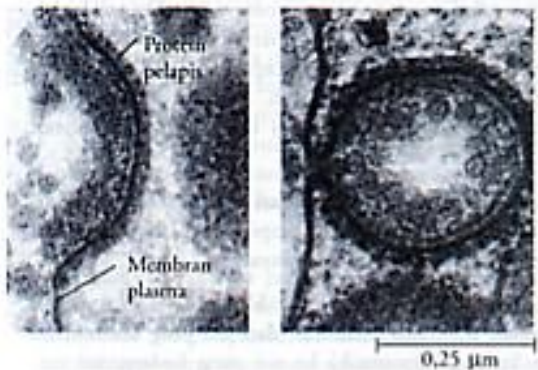
(a) Fagositosis



(b) Pinositosis



(c) Endositosis yang diperantarai reseptor



(a) Pada fagositosis, pseudopodia “menelan” suatu partikel dan mengemasnya dalam suatu vakuola. Mikrograf ini menunjukkan amuba yang menelan bakteri (TEM). (b) Pada pinositosis, tetesan fluida ekstraseluler dimasukkan ke dalam sel dalam sebuah vesikula kecil. Mikrograf ini menunjukkan vesikula pinositosis (tanda panah) dalam sel yang melapisi pembuluh darah kecil (TEM). (c) Pada endositosis yang diperantarai reseptor, lubang terlapisi membentuk vesikula apabila molekul spesifik (ligan) terikat reseptor pada permukaan sel. Mikrograf ini menunjukkan dua tahapan berurutan endositosis yang diperantarai reseptor (TEM). Setelah materi tercerna dibebaskan dari vesikula untuk metabolisme, reseptor dikembalikan lagi ke membran plasma.

BAB 9.

RESPIRASI SELULER: MEMANEN ENERGI KIMIAWI

◆ Prinsip pemanenan energi

- Respirasi seluler dan fermentasi merupakan **jalur katabolik**
- Sel **mendaur ulang ATP** untuk melakukan kerja
- Reaksi redoks **melepas energi** ketika elektron bergerak lebih dekat ke atom elektronegatif
- **Elektron "jatuh"** dari molekul organik ke oksigen selama respirasi seluler
- "Jatuhnya" elektron selama respirasi berlangsung secara **bertahap**

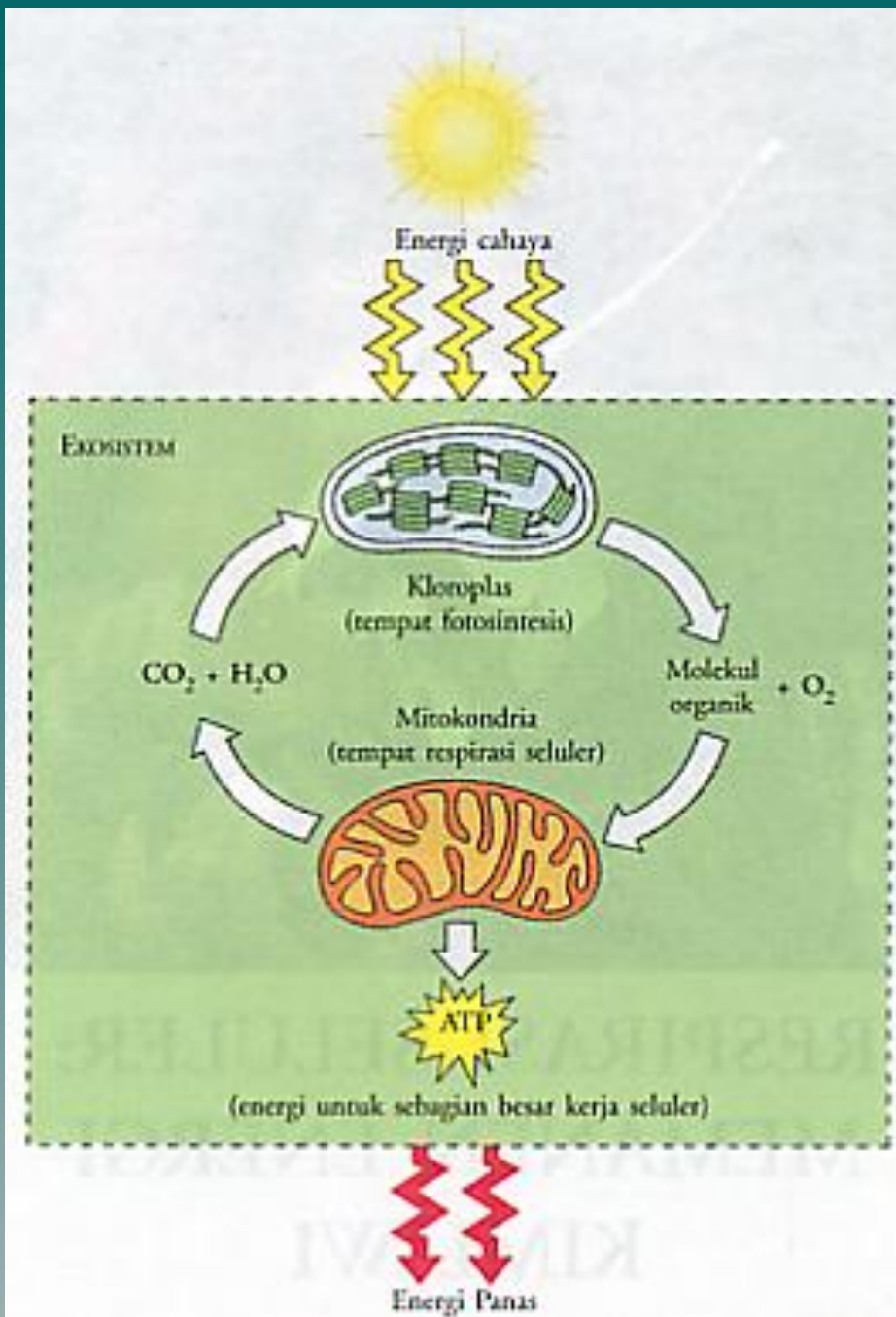
◆ Proses respirasi seluler

- Respirasi melibatkan glikolisis, siklus Krebs, dan transpor elektron
- **Glikolisis** memanen energi kimiawi dengan mengoksidasi glukosa menjadi piruvat
- **Siklus Krebs** menyempurnakan oksidasi molekul organik penghasil-energi
- **Membran-dalam mitokondria** mengkopel transpor elektron dengan sintesis ATP
- Respirasi seluler menghasilkan **banyak molekul ATP**

◆ Proses-proses metabolisme yang terkait

- **Fermentasi** memungkinkan sebagian sel dapat menghasilkan ATP tanpa oksigen
- Glikolisis dan siklus Krebs **menghubungkan banyak jalur** metabolisme lain
- **Mekanisme umpan-balik** mengontrol respirasi seluler

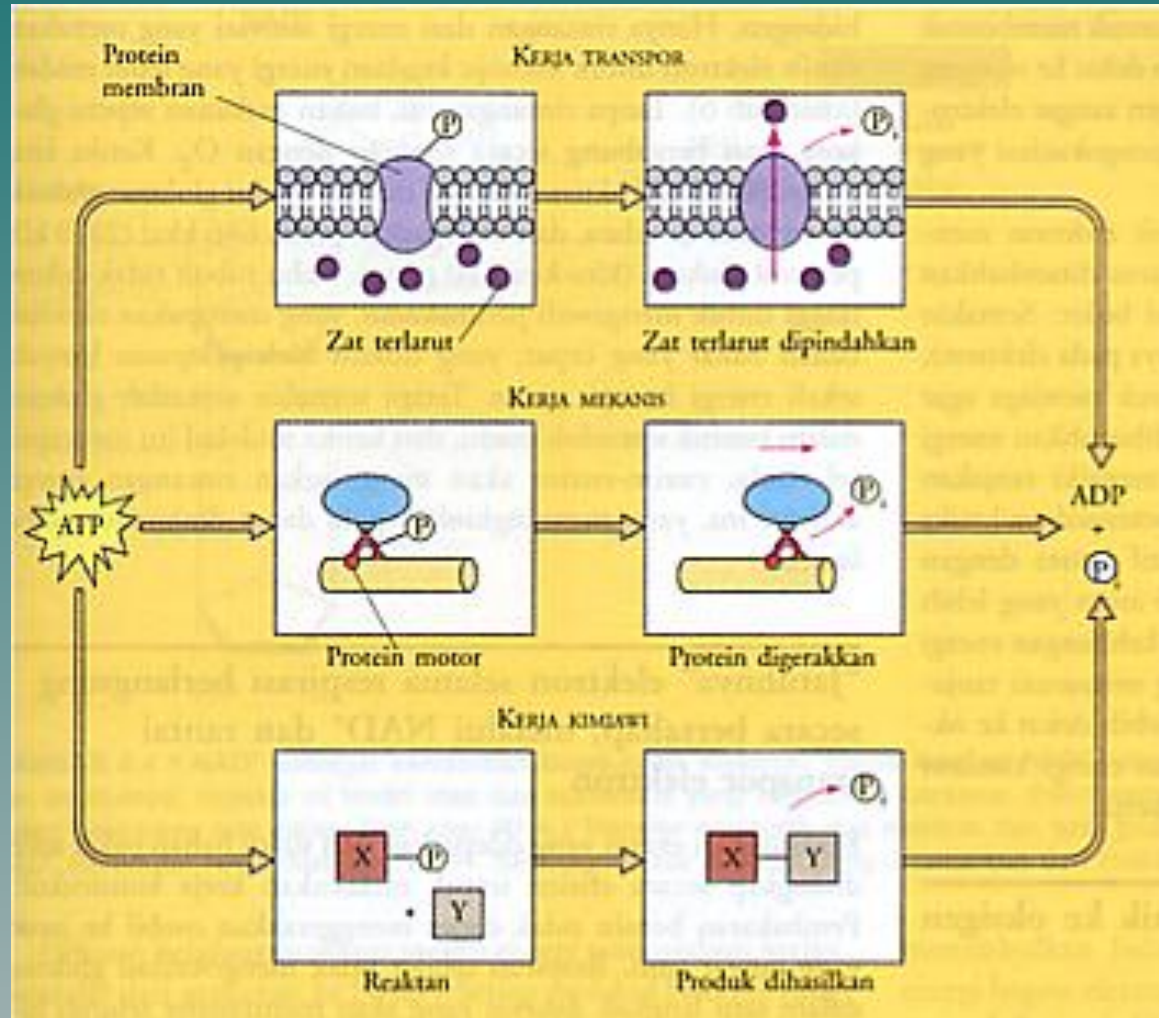
Aliran energi dan pendaurlangan kimiawi dalam ekosistem



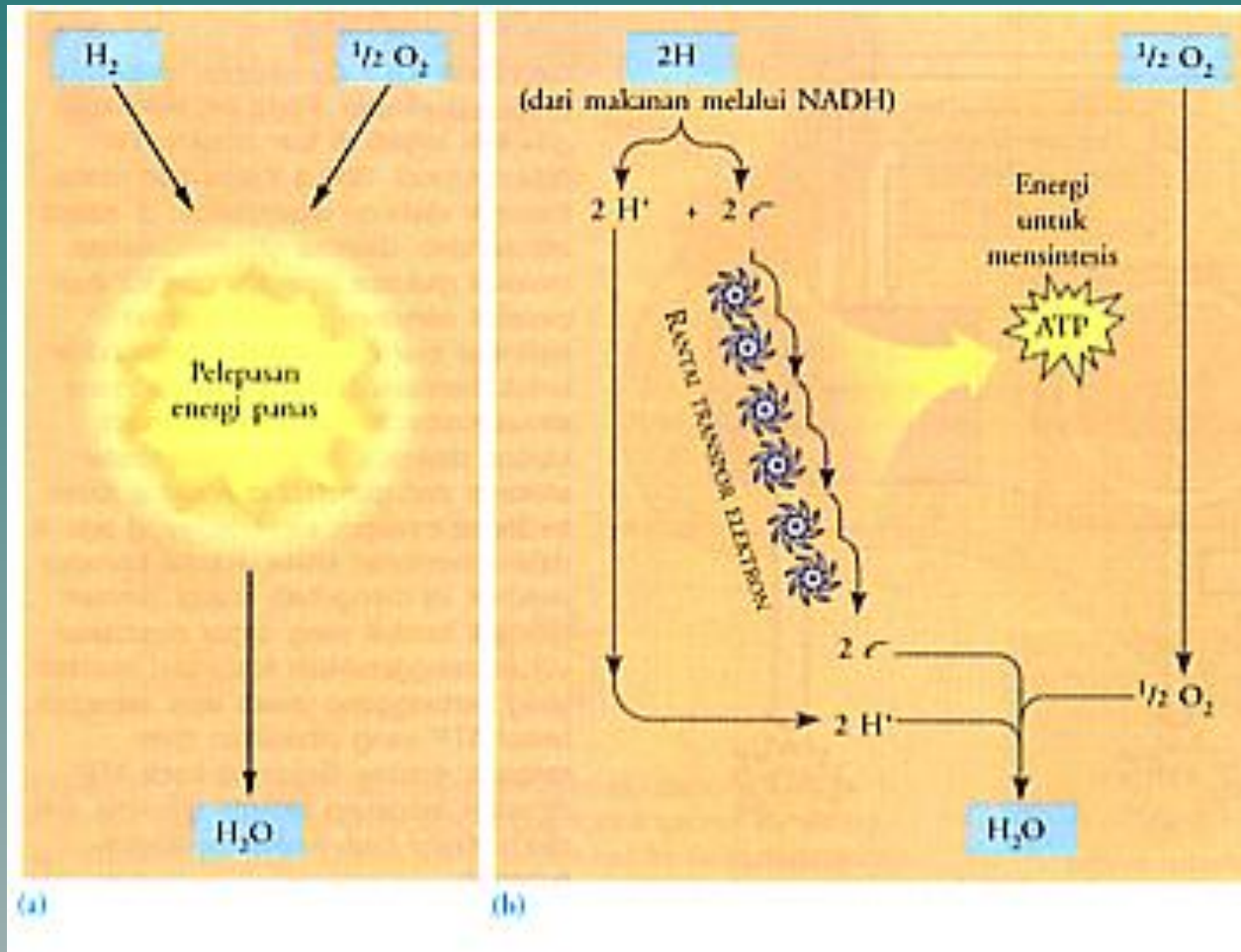
Mitokondria eukariota (termasuk tumbuhan) menggunakan produk organik dari fotosintesis sebagai bahan bakar untuk respirasi seluler, yang juga mengkonsumsi oksigen yang dihasilkan oleh fotosintesis. Respirasi memanen energi yang tersimpan dalam molekul organik untuk menghasilkan ATP, yang menggerakkan sebagian besar kerja seluler. Produk limbah respirasi, karbon dioksida dan air, merupakan bahan yang digunakan kloroplas sebagai bahan mentah untuk fotosintesis. Dengan demikian, unsur kimiawi yang penting bagi kehidupan bisa didaur-ulang. Akan tetapi, energi tidak bisa didaur-ulang: Energi ini mengalir ke dalam ekosistem sebagai cahaya matahari dan meninggalkan ekosistem sebagai panas.

Bagaimana ATP menggerakkan kerja seluler

Transfer gugus fosfat merupakan mekanisme yang bertanggung jawab atas sebagian besar jenis kerja seluler. Enzim menggeser gugus fosfat (P) dari ATP ke beberapa molekul lain, dan molekul terfosforilasi ini mengalami suatu perubahan yang menimbulkan kerja. Misalnya, ATP menggerakkan transpor aktif dengan cara memfosforilasi protein khusus yang ada di dalam membran; menggerakkan kerja mekanis dengan cara memfosforilasi protein motor, seperti protein yang menggerakkan organel di sepanjang "jalur" sitoskeleton; dan menggerakkan kerja kimiawi dengan cara memfosforilasi reaktan utama. Molekul terfosforilasi kehilangan gugus fosfat begitu kerja dilakukan, menyisakan ADP dan fosfat anorganik (P_i) sebagai produknya. Respirasi seluler menambah pasokan ATP dengan menggerakkan fosforilasi ADP.



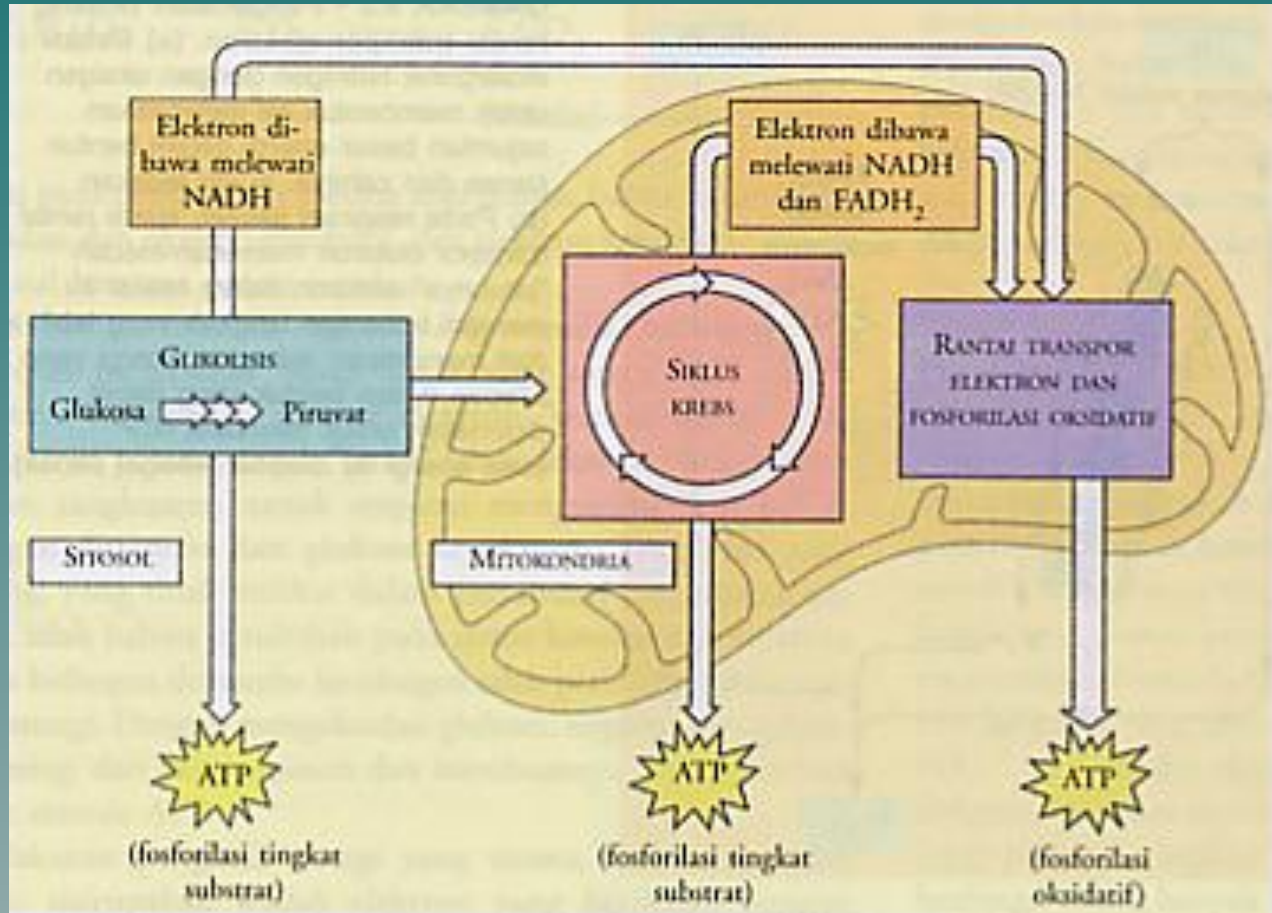
Pengenalan tentang rantai transpor elektron



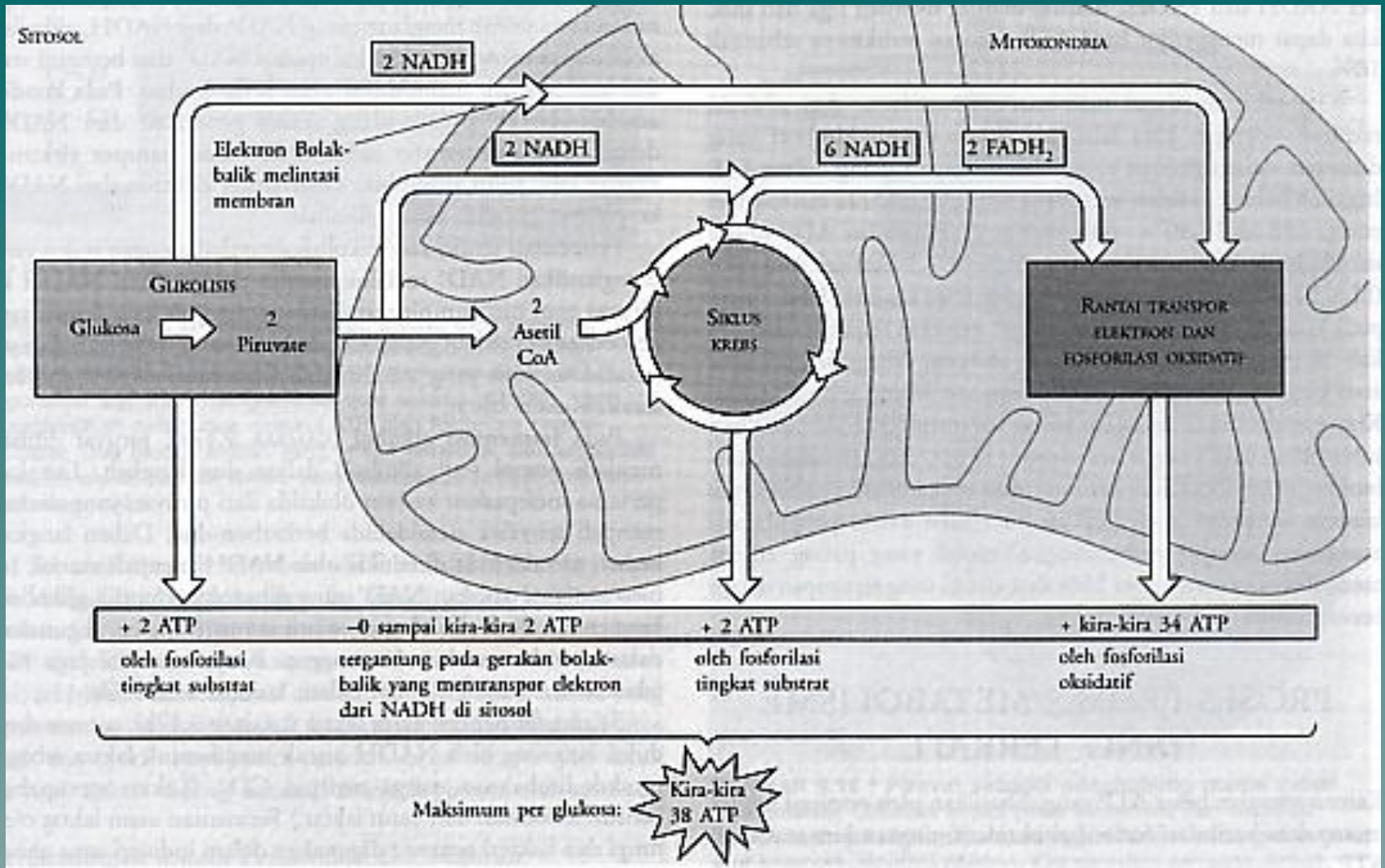
(a) Reaksi eksergonik hidrogen dengan oksigen untuk membentuk air melepaskan sejumlah besar energi dalam bentuk panas dan cahaya: suatu ledakan.

(b) Pada respirasi seluler, suatu rantai transpor elektron memecah-mecah "jatuhnya" elektron dalam reaksi ini menjadi beberapa langkah yang lebih kecil dan menyimpan sebagian energi yang dilepas dalam bentuk yang dapat digunakan untuk membuat ATP (sisa energi itu dilepas sebagai panas).

Gambaran umum respirasi seluler



Pada sel eukariotik, glikolisis terjadi di luar mitokondria dalam sitosol. Siklus Krebs dan rantai transpor elektron ditempatkan di dalam mitokondria. NADH mentransfer elektron dari glikolisis dan siklus Krebs ke rantai transpor elektron, yang ada di dalam membran krista. Rantai transpor elektron ini mengubah energi kimiawi menjadi bentuk yang dapat digunakan untuk menggerakkan fosforilasi oksidatif, yang bertanggung jawab atas sebagian besar ATP yang dihasilkan oleh respirasi seluler. Sejumlah kecil ATP dibentuk langsung selama glikolisis dan siklus Krebs oleh fosforilasi tingkat-substrat.



Setiap molekul glukosa menghasilkan banyak molekul ATP selama respirasi seluler. Uraian dalam teks menjelaskan mengapa 38 ATP per glukosa hanya merupakan perkiraan keluaran maksimum.

BAB 10.

FOTOSINTESIS

◆ Fotosintesis di Alam

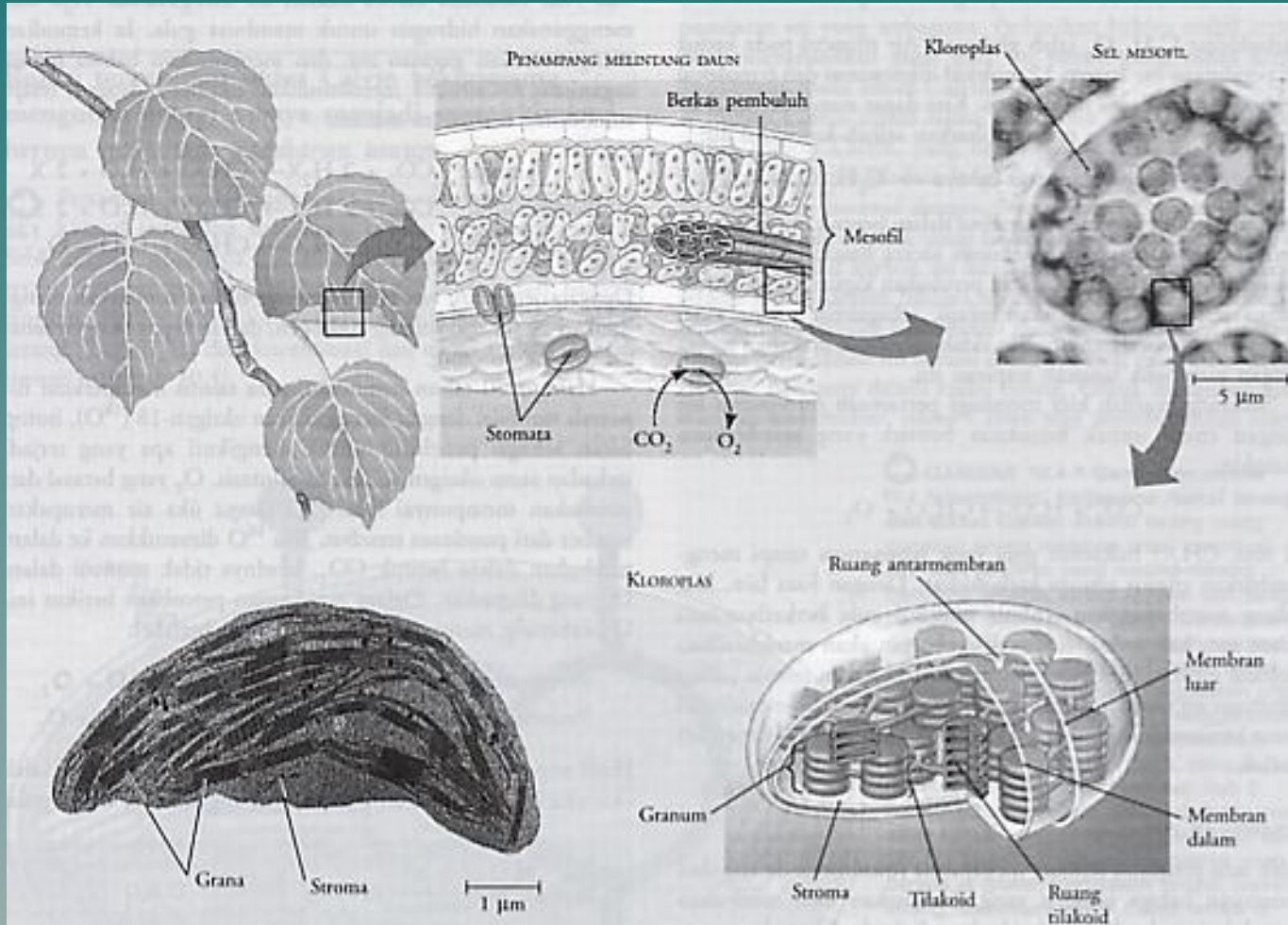
- Tumbuhan dan autotrof lainnya merupakan **produsen** biosfer
- **Kloroplas** merupakan tempat fotosintesis pada tumbuhan

◆ Jalur fotosintesis

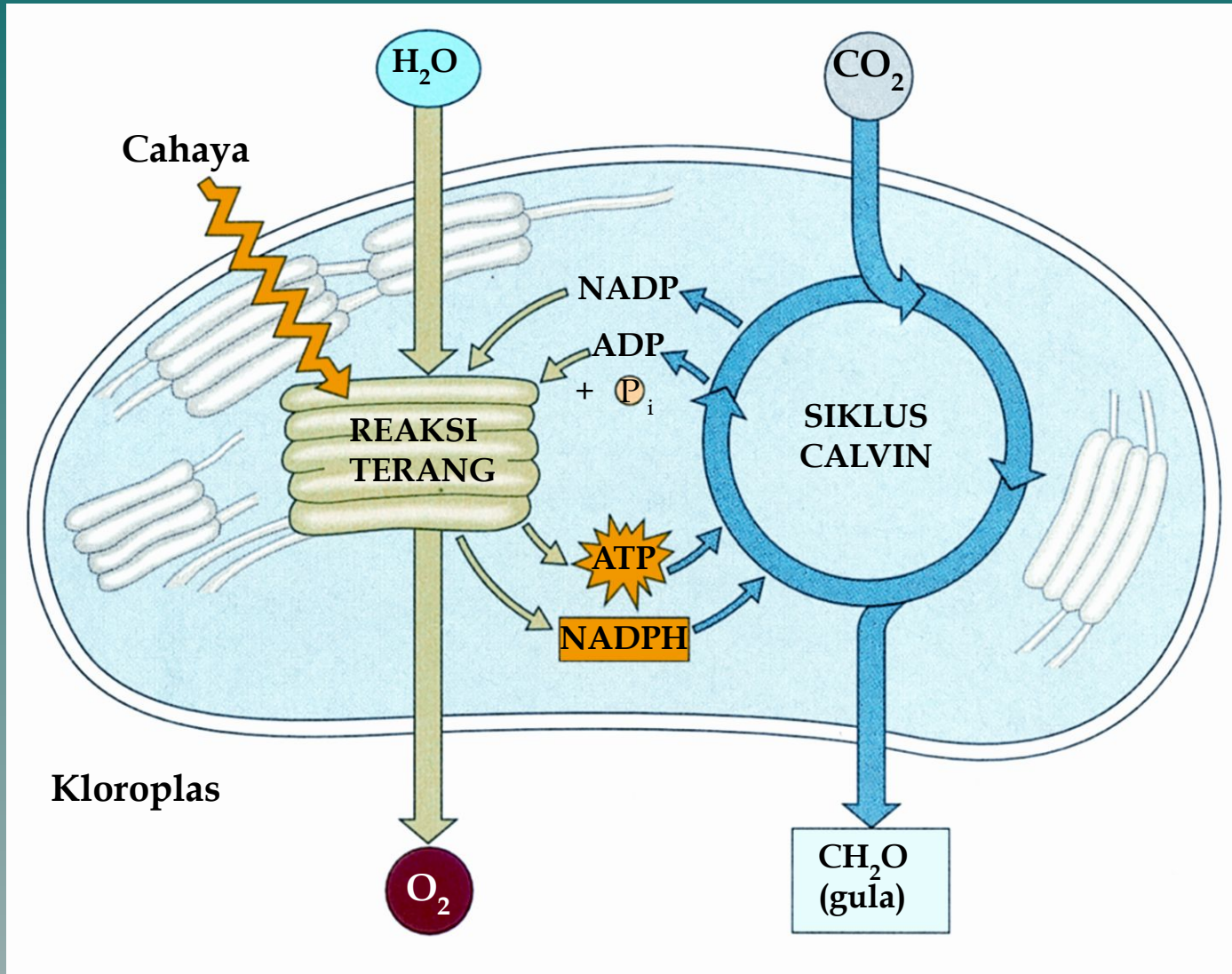
- Bukti bahwa kloroplas menguraikan molekul air membuat para peneliti dapat menelusuri atom melalui fotosintesis
- Reaksi terang dan siklus Calvin **bekerjasama** mengubah energi cahaya menjadi energi kimiawi berupa makanan
- **Reaksi terang** mengubah energi matahari menjadi energi kimiawi berupa ATP dan NADPH
- **Siklus Calvin** menggunakan ATP dan NADPH untuk mengubah CO_2 menjadi gula
- **Mekanisme alternatif untuk fiksasi karbon** telah berkembang di daerah beriklim panas dan kering
- Fotosintesis merupakan **dasar metabolik** biosfer

Tempat fotosintesis pada tumbuhan

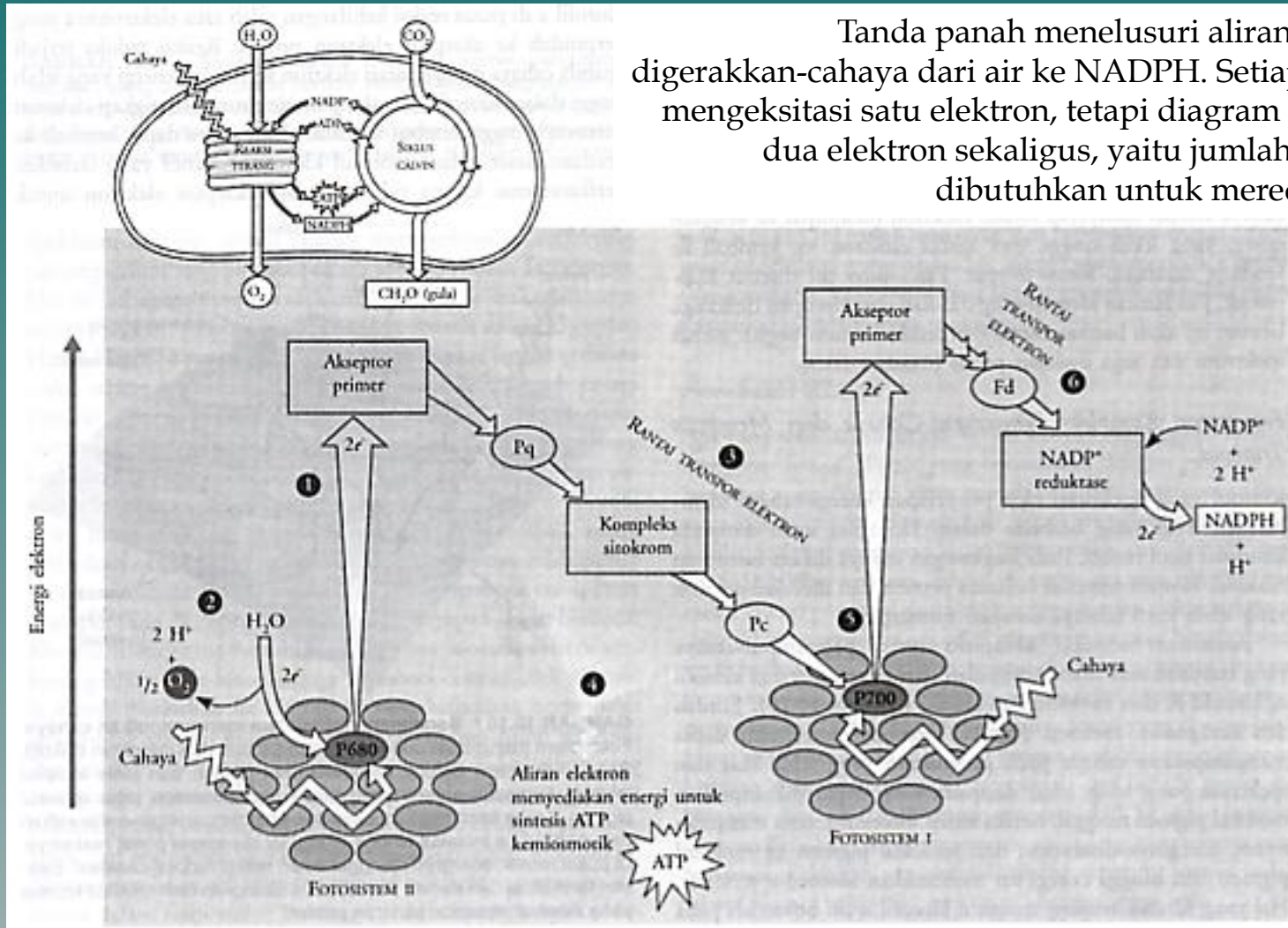
Dedaunan merupakan organ utama fotosintesis pada tumbuhan. Pertukaran gas antara mesofil dan atmosfer terjadi melalui pori mikroskopik yang disebut stomata. Kloroplas, yang terutama ditemukan dalam mesofil, dilindungi oleh dua membran yang membungkus stroma, fluida kental yang dikandung kloroplas. Membran sistem tilakoid memisahkan stroma dari ruang tilakoid. Tilakoid terkonsentrasi dalam tumpukan yang disebut grana



Gambaran umum fotosintesis: kerjasama reaksi terang dan siklus Calvin

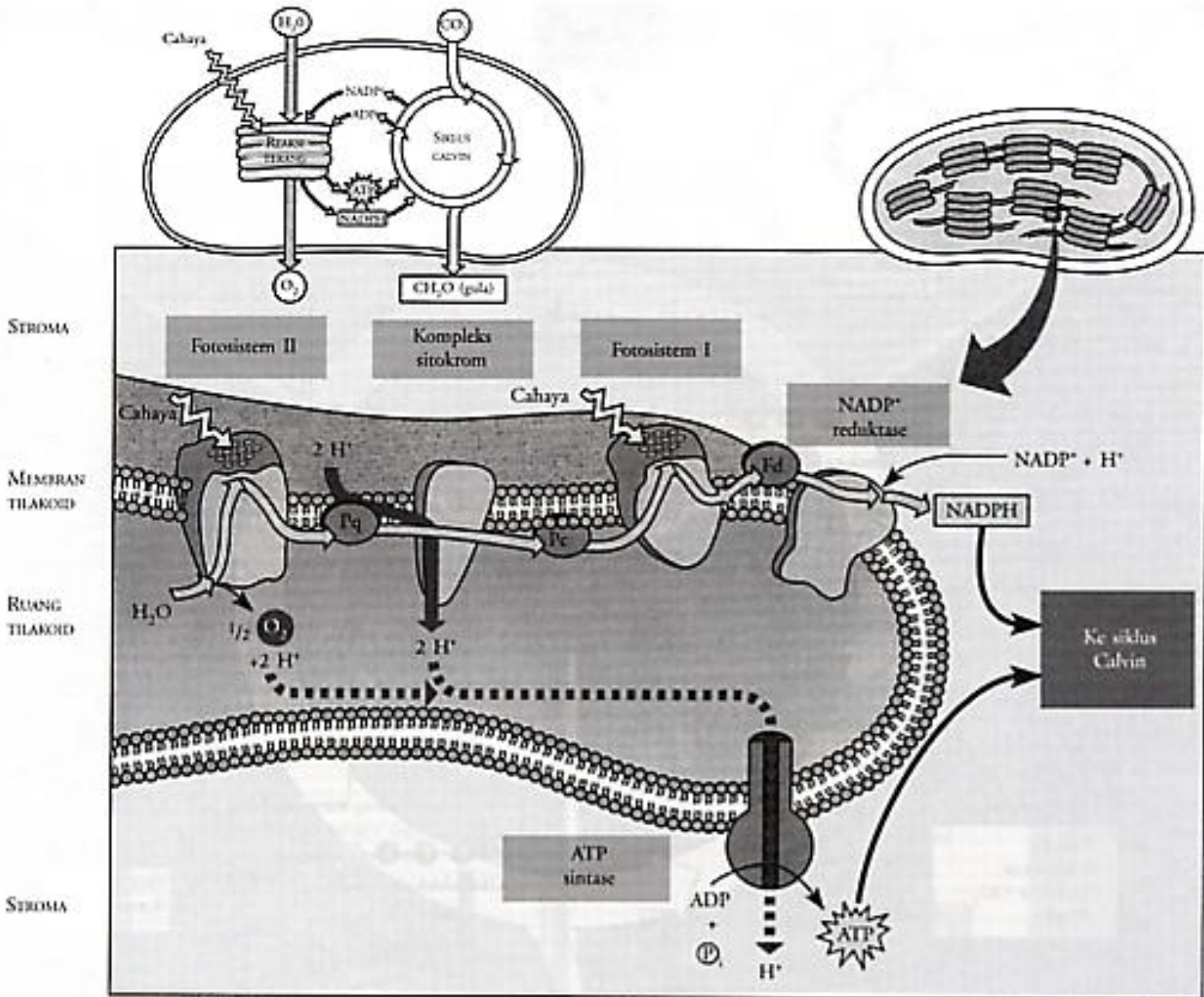


Bagaimana aliran elektron nonsiklik selama reaksi terang menghasilkan ATP dan DADPH



Tanda panah menelusuri aliran elektron yang digerakkan-cahaya dari air ke NADPH. Setiap foton cahaya mengeksitasi satu elektron, tetapi diagram ini menelusuri dua elektron sekaligus, yaitu jumlah elektron yang dibutuhkan untuk mereduksi NADP⁺.

Model sementara untuk organisasi membran tilakoid



BAB 11.

KOMUNIKASI SEL

◆ **Gambaran umum pensinyalan sel**

- Pensinyalan sel berkembang pada awal sejarah kehidupan
- Sel yang berkomunikasi mungkin **berdekatan** atau **terpisah jauh**
- Tiga tahapan pensinyalan sel adalah penerimaan, transduksi, dan respons

◆ **Penerimaan sinyal dan inisiasi transduksi**

- Molekul sinyal **terikat pada reseptor**, menyebabkan protein berubah bentuk
- Sebagian besar reseptor sinyal merupakan **protein membran-plasma**

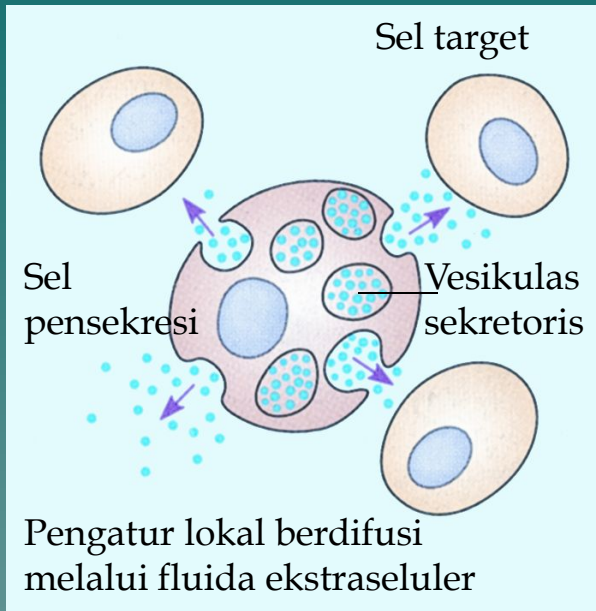
◆ **Jalur transduksi-sinyal**

- Jalur-jalur **merelai sinyal** dari reseptor ke respons seluler
- **Fosforilasi protein** merupakan mekanisme utama transduksi sinyal
- **Molekul kecil** dan **ion kecil** tertentu merupakan komponen utama jalur pensinyalan

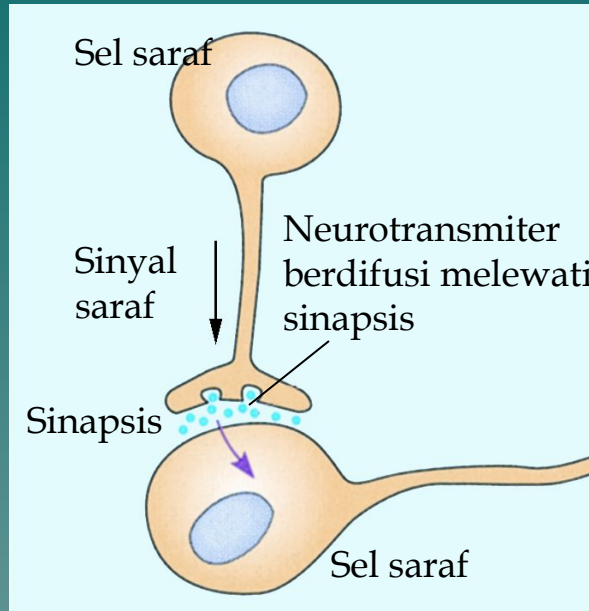
◆ **Respons seluler terhadap sinyal**

- Dalam merespons sinyal, suatu sel dapat **mengatur aktivitas** dalam sitoplasma atau **transkripsi** dalam nukleus
- Jalur yang rumit **memperkuat** dan **menentukan** respons sel terhadap sinyal

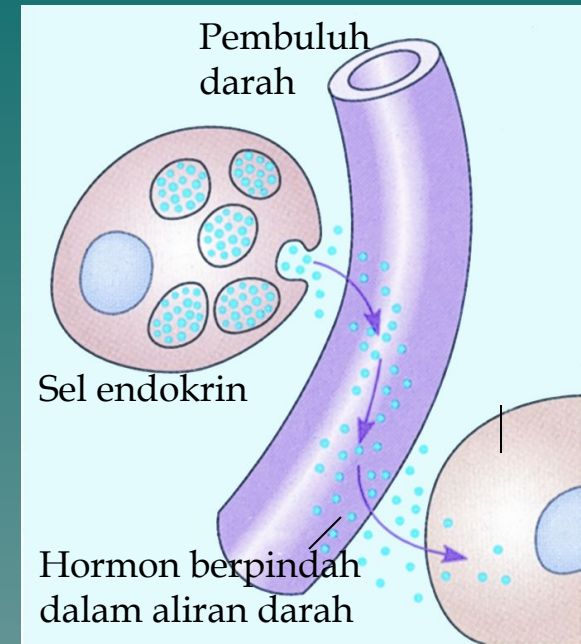
Komunikasi sel jarak dekat atau jarak jauh pada hewan



Pensinyalan parakrin



Pensinyalan sinaptik

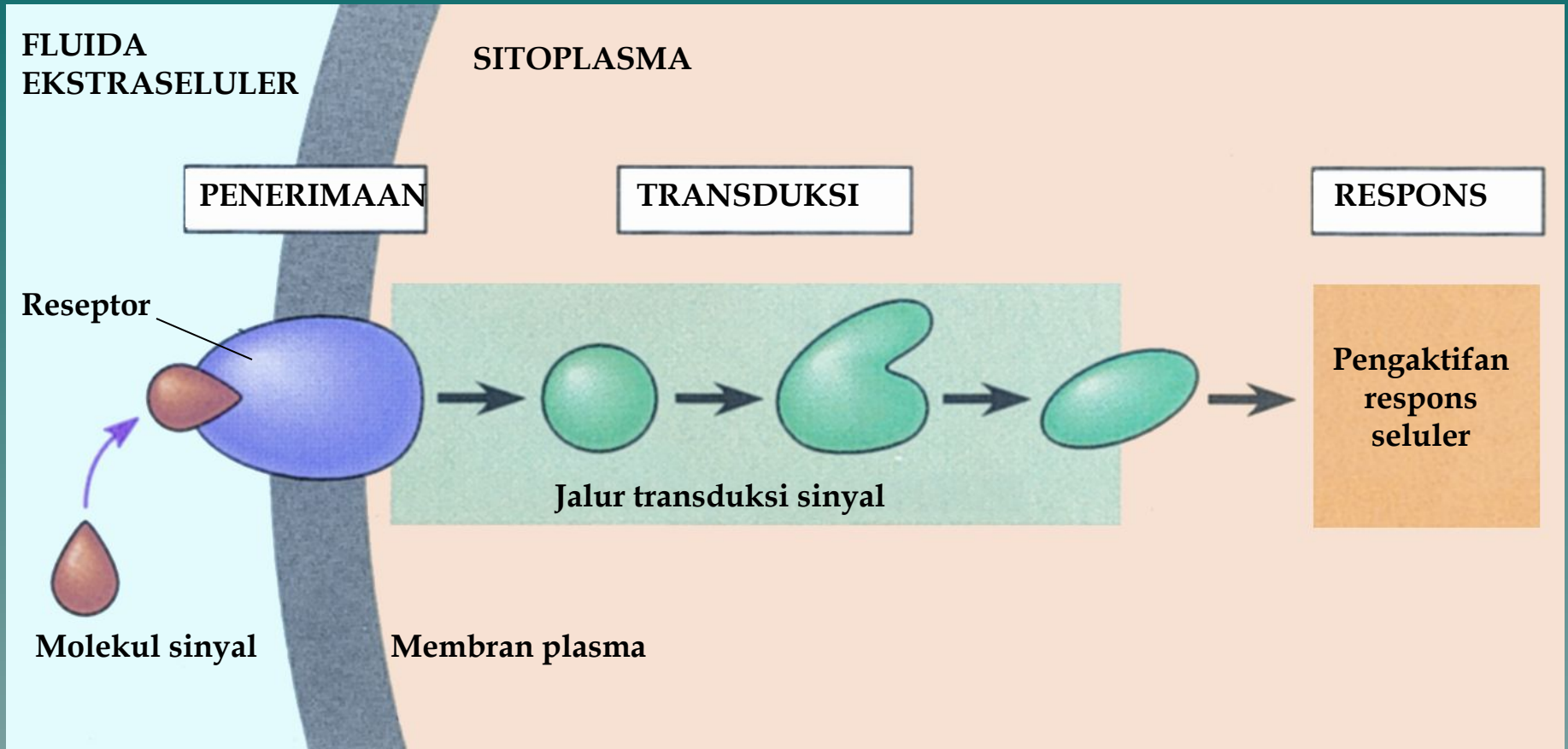


(b) Pensinyalan hormonal

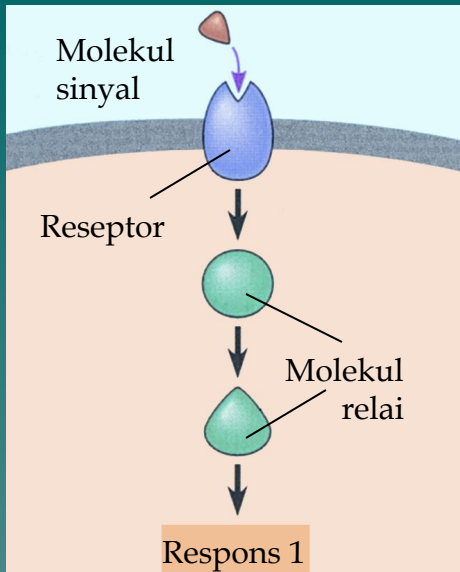
(a) Pensinyalan jarak dekat

(a) Hewan memiliki dua jenis utama pensinyalan kimiawi jarak dekat. Pada pensinyalan parakrin, sel pensekresi bertindak pada sel target di dekatnya dengan melepas molekul pengatur lokal ke dalam fluida ekstraseluler. Dalam pensinyalan sinaptik, sel saraf melepaskan molekul neurotransmitter ke dalam sinapsis, ruang sempit di antara sel pengirim dan sel target. (b) Hormon mensinyal sel target pada jarak yang lebih jauh. Pada hewan, sel endokrin terspesialisasi mensekresi hormon ke dalam cairan tubuh, seringkali darah. Hormon dapat mencapai hampir seluruh sel tubuh, tetapi, jika dengan pengatur lokal, hanya sel target spesifik yang mengenali dan merespons sinyal kimiawi yang diberikan. (Tumbuhan juga menggunakan hormon untuk pensinyalan dari satu bagian tumbuhan ke bagian yang lain.)

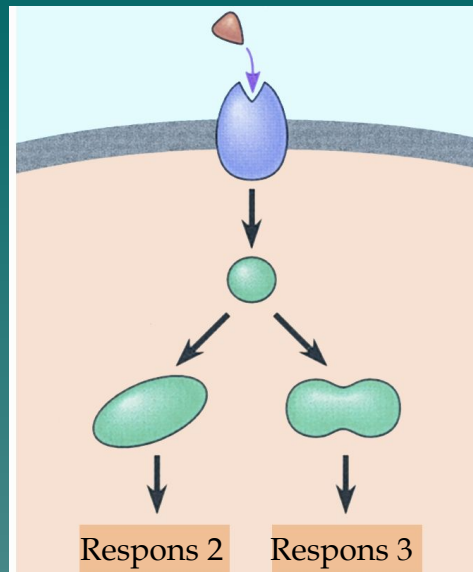
Gambaran umum pensinyalan sel



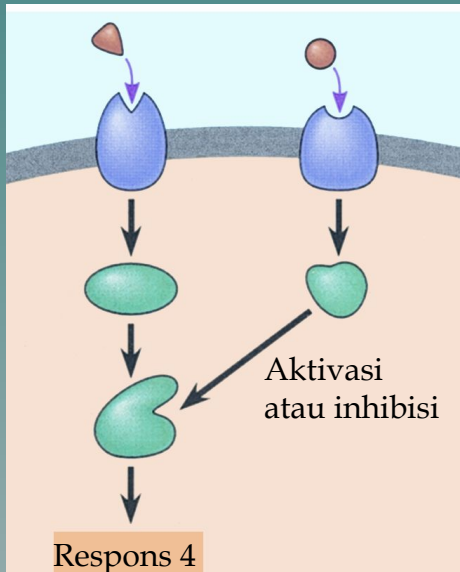
Kekhususan pensinyalan sel



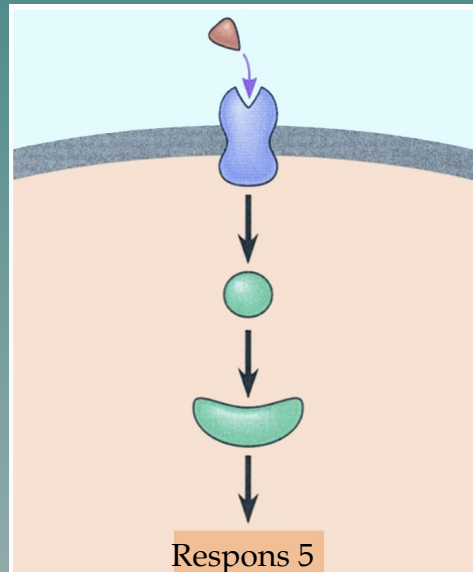
Sel A: jalur yang memunculkan satu respons tunggal



Sel B: jalur bercabang, memunculkan dua respons



Sel C: saling-sapa di antara dua jalur



Sel D: reseptor berbeda dengan reseptor pada sel A-D

Protein tertentu yang dimiliki sel menentukan molekul sinyal apa yang diresponsnya dan sifat responsnya. Keempat sel dalam diagram yang disederhanakan ini merespons molekul sinyal yang digambarkan oleh suatu segitiga kecil di bagian atas gambar, tetapi dalam cara yang berbeda, karena masing-masing memiliki kumpulan protein yang berbeda. Akan tetapi, perhatikan bahwa jenis molekul yang sama dapat berperan-serta dalam lebih dari satu jalur; misalnya, sel A, B, dan C memiliki reseptor yang identik untuk segitiga itu. Sel B memiliki jalur bercabang, Sel C memperlihatkan saling-sapa di antara kedua jalur, yang membuat sel dapat memadukan informasi dari dua sinyal yang berbeda. Sel D memiliki reseptor untuk segitiga tersebut yang berbeda dari reseptor dalam sel A, B, dan C.

BAB 12.

SIKLUS SEL

◆ Peran utama pembelahan sel

- Pembelahan sel berfungsi dalam **reproduksi, pertumbuhan, dan perbaikan**
- Pembelahan sel mendistribusikan kumpulan **kromosom yang identik** ke sel anak

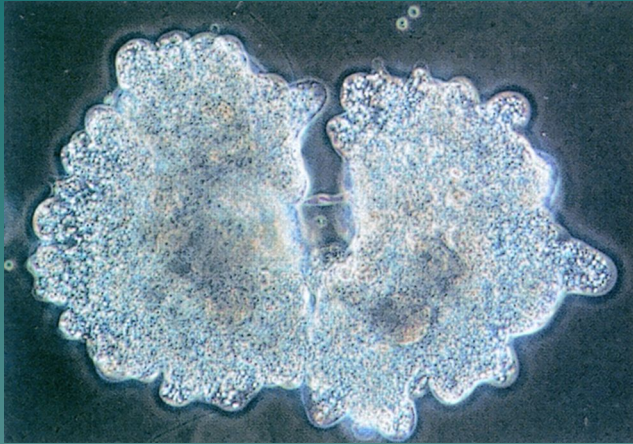
◆ Siklus sel mitotik

- Fase mitotik **bergantian** dengan interfase di dalam siklus sel
- **Gelendong mitotik** mendistribusikan kromosom ke sel anak
- **Sitokinesis** membelah sitoplasma
- Mitosis pada eukariota kemungkinan berkembang dari **pembelahan biner** bakteri

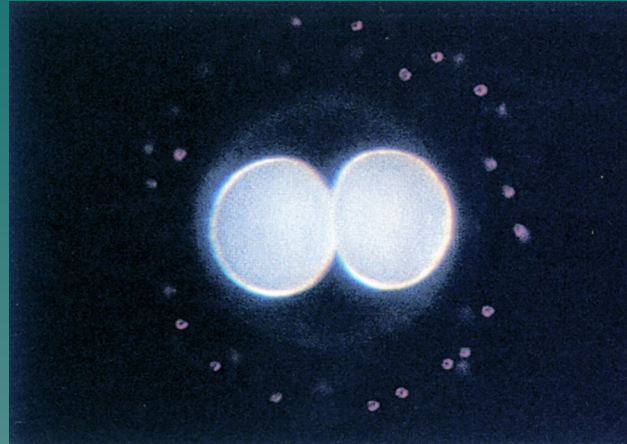
◆ Pengaturan siklus sel

- **Sistem pengontrolan molekuler** menggerakkan siklus sel
- Isyarat **internal** dan **eksternal** membantu mengatur siklus sel
- Sel kanker telah **lepas** dari pengontrolan siklus sel

Fungsi pembelahan sel

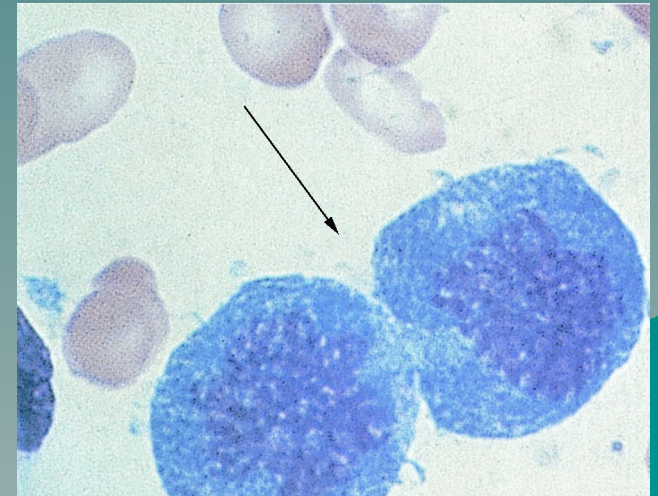


(a) Reproduksi



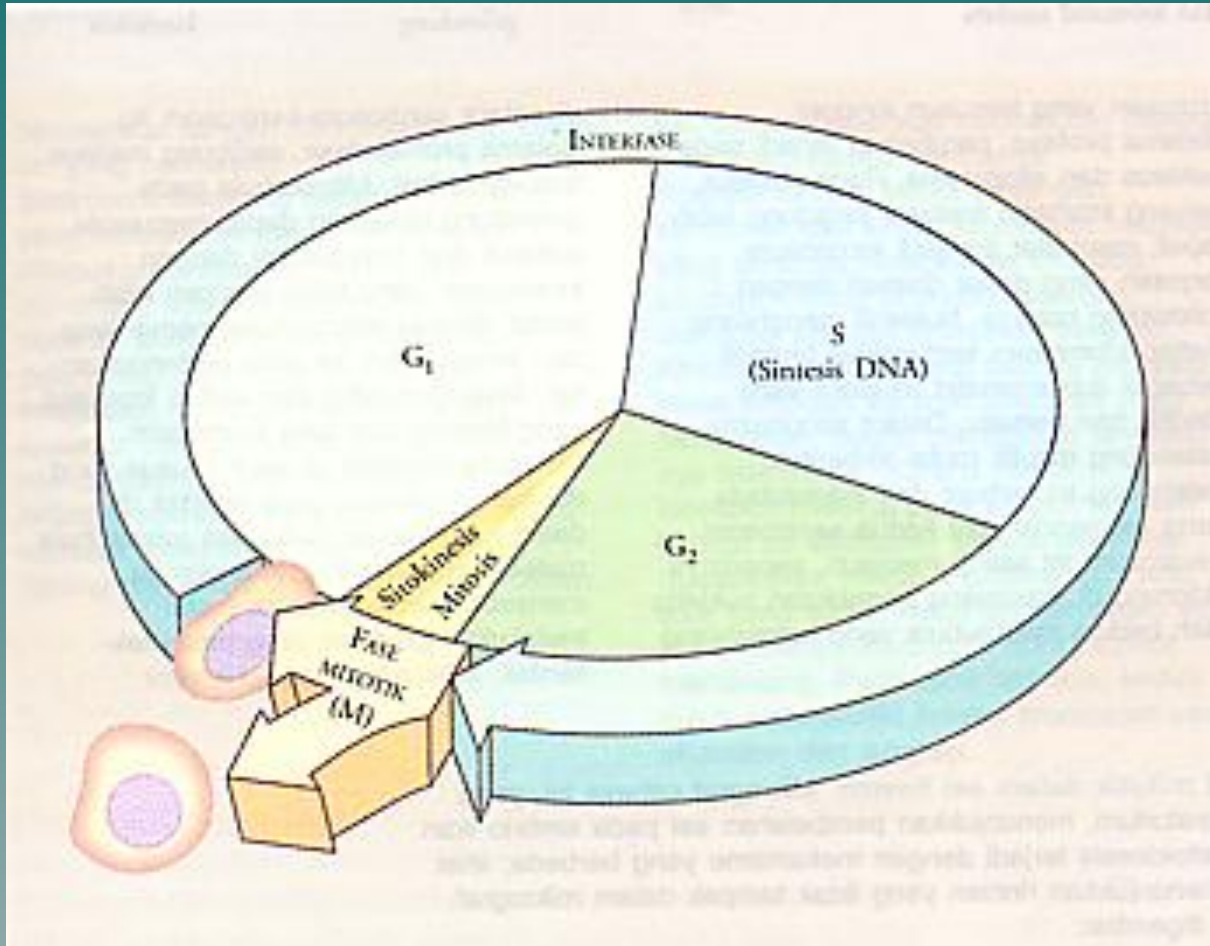
(b) Pertumbuhan dan perkembangan

(a) Amoeba, eukariota bersel tunggal, membelah untuk membentuk dua sel, masing-masing merupakan organisme yang terpisah. Dalam kasus ini, fungsi pembelahan sel ialah reproduksi. (b) Untuk organisme multiseluler, pembelahan sel embrio merupakan hal yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan. (c) Bahkan pada organisme multiseluler dewasa, pembelahan sel terus berfungsi dalam pembaruan dan perbaikan jaringan. Misalnya, sel sumsum tulang yang membelah ini (tanda panah) menghasilkan sel darah merah baru.



(c) Pembaruan jaringan

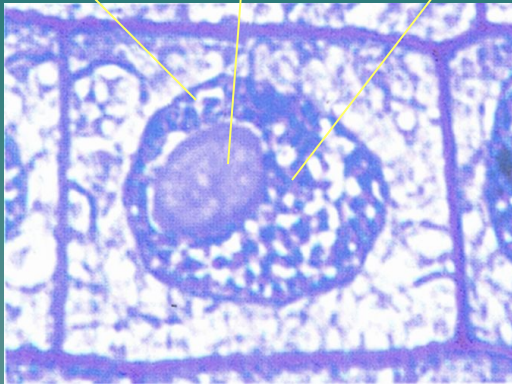
Siklus sel



Dalam suatu sel yang membelah, fase mitotik (M) bergantian dengan interfase, periode pertumbuhan. Bagian pertama interfase, yang disebut G₁, diikuti oleh fase S, ketika kromosom bereplikasi; bagian terakhir interfase ini disebut G₂. Dalam fase M, mitosis membelah nukleus dan mendistribusikan kromosomnya ke nukleus anak, dan sitokinesis membelah sitoplasma, menghasilkan dua sel anak.

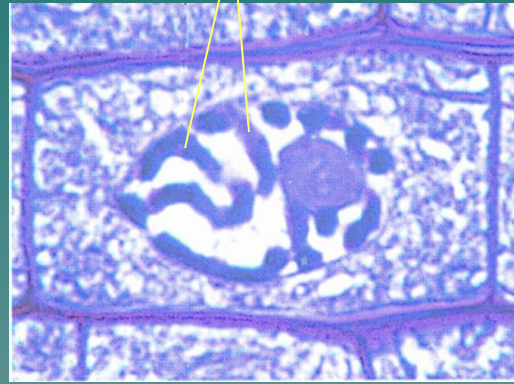
Mitosis pada sel tumbuhan

Nukleus Nukleolus Kromatin memadat

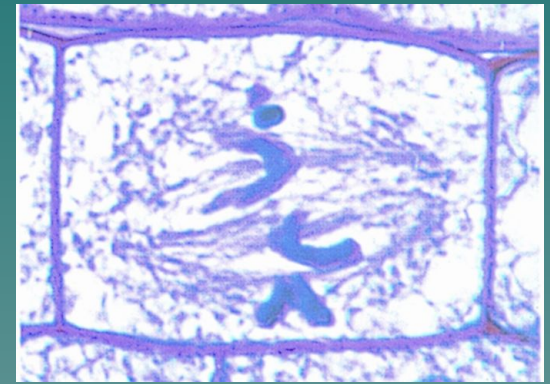


(a) Profase

Kromatin

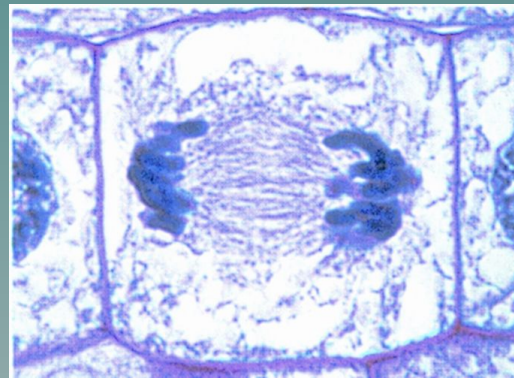


(b) Prometafase

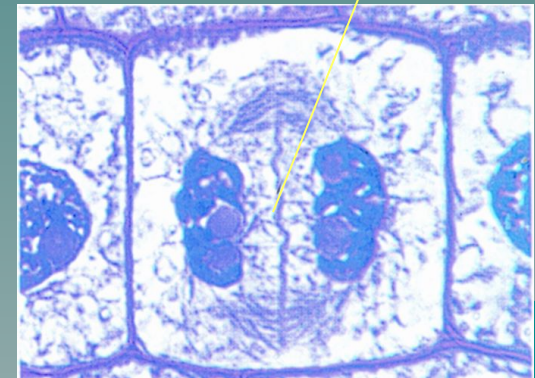


(c) Metafase

Pelat sel

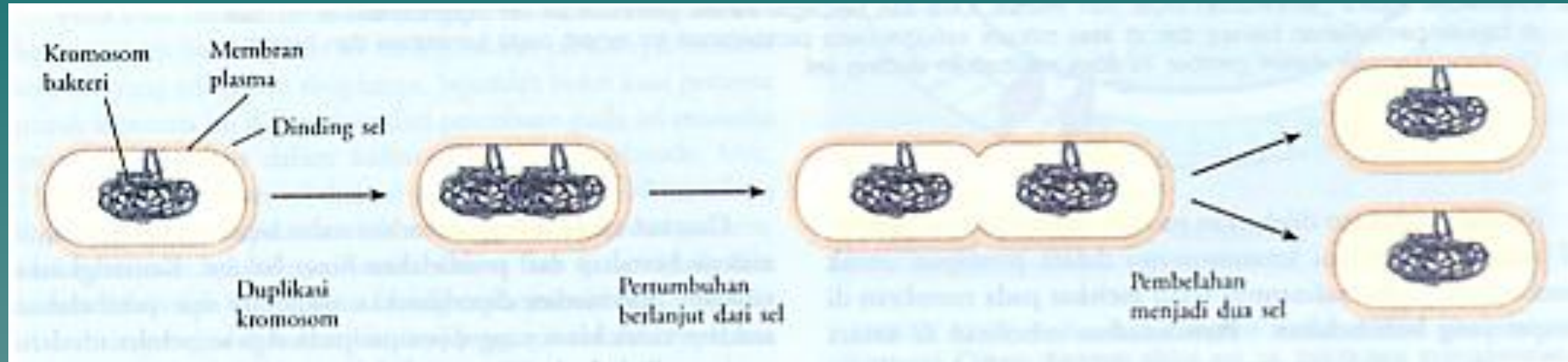


(d) Anafase



(e) Telofase


Pembelahan sel bakteri (pembelahan biner)



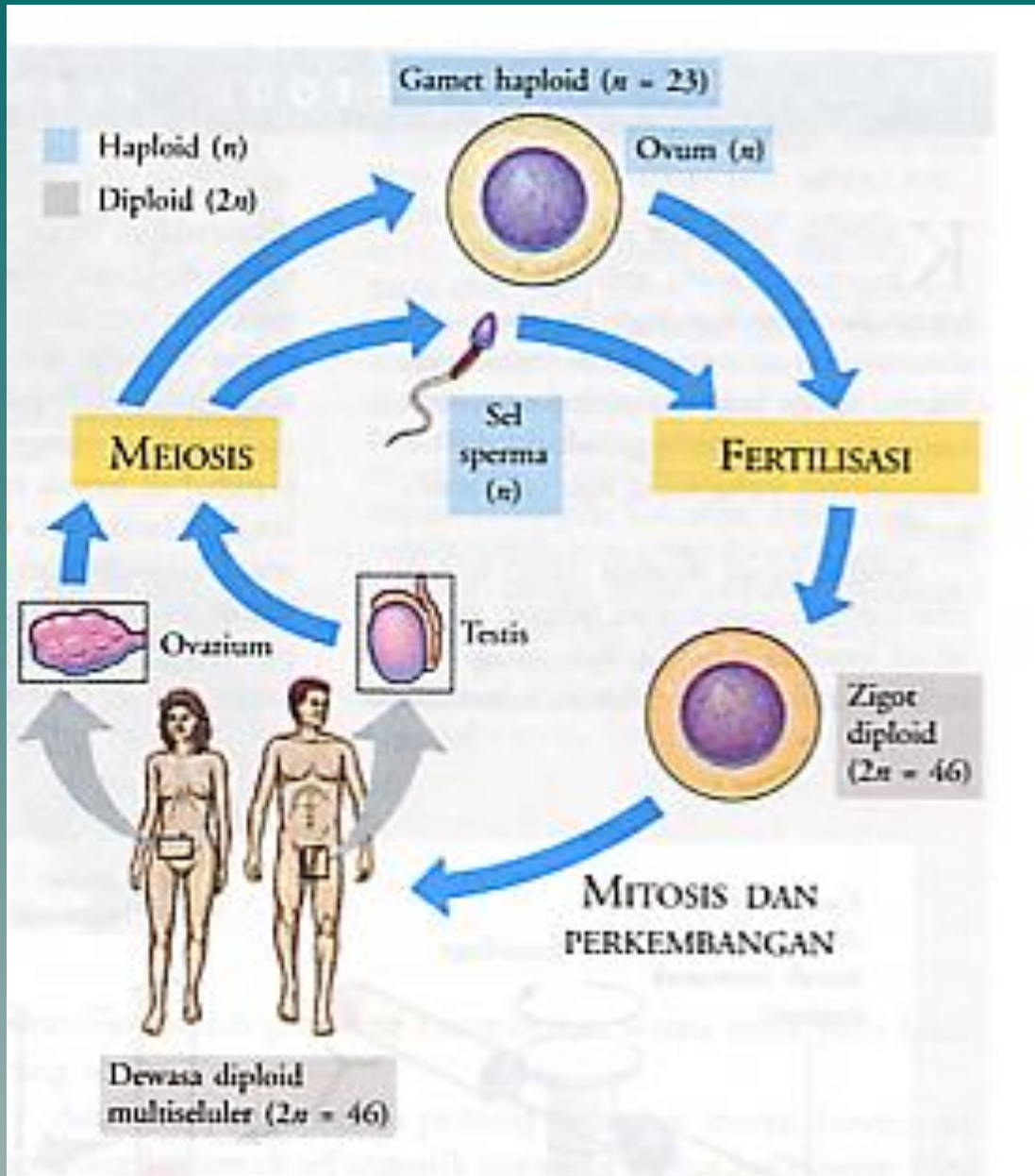
Alokasi genom identik ke sel anak tergantung pada pelekatan kromosom terduplikasi ke membran plasma sel induknya. Pertumbuhan lanjut sel tersebut secara berangsur-angsur memisahkan kromosom. Akhirnya membran plasma melekok ke dalam dan membagi sel menjadi dua pada saat dinding sel baru terbentuk di antara sel-sel anak tersebut.

BAB 13.

MEIOSIS DAN SIKLUS HIDUP SEKSUAL

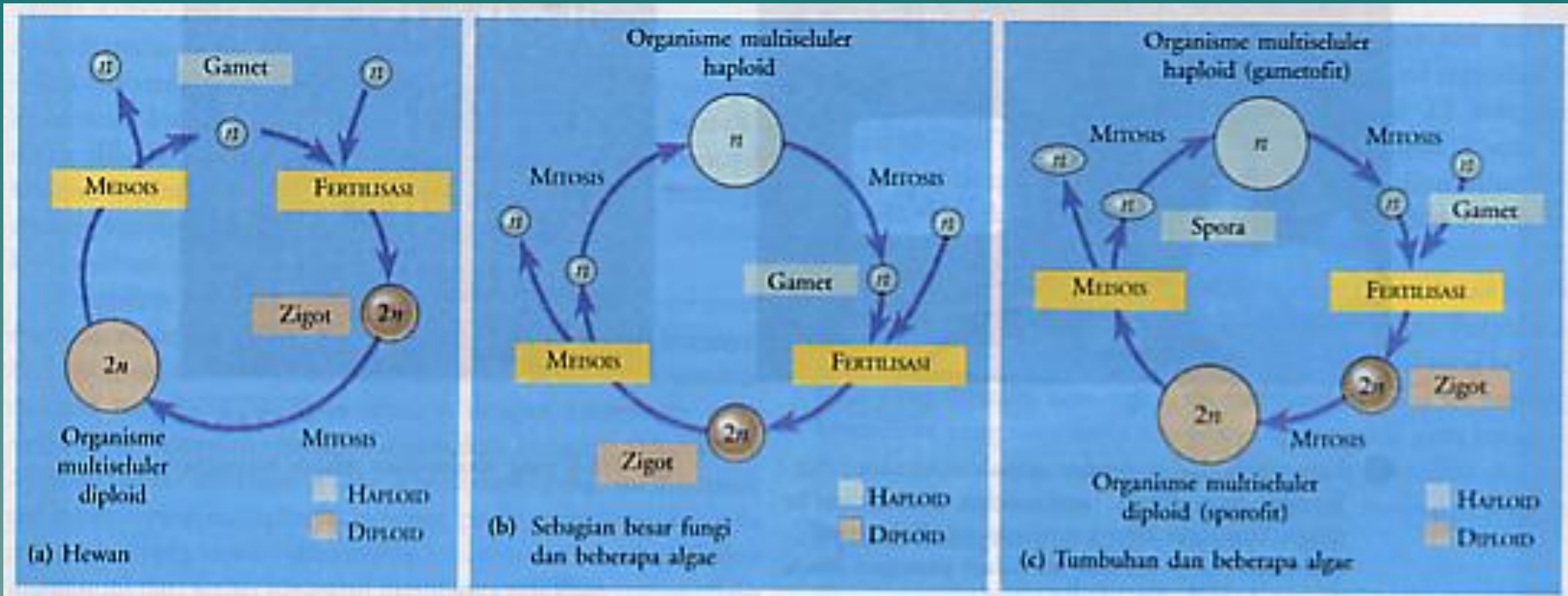
- ◆ **Mengenal hereditas**
 - Keturunan mendapatkan gen dari orangtua melalui **pewarisan kromosom**
 - **Sejenis menghasilkan sejenis**, kurang lebih: suatu perbandingan antara reproduksi aseksual dan seksual
 - ◆ **Peranan meiosis dalam siklus hidup seksual**
 - Fertilisasi dan meiosis terjadi **bergantian** dalam siklus hidup seksual
 - Meiosis **mengurangi jumlah kromosom** dari diploid menjadi haploid
 - ◆ **Sumber variasi genetik**
 - **Siklus hidup seksual** menghasilkan variasi genetik pada keturunan
 - **Adaptasi evolusioner** bergantung pada variasi genetik populasi
- 

Siklus hidup manusia



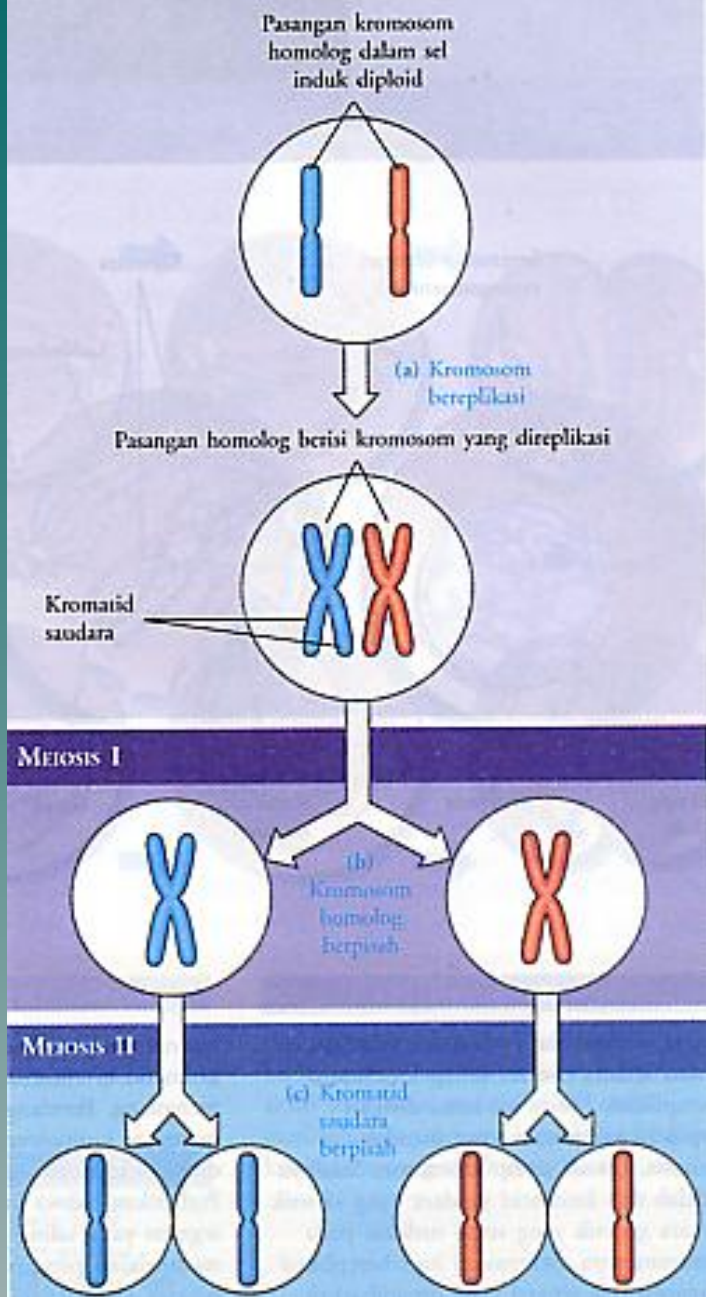
Dalam setiap generasi, penggandaan jumlah kromosom yang dihasilkan dari fertilisasi diimbangi oleh pembagiduaan jumlah kromosom yang dihasilkan dari meiosis. Untuk manusia, jumlah kromosom dalam setiap sel haploid adalah 23 ($n = 23$); jumlah kromosom dalam zigot diploid dan semua sel somatik yang berasal dari zigot ini adalah 46 ($2n = 46$).

Tiga siklus hidup seksual dengan perbedaan pada saat meiosis dan fertilisasi (singami)



Karakter umum yang sama-sama dimiliki oleh ketiga siklus ini adalah kemunculan bergantian dari kedua peristiwa penting ini, yang menyebabkan terjadinya variasi genetik pada keturunan.

INTERFASE I DARI MEIOSIS



Gambaran umum meiosis: bagaimana meiosis mereduksi jumlah kromosom

Setelah kromosom bereplikasi satu kali, sel diploidnya akan membelah diri dua kali, menghasilkan empat sel anak haploid. Diagram yang disederhanakan ini hanya menampilkan satu pasang kromosom homolog. (a) Pertama, masing-masing dari kromosom tersebut bereplikasi. (b) Kemudian proses pembelahan pertama (meiosis I) akan memisahkan kedua kromosom dari pasangan homolog, mengemasnya di dalam sel-sel anak yang terpisah (haploid). (c) Pembelahan kedua (meiosis II) memisahkan kromatid-kromatid saudara. Setiap sel anak yang dihasilkan dari meiosis II adalah sel haploid, mengandung satu kromosom tunggal dari pasangan homolog.

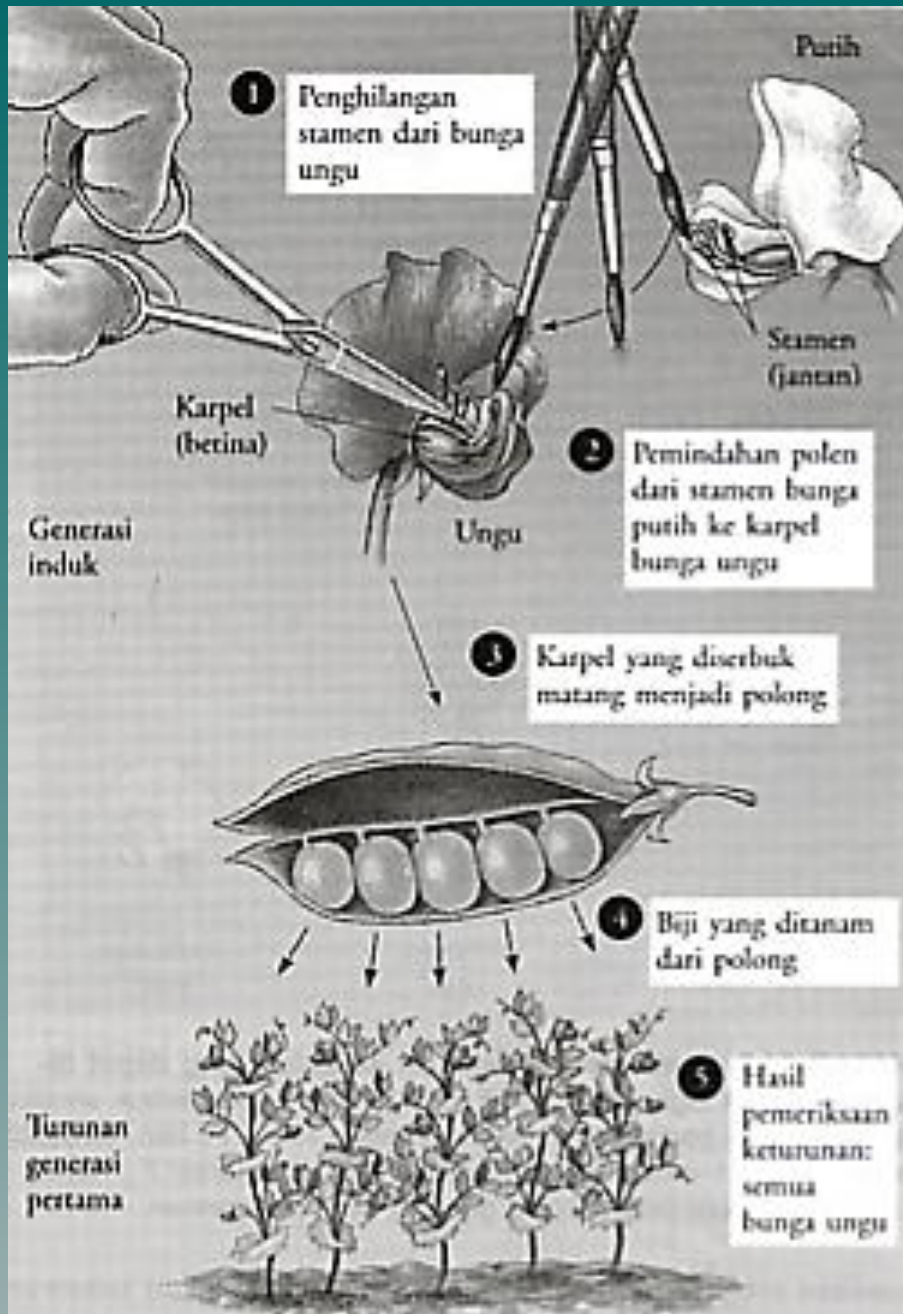
BAB 14.

MENDEL DAN IDE TENTANG GEN

- ◆ **Penemuan Gregor Mendel**
 - Mendel melakukan pendekatan eksperimental dan kuantitatif untuk genetika
 - Berdasarkan **hukum segregasi**, kedua alel untuk suatu karakter dikemas ke dalam gamet yang terpisah
 - Berdasarkan **hukum pemilahan independen**, tiap-tiap pasangan alel akan memisah ke dalam gamet secara independen
 - Penurunan sifat Mendelian menggambarkan aturan **probabilitas**
 - Mendel menemukan **perilaku partikulat** gen
- ◆ **Pengembangan genetika Mendelian**
 - Hubungan antara genotipe dan fenotipe jarang yang sederhana
- ◆ **Penurunan sifat Mendelian pada manusia**
 - **Analisis silsilah** mengungkapkan adanya pola Mendelian pada penurunan sifat manusia
 - Banyak **kelainan** pada manusia mengikuti pola penurunan sifat Mendelian
 - **Teknologi** menyediakan perangkat baru untuk melakukan pengujian dan penyuluhan genetik

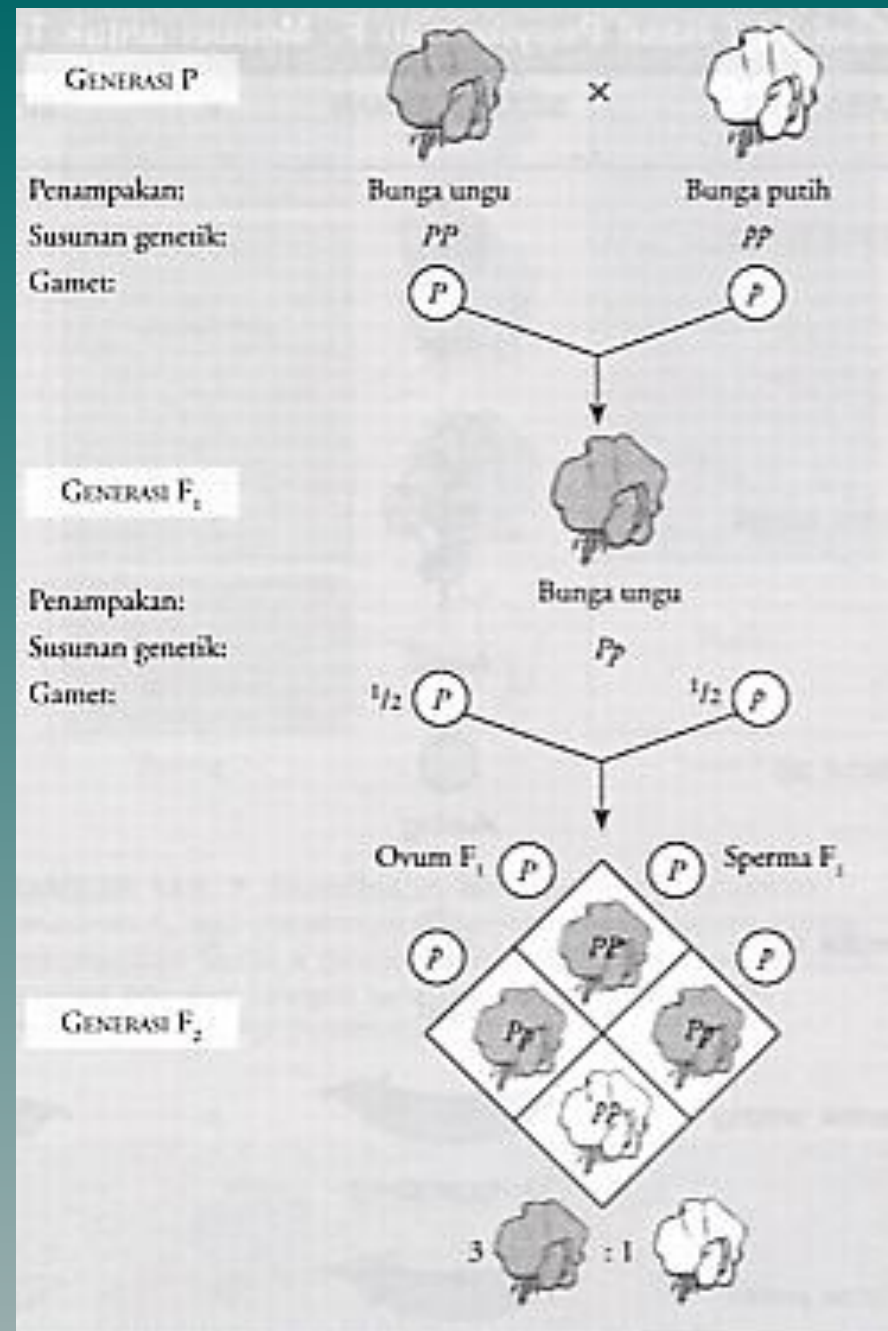
Penyilangan genetik

Untuk mengawinkan (hibridisasi) dua varietas tanaman kacang ercis, Mendel menggunakan sebuah kuas untuk memindahkan polen karrier sperma dari sebuah tanaman ke sel telur dari tanaman lain. Pada kasus ini, karakter yang diperhatikan adalah warna bunga dan dua varietas tersebut adalah bunga ungu dan bunga putih. Biji berkembang dalam karpel, yang kemudian berkembang menjadi buah (polong). Perkecambahan biji menghasilkan hibrid generasi pertama yang semuanya mempunyai bunga ungu. Hasilnya yang sama diperoleh untuk penyilangan kebalikannya, yaitu pemindahan polen dari bunga ungu ke bunga putih.

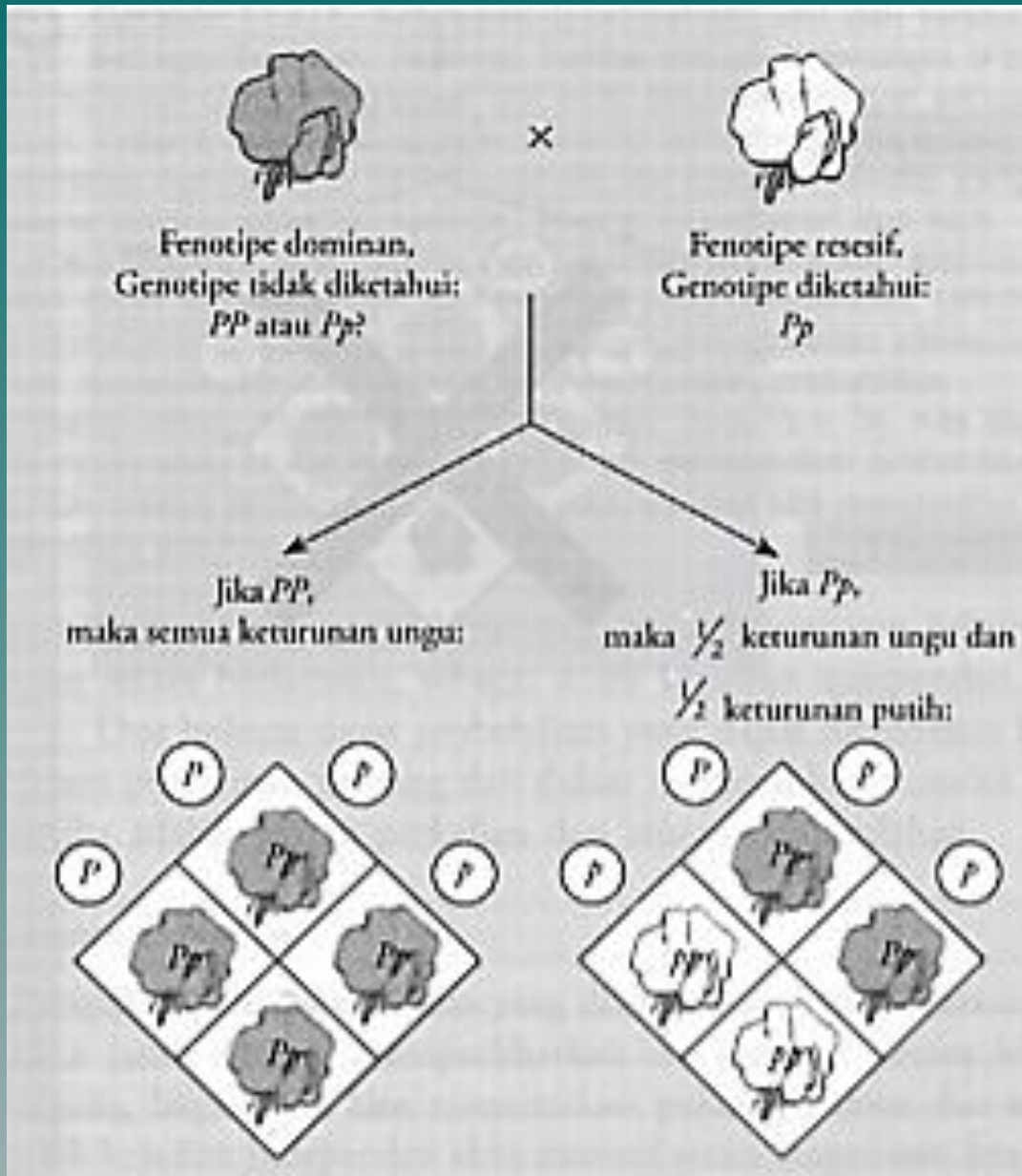


Hukum segregasi mendel

Diagram ini mengilustrasikan model Mendel untuk penurunan sifat monohibrid. Alel bunga ungu (P) adalah dominan dan alel bunga putih (p) adalah resesif. Masing-masing tanaman mempunyai dua alel untuk gen yang mengendalikan warna bunga, satu alel diwarisi dari masing-masing induk. Sebuah tanaman galur murni dari generasi parental mempunyai alel yang cocok, bisa PP (parental bunga ungu) atau pp (parental bunga putih).

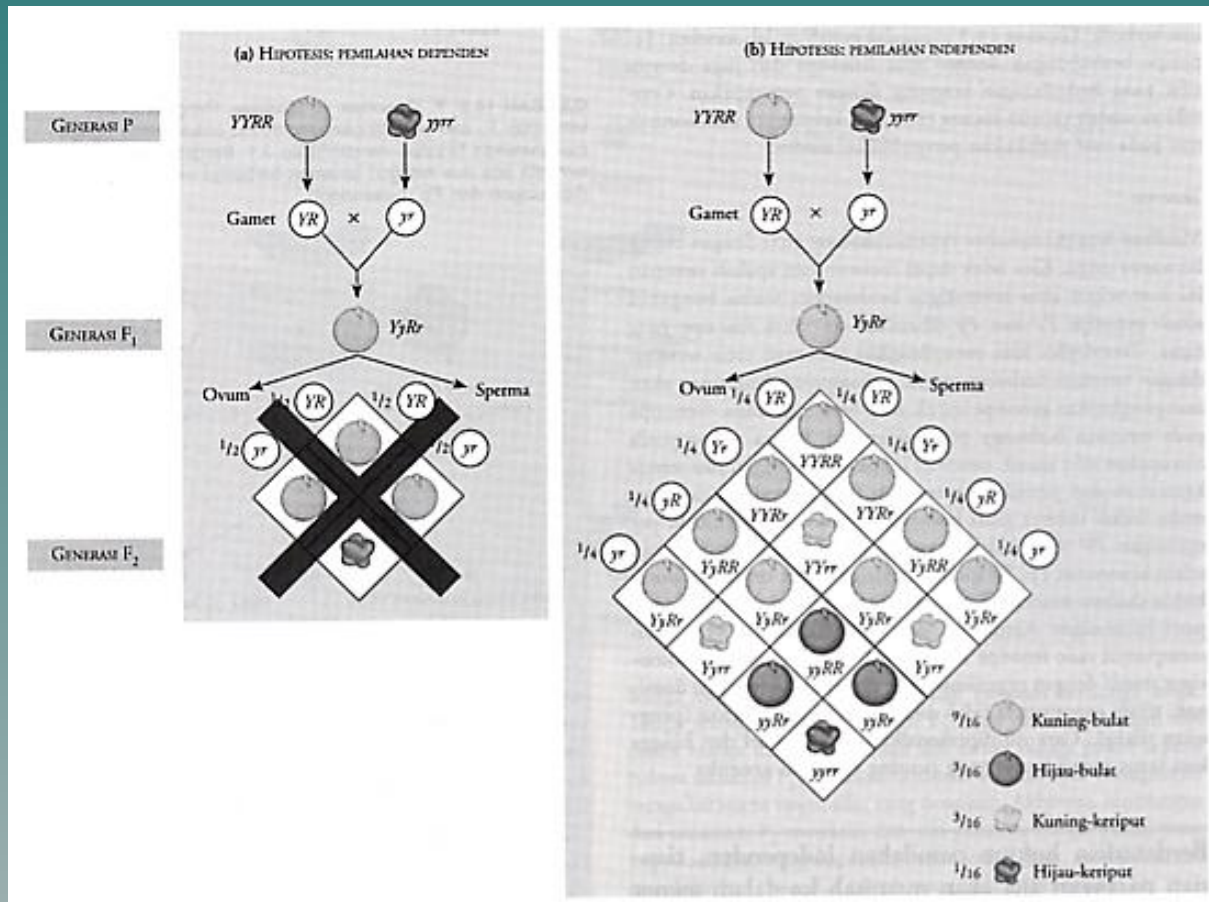


Testcross



Testcross dirancang untuk mengungkapkan genotipe dari suatu organisme yang menunjukkan sifat dominan, seperti bunga ungu pada tanaman ercis. Organisme seperti ini bisa saja homozigot untuk alel dominan atau heterozigot. Cara yang paling efisien untuk menentukan genotipe adalah dengan menyilangkan organisme tersebut dengan individu yang mengekspresikan sifat resesif. Karena genotipe dari induk berbunga putih harus homozigot, kita dapat menyimpulkan genotipe dari induk berbunga ungu dengan mengamati fenotipe keturunan.

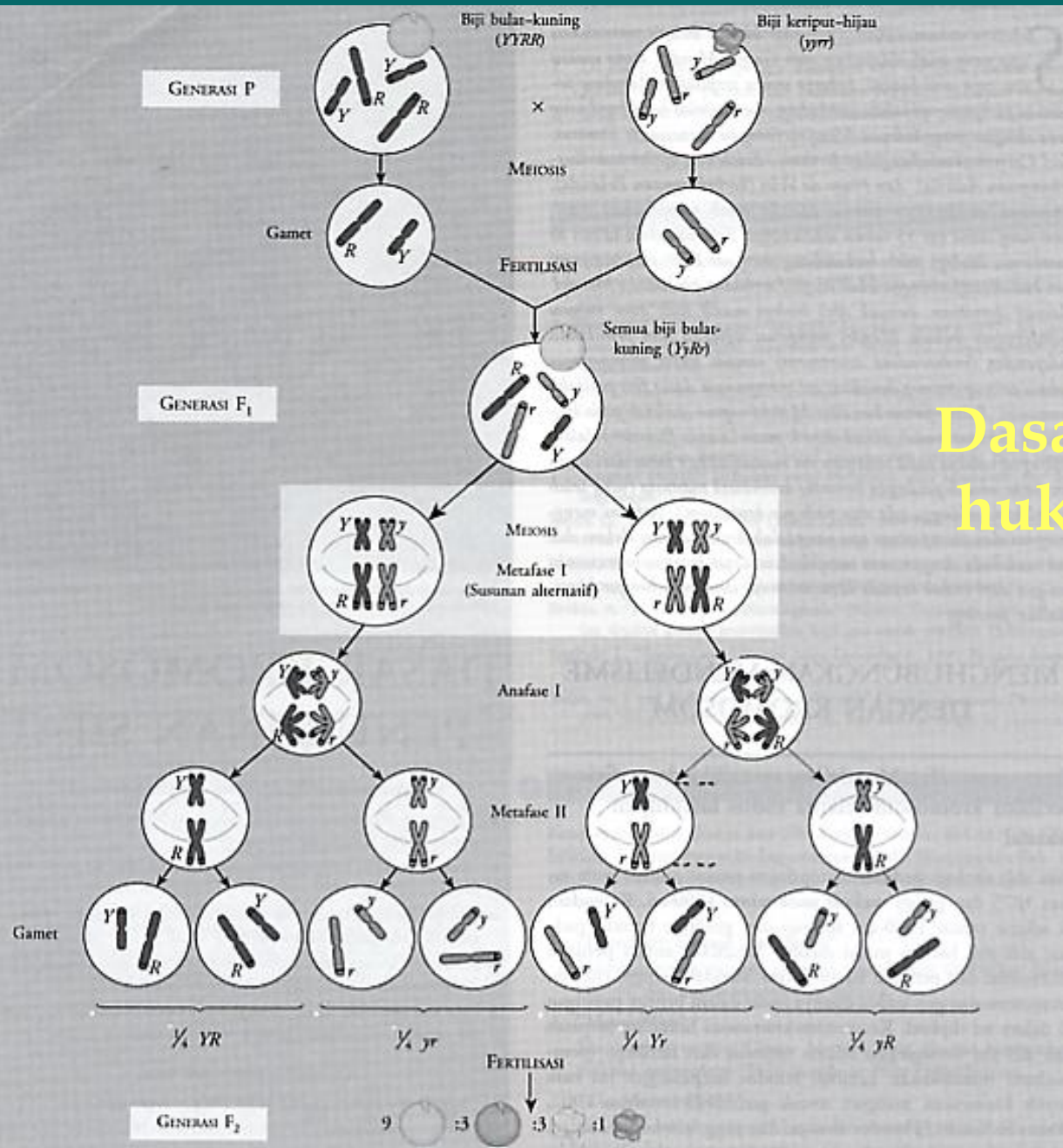
Pengujian dua hipotesis untuk segregasi dalam sebuah penyilangan dihibrid. Sebuah penyilangan antara tanaman induk galur murni yang berbeda dalam dua karakter menghasilkan hibrid F₁ yang heterozigot untuk kedua karakter. Pada contoh ini, dua karakter tersebut adalah warna biji dan bentuk biji. Warna kuning (Y) dan bentuk bulat (R) adalah dominan. (a) Jika kedua karakter memisah secara dependen satu sama lain (bersama-sama), maka hibrid F₁ hanya dapat menghasilkan dua kelas gamet yang sama yang diterima dari induknya, dan keturunan F₂ akan menunjukkan rasio fenotipe 3:1. (b) Jika kedua karakter memisah secara independen, maka 4 kelas gamet akan diproduksi oleh generasi F₁ dan akan ada rasio fenotipe 9:3:3:1 pada generasi F₂. Hasil percobaan Mendel mendukung hipotesis yang disebut belakangan ini, dinamakan pemilahan independen.



BAB 15.

DASAR KROMOSOM PENURUNAN SIFAT

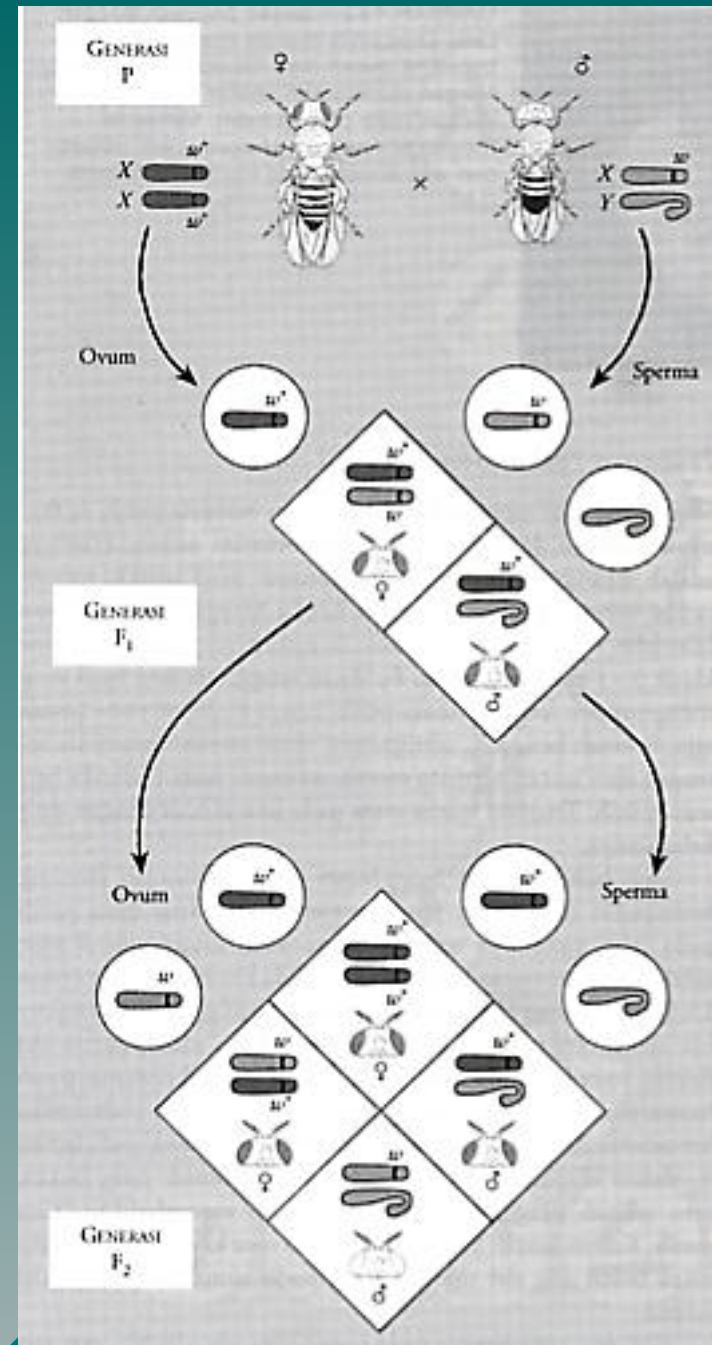
- ◆ **Menghubungkan Mendelisme dengan kromosom**
 - Penurunan sifat Mendelian memiliki dasar fisis perilaku kromosom
 - **Morgan** melacak gen pada sebuah kromosom khusus
 - Gen-gen terpaut cenderung diwarisi bersama karena berada **pada kromosom yang sama**
 - Pemilahan independen kromosom-kromosom dan pindah silang menghasilkan **rekombinan genetik**
 - Para ahli genetika dapat menggunakan data rekombinasi untuk **memetakan lokus-lokus genetik** suatu kromosom
- ◆ **Kromosom-kromosom seks**
 - Dasar kromosom seks **bervariasi** pada setiap organisme
 - Gen terpaut-seks mempunyai pola penurunan sifat yang **unik**
- ◆ **Kesalahan dan pengecualian dalam penurunan sifat kromosom**
 - **Perubahan jumlah** atau **struktur** kromosom menyebabkan beberapa kelainan genetik
 - **Efek fenotipik** dari beberapa gen tergantung pada apakah gen tersebut diwarisi dari ibu atau dari ayah
 - Gen ekstranukleus menunjukkan pola penurunan sifat **non-Mendelian**

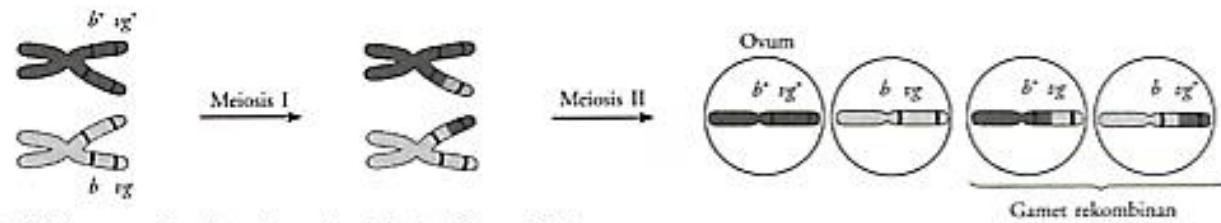


Dasar kromosom hukum Mendel

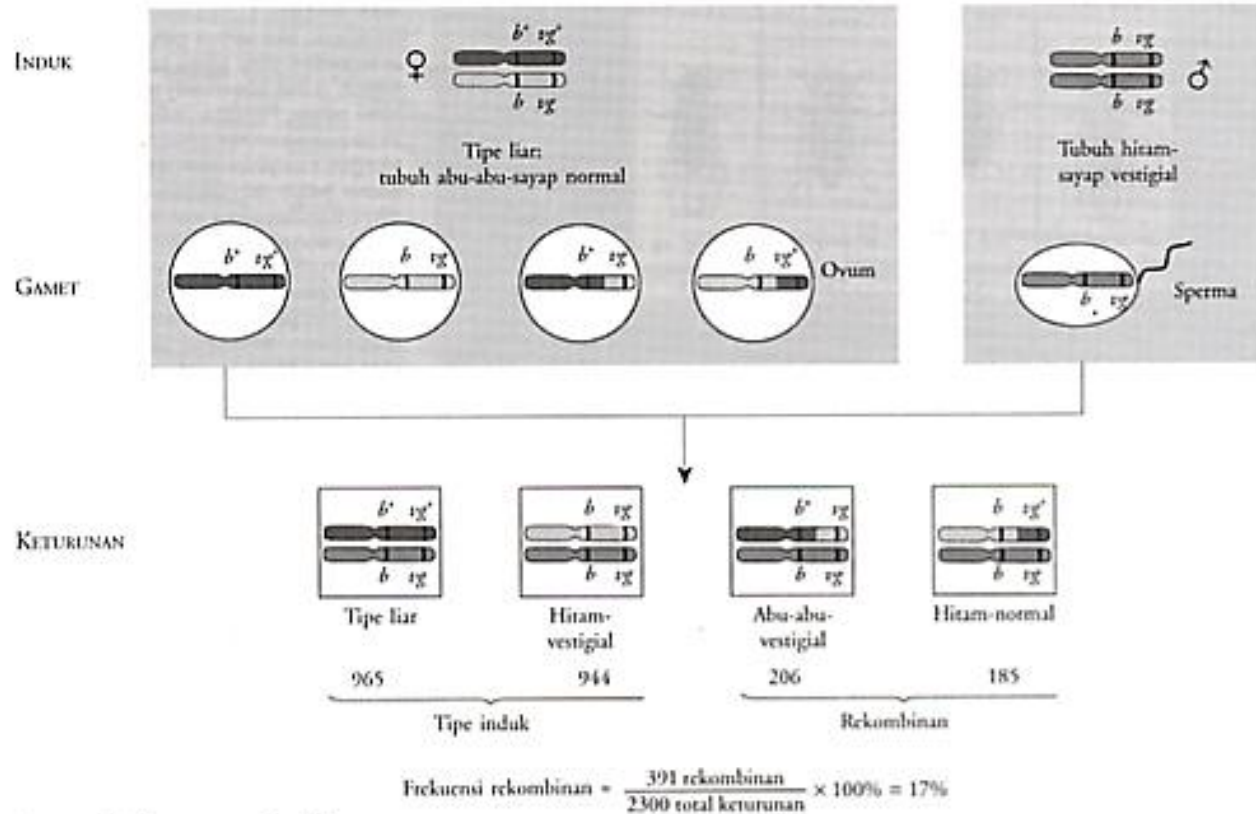
Penurunan sifat terpaut-seks

Ketika Morgan mengawinkan lalat jantan mata-putih dengan betina tipe-liar, semua keturunan F_1 mempunyai mata merah. Keturunan F_2 menunjukkan rasio 3 : 1 yang khas Mendel, tetapi karakter resesif – mata-putih – terpaut dengan jenis kelamin. Semua betina mempunyai mata merah, tetapi setengah dari jantannya mempunyai mata putih. Morgan berhipotesis bahwa gen yang bertanggung jawab berada pada kromosom X (di sini digambarkan sebagai kromosom lurus) dan bahwa tidak ada lokus yang berkaitan dengan warna mata pada kromosom Y (digambarkan sebagai kromosom berlekuk). Dalam gambar ini, alel yang dominan (untuk mata merah) dilambangkan dengan w^+ , dan alel resesif (untuk mata putih) dilambangkan dengan w .





(a) Produksi gamet rekombinan (seperti pada betina di bawah ini)



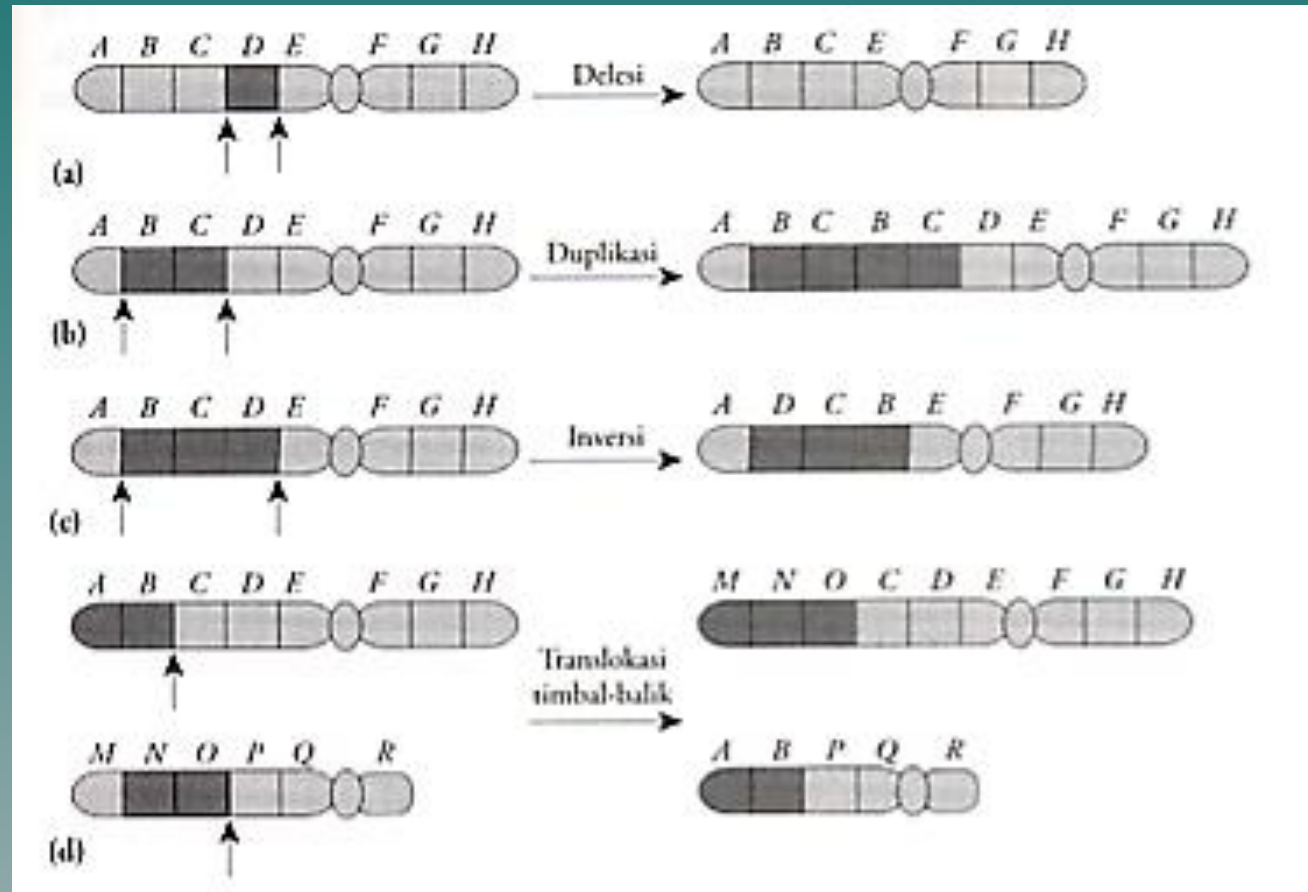
(b) Produksi keturunan rekombinan

Rekombinasi akibat pindah silang

Perubahan struktur kromosom

Tanda panah vertikal menunjukkan titik pemutusan kromosom.

Warna gelap adalah gen-gen yang dipengaruhi oleh penyusunan kembali kromosom. (a) Delesi menghilangkan salah satu segmen kromosom. (b) Duplikasi mengulang segmen. (c) Suatu invers membalik segmen di dalam kromosom. (d) Translokasi memindahkan segmen dari salah satu kromosom ke kromosom lainnya yang tidak homolog. Tipe translokasi yang paling umum adalah timbal-balik, di mana kromosom nonhomolog bertukar fragmen. Translokasi nontimbal-balik, di mana kromosom mentransfer fragmen tanpa menerima fragmen kembali, juga terjadi.



BAB 16.

DASAR MOLEKULER PENURUNAN SIFAT

◆ DNA sebagai materi genetik

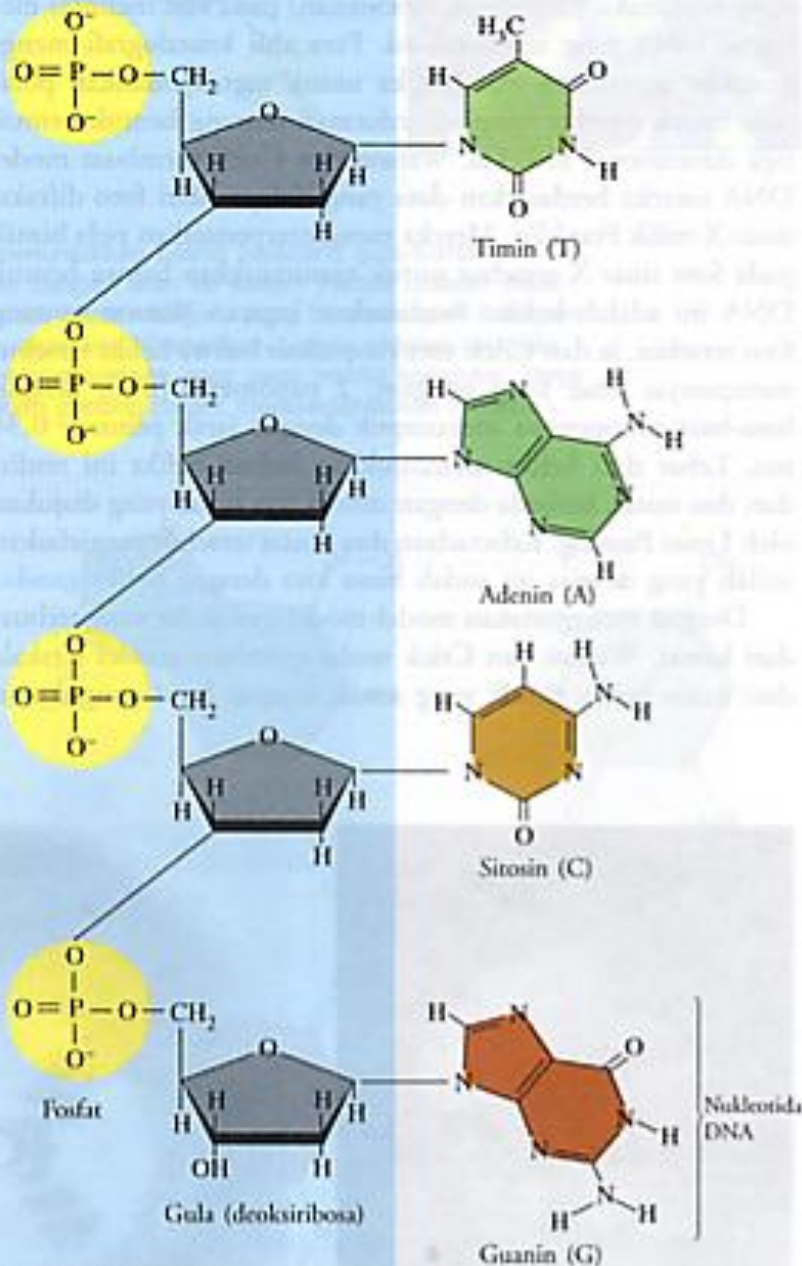
- Usaha **penemuan materi genetik** mengarah pada DNA
- **Watson dan Crick** menemukan heliks ganda dengan cara membuat model-model yang sesuai dengan data sinar x

◆ Replikasi dan perbaikan DNA

- Selama replikasi DNA, pemasangan basa memungkinkan untai DNA yang ada bertindak sebagai **cetakan** untuk untai komplementer yang baru
- Satu **tim besar** yang terdiri dari enzim dan protein lain menjadi pelaksana replikasi DNA
- **Enzim** mengoreksi DNA selama replikasinya dan memperbaiki kerusakan pada DNA yang ada
- **Ujung-ujung** molekul DNA menimbulkan suatu masalah khusus

TULANG BELAKANG
GULA-FOSFAT

BASA

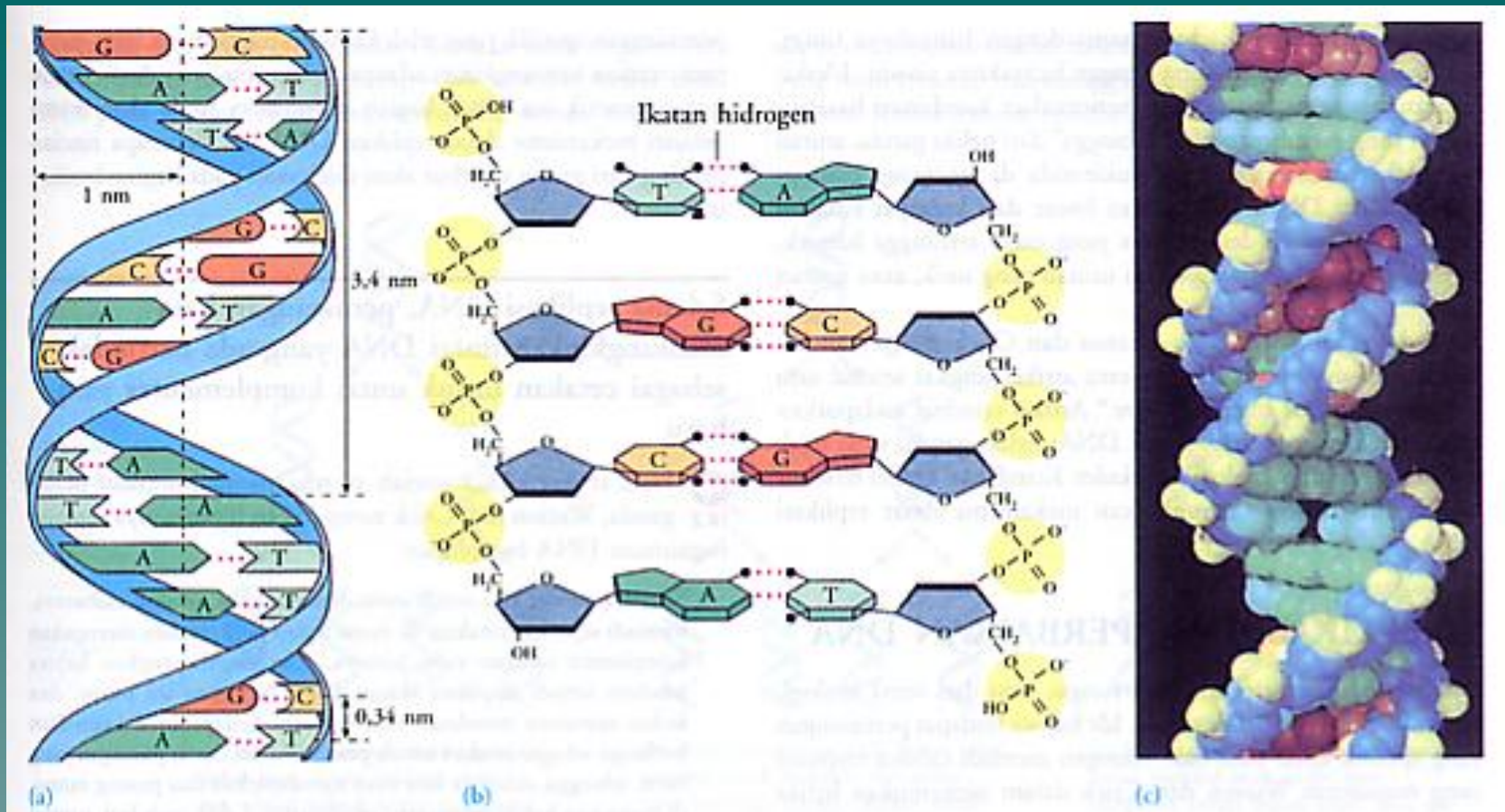


Struktur sebuah untai DNA

Setiap unit nukleotida dari rantai polinukleotida terdiri dari basa nitrogen (T, A, C, atau G), gula deoksiribosa, dan gugus fosfat.

Fosfat dari satu nukleotida terikat pada gula dari nukleotida berikutnya secara berurutan.

Hasilnya adalah suatu "tulang belakang" yang terdiri dari gula dan fosfat yang bergantian, dari mana basa terproyeksi.



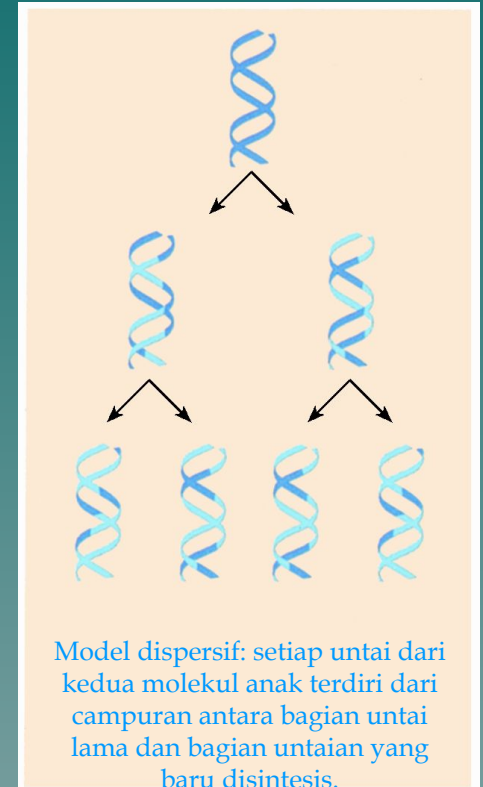
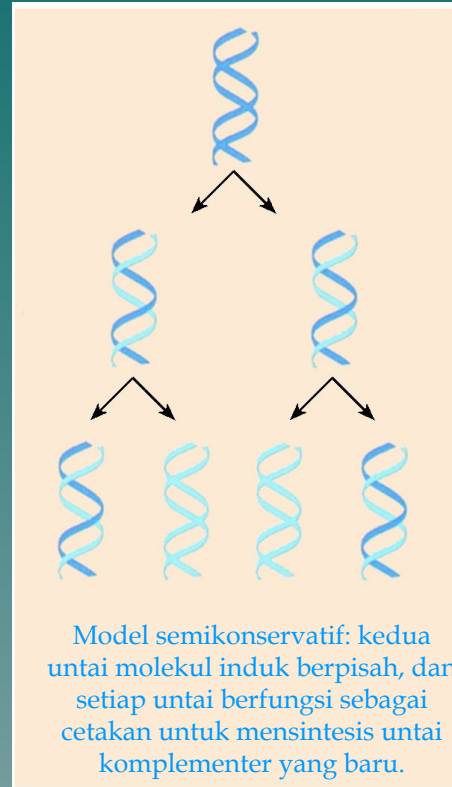
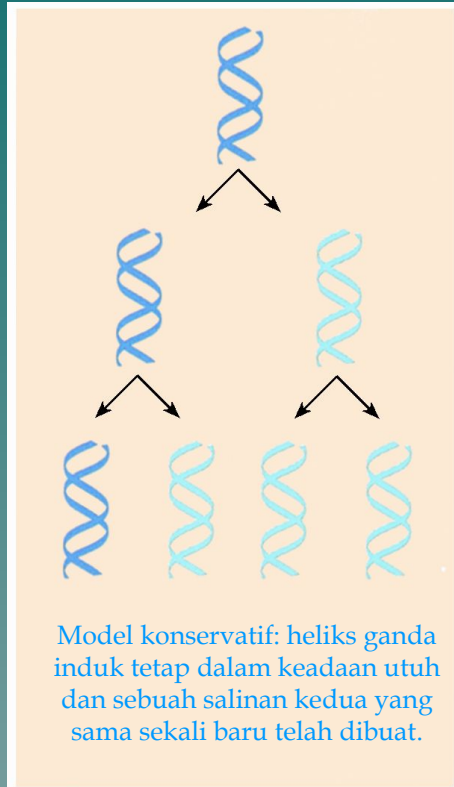
(a) "Pita" pada diagram di atas menunjukkan tulang belakang gula-fosfat dari dua untai DNA. Heliks ini adalah heliks "tangan kanan", berlekuk ke atas dengan arah ke kanan. Kedua untai diikat bersama oleh ikatan hidrogen (digambarkan dengan garis titik-titik) di antara basa nitrogen, yang berpasangan di bagian dalam heliks ganda. (b) Sebagian struktur kimia, dengan dua untai yang diuraikan. (c) Pasangan basa nitrogen yang terikat kuat tampak jelas pada model komputer. Daya tarik menarik antara pasangan basa yang berpotongan mempunyai peranan penting dalam mempertahankan molekul bersama-sama.

Tiga model replikasi DNA

SEL INDUK

REPLIKASI
PERTAMA

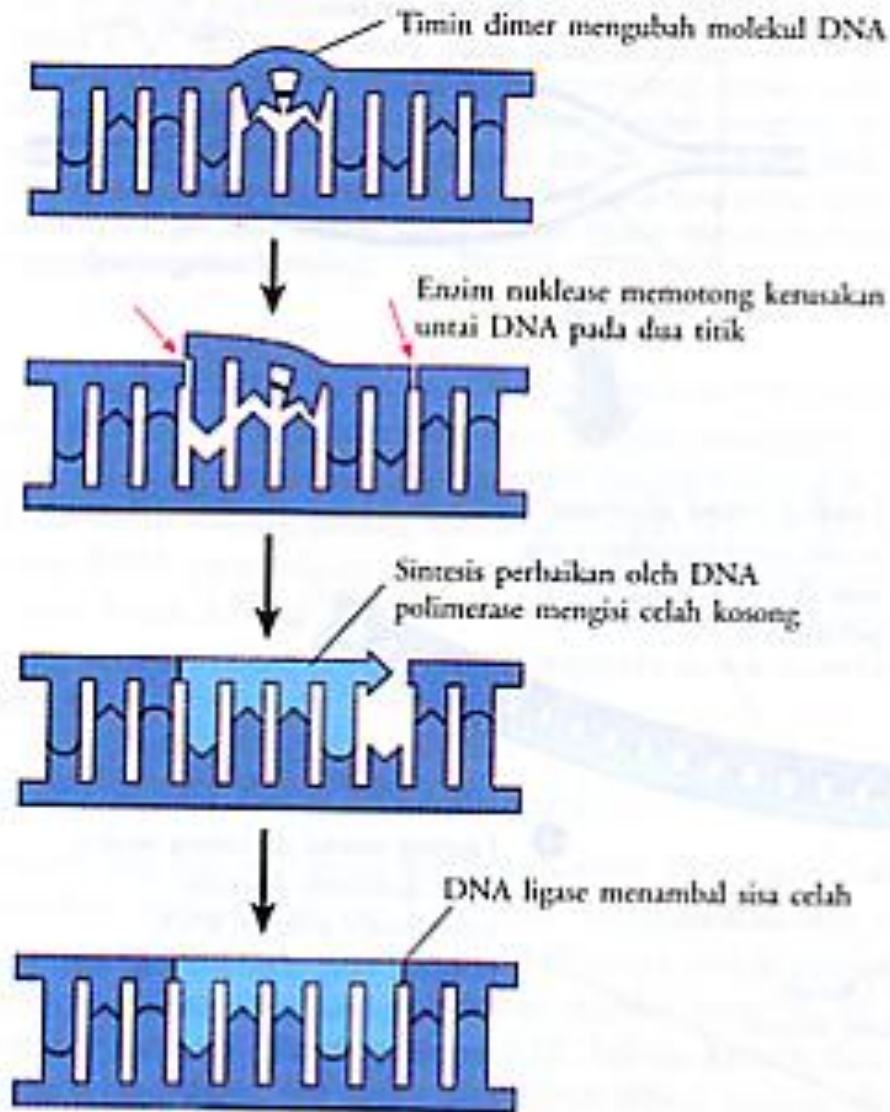
REPLIKASI
KEDUA



Tiga model replikasi DNA. Segmen pendek heliks ganda di sini melambangkan DNA di dalam sel. Berawal dengan sel induk, kita mengikuti DNA dalam dua generasi sel – dua ronde replikasi DNA. DNA yang baru dibuat berwarna biru terang.

Perbaikan kerusakan DNA dengan perbaikan eksisi

Sekelompok enzim mendeteksi dan memperbaiki kerusakan DNA. Satu tipe kerusakan ditunjukkan di sini, adalah pematutan kovalen dari basa timin yang saling berdekatan pada suatu untai DNA. Dimer-dimer timin seperti ini, diinduksi oleh radiasi ultraviolet menyebabkan DNA bengkok dan mengganggu replikasi DNA. Enzim perbaikan dapat menghilangkan daerah yang rusak dan menggantinya dengan segmen DNA normal.



BAB 17.

DARI GEN KE PROTEIN

◆ Hubungan antara gen dan protein

- Kajian tentang cacat metabolik memberi bukti bahwa **gen menentukan protein**
- Transkripsi dan translasi merupakan **dua proses utama** yang menghubungkan gen ke protein
- Dalam kode genetik, **triplet nukleotida** menentukan asam amino
- Kode genetik pasti telah berevolusi sejak awal sejarah kehidupan

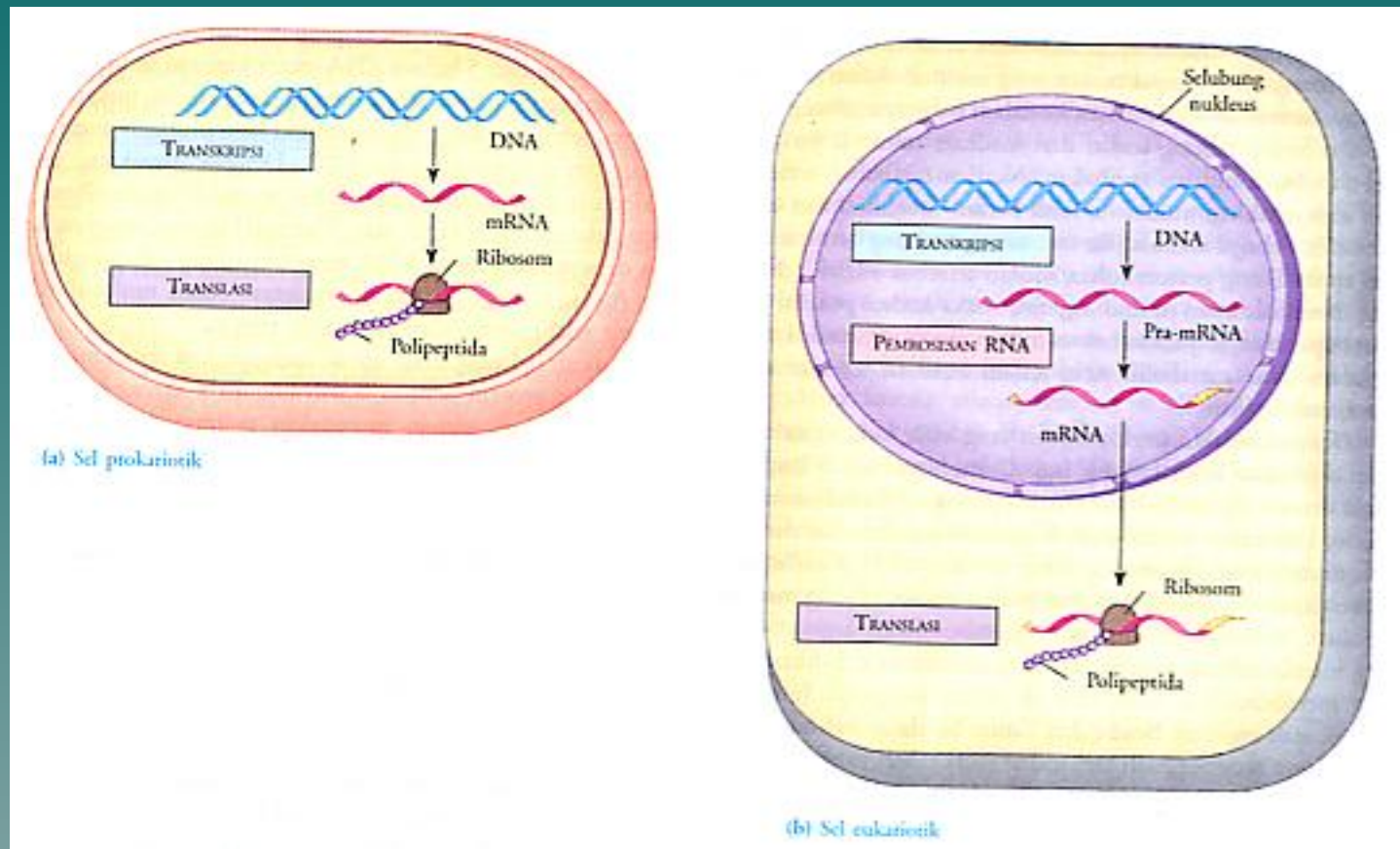
◆ Sintesis dan pemrosesan DNA

- **Transkripsi** adalah sintesis RNA yang diarahkan oleh DNA
- Sel eukariotik **memodifikasi** RNA setelah transkripsi

◆ Sintesis protein

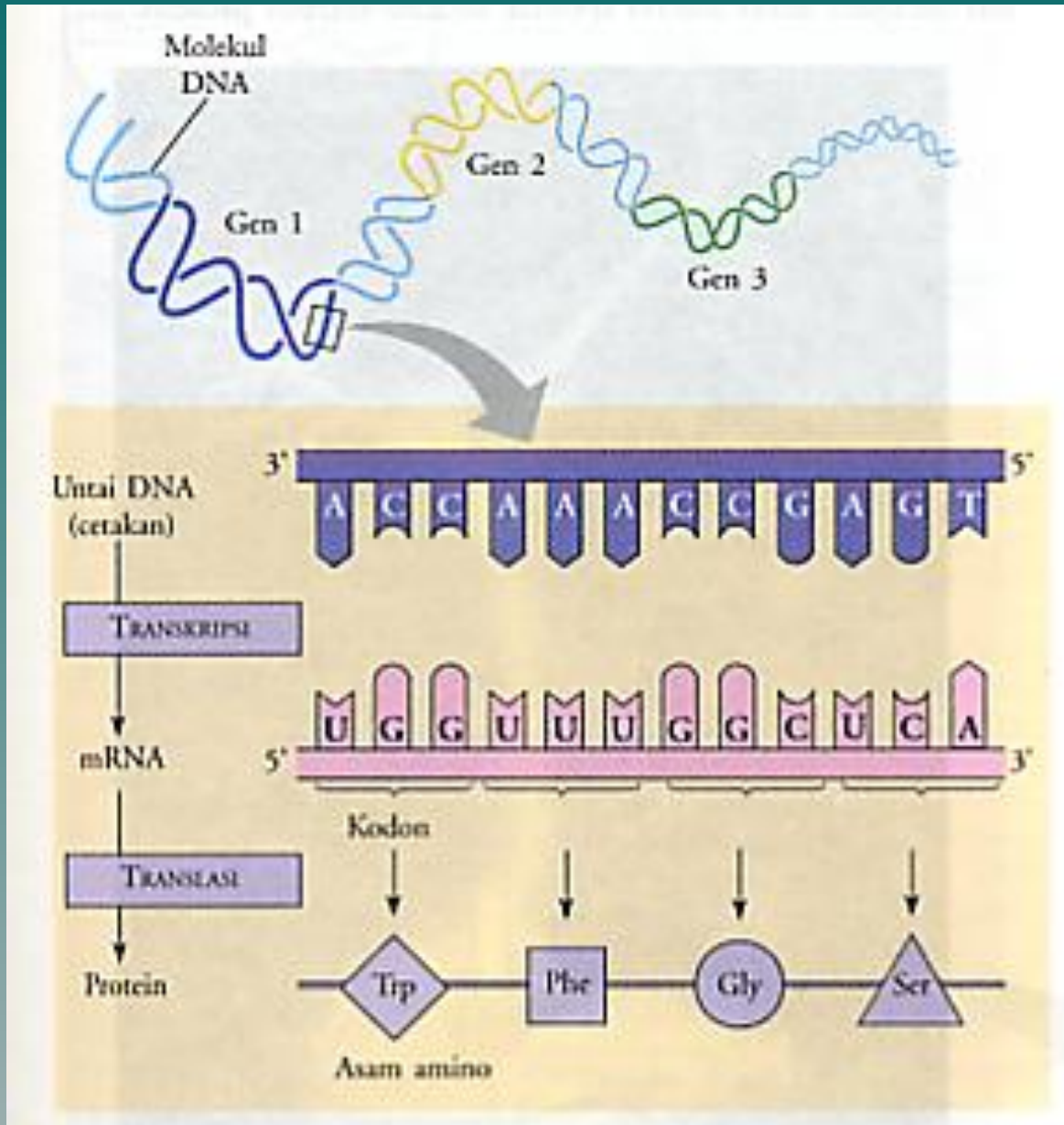
- **Translasi** adalah sintesis polipeptida yang diarahkan oleh RNA
- **Peptida sinyal** mengarahkan beberapa polipeptida eukariotik ke tujuan spesifik di dalam sel
- RNA memainkan **peran ganda** di dalam sel
- Perbandingan sintesis protein pada prokariota dan eukariota
- **Mutasi titik** dapat mempengaruhi struktur dan fungsi protein
- Apakah gen itu?

Peran transkripsi dan translasi dalam aliran informasi genetik

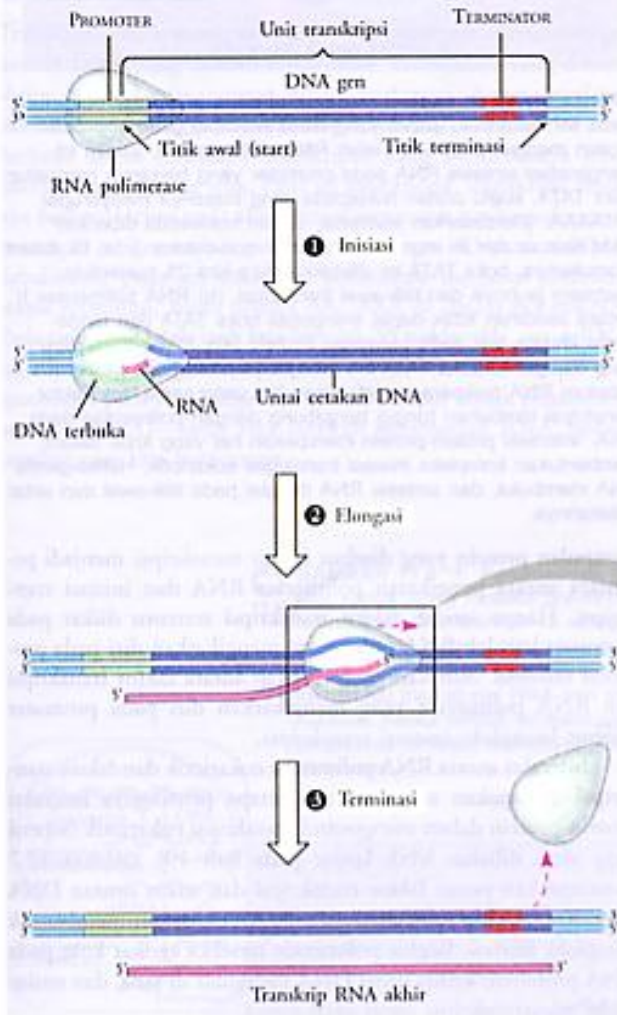
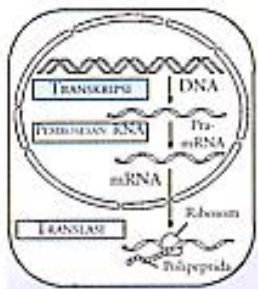


Dalam suatu rantai perintah sel, informasi bawaan mengalir dari DNA ke RNA ke protein. Ke-dua tahapan utama aliran informasi ialah transkripsi dan translasi. Pada transkripsi, suatu gen memberikan perintah untuk mensintesis molekul RNA mesenjer (mRNA). Pada translasi, informasi yang dikode dalam mRNA menentukan tatanan asam amino yang disambung untuk membentuk polipeptida spesifik. Ribosom merupakan tempat translasi.

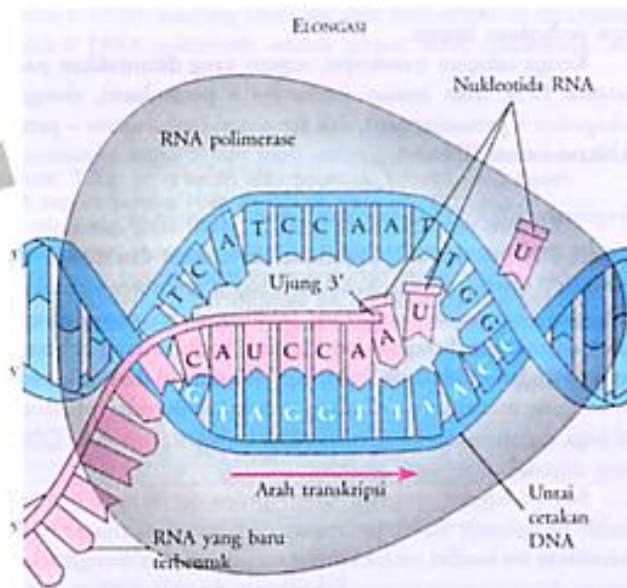
Kode triplet



Untuk setiap gen, salah satu dari kedua untai DNA berfungsi sebagai cetakan untuk transkripsi – yaitu sintesis dari suatu molekul mRNA dengan urutan komplementer. Aturan pemasangan-basa yang sama yang diterapkan untuk sintesis DNA juga menuntun transkripsi, tetapi urasil basa (U) menggantikan timin (T) dalam RNA. Selama translasi, pesan genetik (mRNA) dibaca sebagai urutan triplet basa, yang analog dengan kata kode yang terdiri dari tiga-huruf. Setiap triplet ini, disebut kodon (dalam gambar ini diberi tanda kurung kurawal), menentukan asam amino yang akan ditambahkan pada posisi yang sesuai di sepanjang rantai polipeptida yang sedang tumbuh.

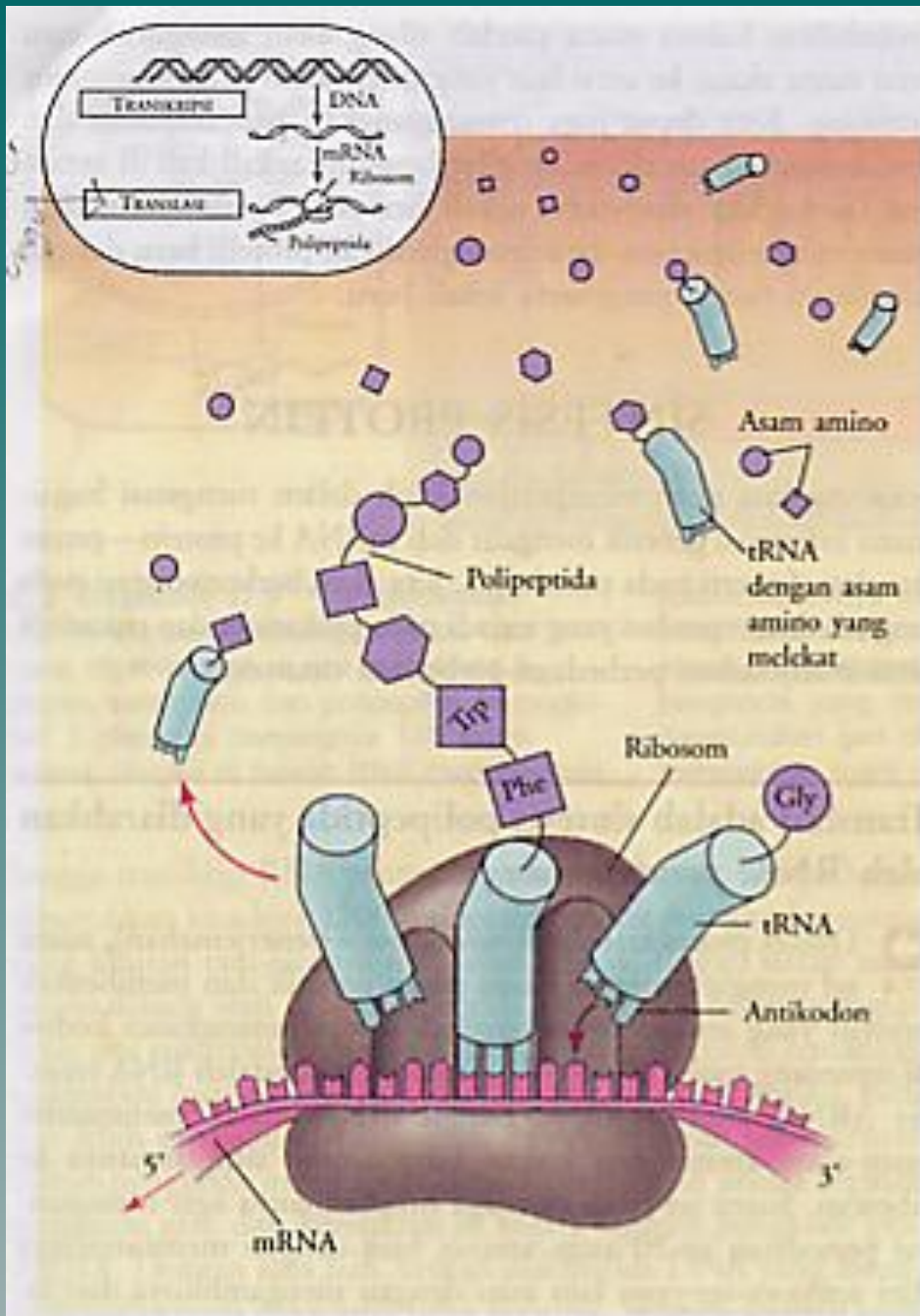


Enzim yang bertanggung jawab atas transkripsi adalah RNA polimerase, yang bergerak di sepanjang gen dari promoternya (hijau) sampai persis di belakang terminatornya (merah). RNA polimerase menyusun molekul RNA dengan urutan nukleotida yang berkomplementer dengan untai cetakan gen tersebut. Rentangan DNA yang benar-benar ditranskripsi disebut unit transkripsi.



Tahapan transkripsi

Translasi: konsep dasar



Saat molekul mRNA meluncur melalui ribosom, kodon-kodon ditranslasi satu per satu menjadi asam-asam amino. Interpretasinya adalah molekul tRNA, masing-masing dengan antikodon spesifik di satu ujung dan asam amino spesifik di ujung lainnya. Suatu tRNA menambahkan muatan asam aminonya ke rantai polipeptida yang sedang tumbuh saat antikodon tersebut berikatan dengan kodon komplementer pada mRNA. Gambar-gambar selanjutnya menunjukkan beberapa rincian proses translasi dari sel prokariotik.

BAB 18.

MODEL MIKROBA:

GENETIKA DARI VIRUS DAN BAKTERI

◆ Genetika virus

- Para peneliti menemukan virus ketika mempelajari penyakit tanaman
- Virus merupakan **genom yang terbungkus** di dalam suatu lapisan pelindung
- Virus hanya dapat **bereproduksi di dalam sel inang**
- **Faga** bereproduksi menggunakan siklus litik atau siklus lisogenik
- **Virus hewan** memiliki cara yang beragam dalam menginfeksi dan bereplikasi
- **Virus tanaman** merupakan hama pertanian yang serius
- **Viroid** dan **prion** merupakan agen infeksi yang lebih sederhana daripada virus
- Virus mungkin berkembang dari elemen genetik bergerak lainnya

◆ Genetika bakteri

- **Rentang generasi yang pendek** dari bakteri mempermudah adaptasi evolusioner terhadap lingkungan yang berubah
- Rekombinasi genetik menghasilkan **strain bakteri baru**
- Pengontrolan ekspresi gen memungkinkan individu bakteri untuk dapat **menyesuaikan metabolismenya** dengan perubahan lingkungan

BAB 19.

ORGANISASI DAN PENGONTROLAN GENOM EUKARIOTIK

◆ Struktur kromatin

- Struktur kromatin terbentuk dengan adanya pengemasan DNA secara bertahap

◆ Organisasi genom pada tingkat DNA

- DNA repetitif dan urutan bukan-pengkode lainnya merupakan bagian terbesar suatu genom eukariotik
- **Famili gen** berkembang melalui duplikasi nenek moyang
- **Amplifikasi gen, kehilangan gen, dan penataan ulang gen** dapat mengubah genom sel

◆ Pengontrolan ekspresi gen

- Setiap sel dari eukariota multiseluler mengekspresikan hanya **sebagian kecil** gennya
- Pengontrolan ekspresi gen dapat **terjadi dalam setiap langkah** dalam jalur dari gen ke protein fungsional
- **Modifikasi kromatin** mempengaruhi kesiapan gen untuk ditranskripsi
- **Inisiasi transkripsi** dikontrol oleh protein yang berinteraksi dengan DNA dan dengan sesamanya
- **Mekanisme pascatranskripsi** ikut menunjang pengontrolan ekspresi gen

◆ Biologi molekuler kanker

- Kanker dihasilkan dari perubahan genetik yang mempengaruhi siklus sel
- Protein onkogen dan protein supresor-tumor yang **salah** mengganggu jalur pensinyalan yang normal
- **Mutasi yang berlipat** mendasari perkembangan kanker

BAB 20.

TEKNOLOGI DNA

◆ Pengklonan DNA

- Teknologi DNA memungkinkan untuk mengklon gen
- **Enzim restriksi** digunakan untuk membuat DNA rekombinan
- Gen dapat diklon dalam **vektor DNA rekombinan**
- Gen hasil klon disimpan dalam perpustakaan DNA
- **Reaksi rantai polimerase (PCR)** mengklon DNA seluruhnya secara in vitro

◆ Analisis DNA hasil klon

- Analisis fragmen restriksi mendeteksi **perbedaan DNA** yang mempengaruhi tempat restriksi
- Seluruh genom dapat dipetakan pada tingkat DNA

◆ Aplikasi praktis dari teknologi DNA

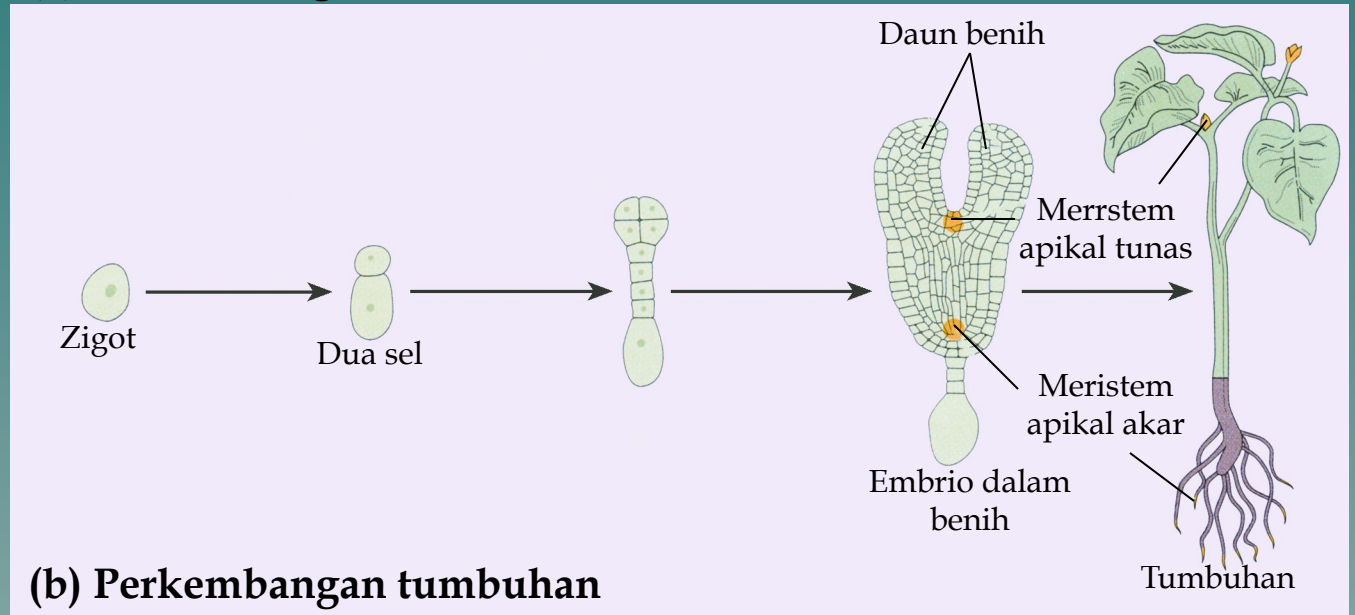
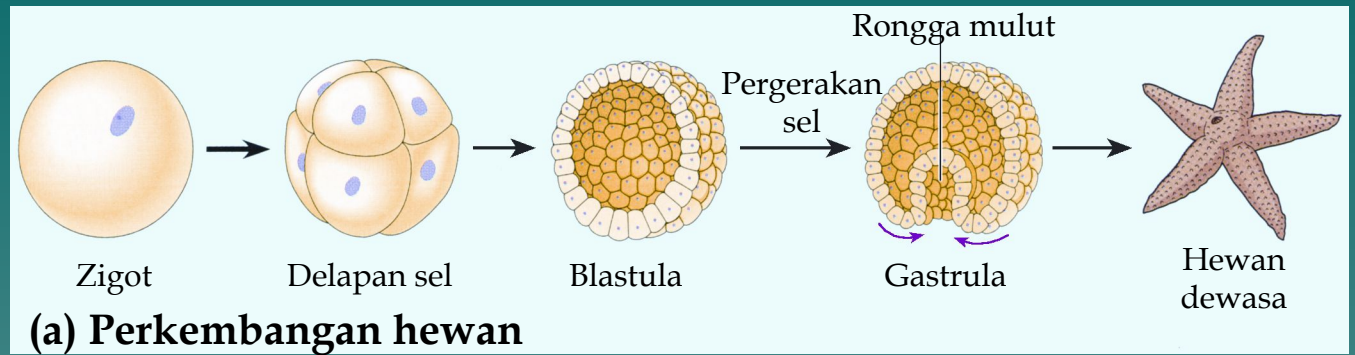
- Teknologi DNA membentuk ulang **kedokteran** dan **industri farmasi**
- Teknologi DNA menawarkan aplikasi bagi kepentingan **forensik, lingkungan, dan pertanian**
- Teknologi DNA memunculkan pertanyaan tentang **keselamatan dan etika**

BAB 21.

DASAR GENETIK PERKEMBANGAN

- ◆ **Dari sel tunggal menjadi organisme multiseluler**
 - **Perkembangan embrionik** melibatkan pembelahan sel, diferensiasi sel, dan morfogenesis
 - Para peneliti mengkaji perkembangan **organisme model** untuk mengidentifikasi prinsip-prinsip umum
- ◆ **Perbedaan ekspresi gen**
 - Tipe sel yang berbeda dalam suatu organisme mempunyai **DNA yang sama**
 - Tipe sel yang berbeda mempunyai **protein yang berbeda**
 - **Pengaturan transkripsi** diarahkan oleh molekul maternal dalam sitoplasma dan sinyal dari sel lain
- ◆ **Mekanisme genetik dan seluler dari pembentukan pola**
 - Analisis genetik pada *Drosophila* mengungkapkan bagaimana gen-gen mengontrol perkembangan
 - **Gradien molekul maternal** pada embrio awal mengontrol pembentukan poros
 - **Kaskade pengaktifan gen** menyusun pola segmentasi pada *Drosophila*
 - **Gen homeotik** mengarahkan identitas bagian-bagian tubuh
 - **Gen homeobox** tetap terpelihara selama terjadinya evolusi
 - **Sel tetangga** memerintahkan sel lain untuk membentuk struktur tertentu
 - Perkembangan tumbuhan bergantung pada pensinyalan sel dan pengaturan transkripsi

Tahap-tahap utama perkembangan hewan dan tumbuhan



Pembelahan sel

Morfogenesis

Diferensiasi sel