

# **Aspek Kimia Dalam Biologi: Asam, Basa, Karbohidrat, Lipid, Protein, Asam Nukleat**

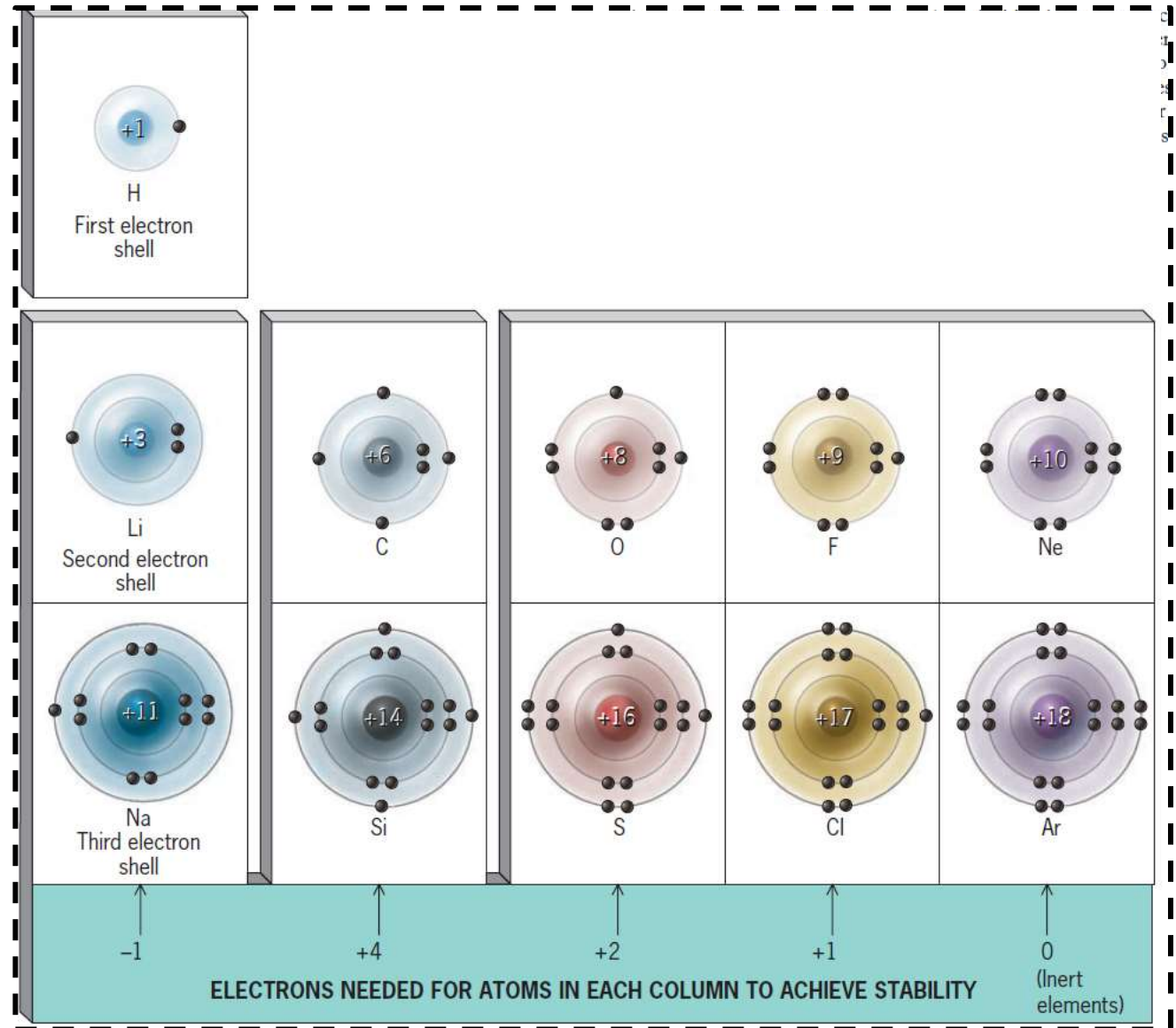
Muhammad Budi Haryono, ST., MT

# Introduction

- kehidupan didasarkan pada sifat-sifat atom dan diatur oleh prinsip kimia dan fisika yang sama dengan semua jenis materi lainnya. Tingkat pengorganisasian sel hanyalah satu langkah kecil dari tingkat atom, seperti yang akan menjadi bukti ketika kita memeriksa pentingnya pergerakan beberapa atom molekul selama aktivitas seperti kontraksi otot atau pengangkutan zat melintasi membran sel. Sifat-sifat sel dan organelnya diturunkan langsung dari aktivitas molekul penyusunnya.
- tujuan dari bab ini: memberikan informasi yang diperlukan tentang kimia kehidupan agar pembaca dapat memahami dasar kehidupan. Kita akan mulai dengan mempertimbangkan jenis ikatan yang dapat dibentuk atom satu sama lain.



Struktur elektronik dari sejumlah atom ditunjukkan pada Gambar 2.1. Kulit terluar (dan satu-satunya) atom hidrogen atau helium terisi jika mengandung dua elektron; kulit terluar atom lain pada Gambar 2.1 terisi jika mengandung delapan elektron. Jadi, atom oksigen, dengan enam elektron kulit terluar, dapat mengisi kulit terluarnya dengan bergabung dengan dua atom hidrogen, membentuk molekul air. Atom oksigen dihubungkan ke setiap atom hidrogen oleh ikatan kovalen tunggal (dilambangkan sebagai H: O atau HOO). Pembentukan ikatan kovalen disertai dengan pelepasan energi, yang harus diserap kembali di lain waktu jika ikatan akan diputus. Energi yang dibutuhkan untuk memecah ikatan kovalen C-H-C, C-C atau C-O cukup besar — biasanya antara 80 dan 100 kilokalori per mol (kkal / mol) 1 molekul — membuat ikatan ini stabil pada sebagian besar kondisi.



- Ketika atom dari unsur yang sama terikat satu sama lain, seperti pada  $H_2$ , pasangan elektron dari kulit terluar dibagi rata antara dua atom yang terikat. Namun, ketika dua atom yang berbeda terikat secara kovalen, inti atom yang bermuatan positif memberikan gaya tarik yang lebih besar pada elektron terluar daripada yang lain. Akibatnya, elektron bersama cenderung ditempatkan lebih dekat dengan atom dengan gaya tarik yang lebih besar, yaitu atom yang lebih elektronegatif. Di antara atom yang paling sering ada dalam molekul biologis, nitrogen dan oksigen sangat elektronegatif.

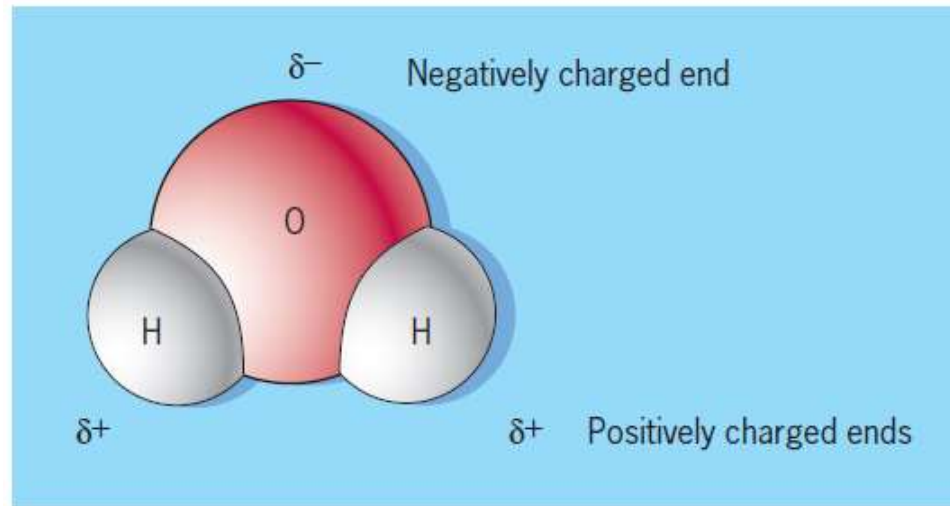


# Polar, Nonpolar Molecules, and Ionization

- Atom oksigen tunggal air menarik elektron jauh lebih kuat daripada atom hidrogennya. Akibatnya, ikatan O-H molekul air dikatakan ter

olarisasi

, sehingga salah satu atom bermuatan negatif parsial dan yang lainnya bermuatan parsial positif.



- Molekul, seperti air, yang memiliki distribusi muatan asimetris (atau dipol) disebut sebagai molekul polar. Molekul kutub yang penting secara biologis mengandung satu atau lebih atom elektronegatif, biasanya O, N, dan / atau S.
- Molekul yang tidak memiliki atom elektronegatif dan ikatan yang sangat terpolarisasi, seperti molekul yang seluruhnya terdiri dari atom karbon dan hidrogen, 

dikatakan nonpolar

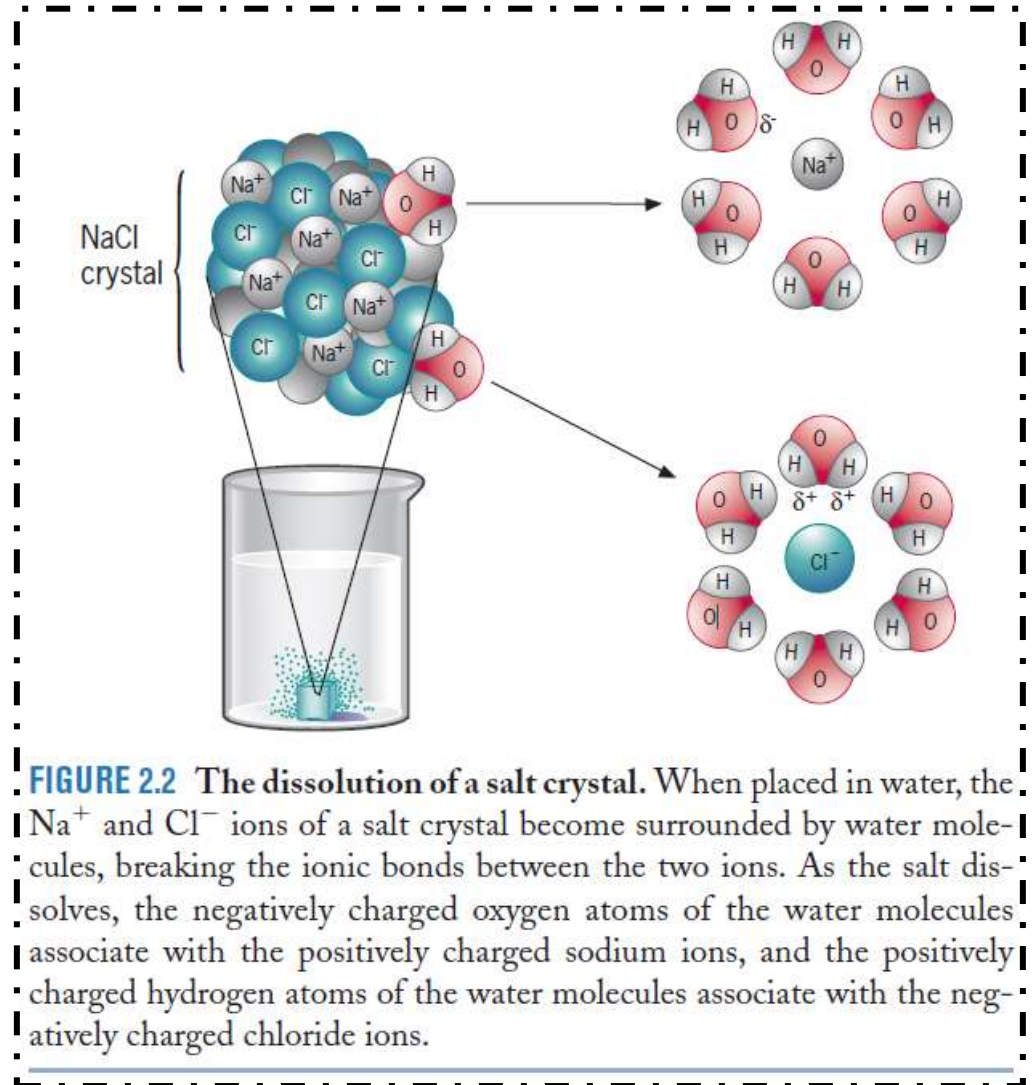
. Molekul nonpolar besar, seperti lilin dan lemak, relatif lambat.
- Beberapa atom sangat elektronegatif sehingga dapat ditangkap elektron dari atom lain selama reaksi kimia. Misalnya, ketika unsur natrium (logam berwarna perak) dan klorin (gas beracun) dicampur, elektron tunggal di kulit terluar setiap atom natrium bermigrasi ke atom klor yang kekurangan elektron. Akibatnya, kedua atom ini berubah menjadi ion bermuatan.

# NONCOVALENT BONDS

- Ikatan nonkovalen tidak bergantung pada elektron bersama tetapi lebih pada gaya tarik antara atom yang memiliki muatan berlawanan. ikatan nonkovalen individu lemah (sekitar 1 sampai 5 kkal / mol) dan dengan demikian mudah diputuskan dan dibentuk kembali.
- Meskipun ikatan nonkovalen individu lemah, ketika sejumlah besar ikatan tersebut bertindak bersama, seperti antara dua untai molekul DNA atau antara bagian yang berbeda dari protein besar, gaya tariknya bersifat aditif. Secara keseluruhan, mereka memberikan struktur dengan stabilitas yang cukup

# Ionic Bonds: Attractions between Charged Atoms

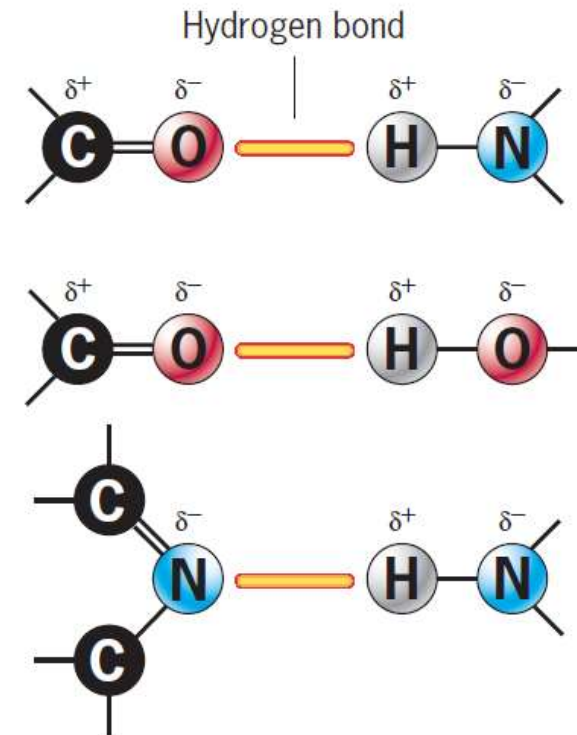
- Kristal garam meja disatukan oleh tarikan elektrostatis antara ion Na bermuatan positif dan ion Cl bermuatan negatif. Jenis tarikan antara komponen yang terisi penuh ini disebut ikatan ionik (atau jembatan garam).





# Hydrogen Bonds

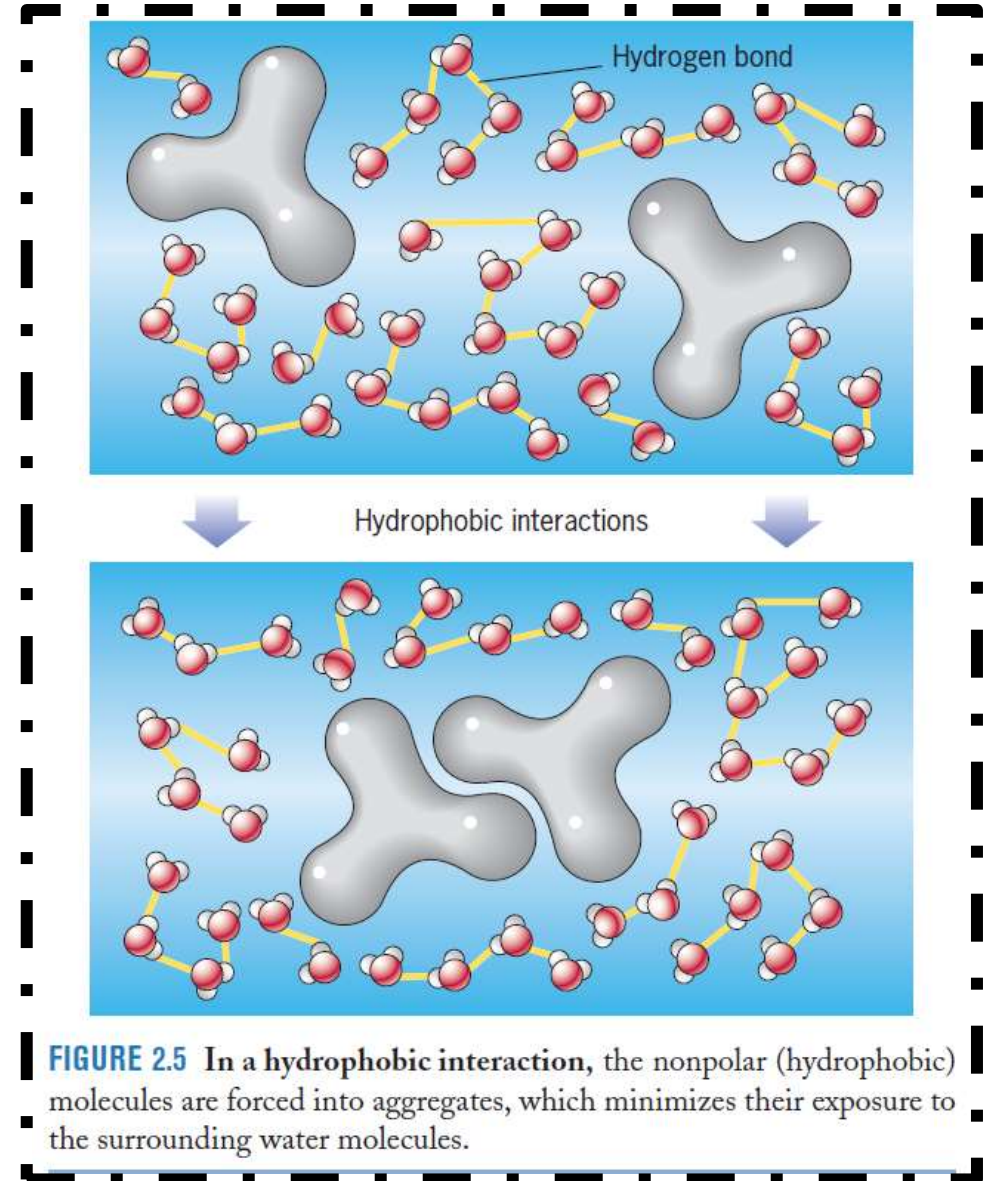
- Ketika atom hidrogen terikat secara kovalen ke atom elektronegatif, khususnya oksigen atau atom nitrogen, pasangan tunggal elektron bersama sangat bergeser ke inti atom elektronegatif, meninggalkan atom hidrogen dengan muatan positif parsial. Akibatnya, inti atom hidrogen yang bermuatan positif dan kosong dapat mendekati cukup dekat ke pasangan elektron luar yang tidak terbagi dari atom elektronegatif kedua untuk membentuk interaksi yang menarik. Interaksi yang lemah dan menarik ini disebut ikatan hidrogen.
- Ikatan hidrogen terjadi di antara sebagian besar molekul polar dan sangat penting dalam menentukan struktur dan sifat air. Ikatan hidrogen juga terbentuk antara kelompok polar yang ada dalam molekul biologis besar, seperti yang terjadi antara dua untai molekul DNA.



**FIGURE 2.4** Hydrogen bonds form between a bonded electronegative atom, such as nitrogen or oxygen, which bears a partial negative charge, and a bonded hydrogen atom, which bears a partial positive charge. Hydrogen bonds (about 0.18 nm) are typically about twice as long as the much stronger covalent bonds.

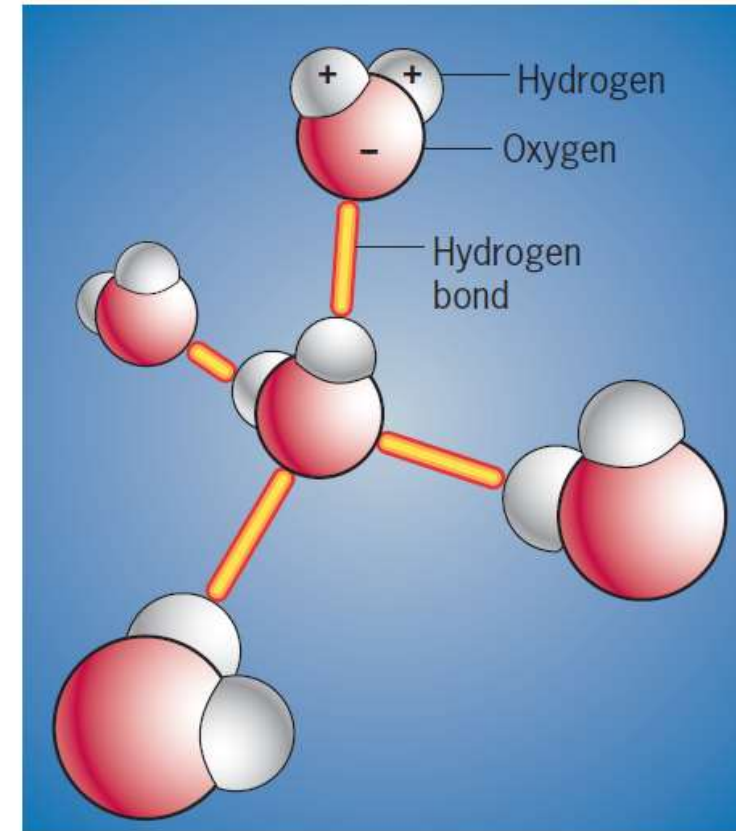
# Hydrophobic Interactions and van der Waals Forces

- Karena kemampuannya untuk berinteraksi dengan air, molekul polar, seperti gula dan asam amino, dikatakan hidrofilik, atau "menyukai air". Molekul nonpolar, seperti steroid atau molekul lemak, pada dasarnya tidak dapat larut dalam air karena kekurangan daerah bermuatan yang akan menariknya ke kutub molekul air.
- Ketika senyawa nonpolar dicampur dengan air, molekul nonpolar, hidrofobik ("takut air") dipaksa menjadi agregat, yang meminimalkan paparannya ke lingkungan kutub
- Jika dua molekul dengan dipol transitori sangat dekat satu sama lain dan diorientasikan dengan cara yang tepat, mereka mengalami gaya tarik yang lemah, yang disebut gaya van der Waals, yang mengikat keduanya. Apalagi pembentukan pemisahan muatan sementara dalam satu molekul dapat menyebabkan pemisahan yang serupa dalam molekul yang berdekatan. Dengan cara ini, gaya tarik tambahan dapat dihasilkan antara molekul nonpolar. Gaya van der Waals tunggal sangat lemah (0,1 hingga 0,3 kkal / mol) dan sangat sensitif terhadap jarak yang memisahkan kedua atom



# The Life-Supporting Properties of Water

- Kehidupan di Bumi sangat bergantung pada air, dan mungkin juga air penting untuk keberadaan kehidupan di mana pun di alam semesta. Meskipun hanya mengandung tiga atom, satu molekul air memiliki struktur unik yang memberikan molekul luar biasa properti. Yang terpenting
  1. Air adalah molekul yang sangat asimetris dengan atom O di salah satu ujungnya dan dua atom H di ujung yang berlawanan.
  2. Masing-masing dari dua ikatan kovalen dalam molekul sangat tinggi terpolarisasi.
  3. Ketiga atom dalam molekul air mahir membentuk ikatan hidrogen.
- Setiap molekul air dapat membentuk ikatan hidrogen dengan sebanyak empat molekul air lainnya, menghasilkan jaringan molekul yang sangat saling berhubungan.
- Setiap ikatan hidrogen terbentuk ketika hidrogen bermuatan positif sebagian dari satu molekul air menjadi sejajar di samping Sebagian atom oksigen bermuatan negatif dari molekul air lain. Karena dari ikatan hidrogennya yang ekstensif, molekul air memiliki kecenderungan kuat yang luar biasa untuk saling menempel.

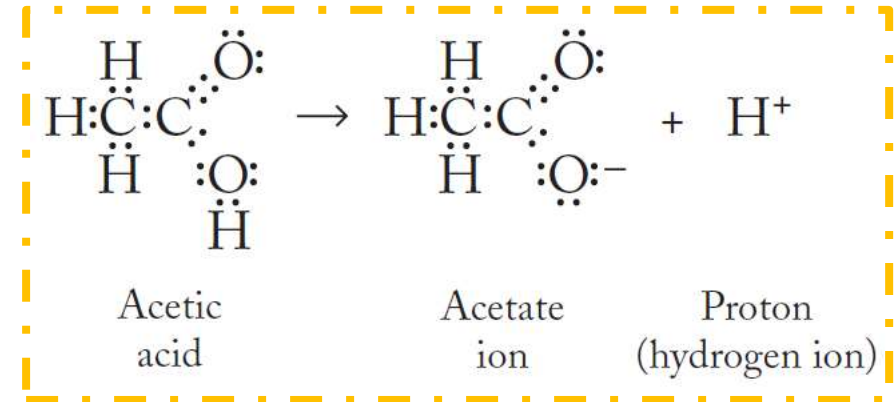


**FIGURE 2.7** Hydrogen bond formation between neighboring water molecules. Each H atom of the molecule has about four-tenths of a full positive charge, and the single O atom has about eight-tenths of a full negative charge.



# ASAM, BASA, AND BUFFERS

- Proton tidak hanya ditemukan di dalam inti atom, tetapi juga dilepaskan ke media setiap kali atom hidrogen kehilangan elektron bersama. Pertimbangkan asam asetat — bahan khusus cuka — yang dapat mengalami reaksi berikut, yang dijelaskan sebagai disosiasi. Molekul yang mampu melepaskan (mendonasikan) ion hidrogen disebut asam.
- Proton yang dilepaskan oleh molekul asam asetat pada reaksi sebelumnya tidak tetap dalam keadaan bebas; sebaliknya, ia bergabung dengan molekul lain. Termasuk reaksi yang mungkin melibatkan proton



- Combination with a water molecule to form a hydronium ion ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ).



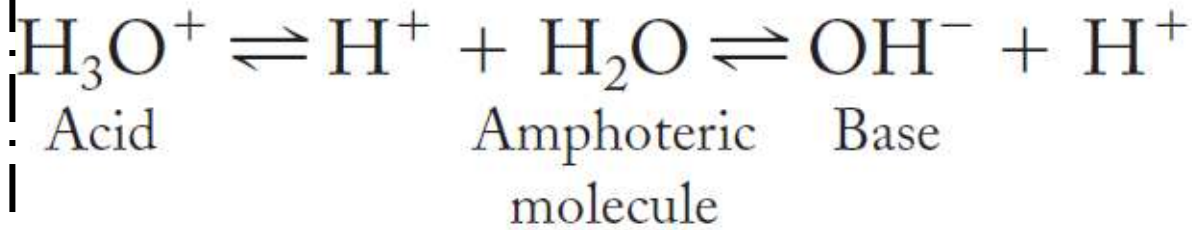
- Combination with a hydroxyl ion ( $\text{OH}^-$ ) to form a molecule of water.



- Combination with an amino group ( $-\text{NH}_2$ ) in a protein to form a charged amine.



- Setiap molekul yang mampu menerima proton didefinisikan sebagai **basa**. Asam dan basa ada berpasangan, atau berpasangan
- Ketika asam kehilangan proton (seperti ketika asam asetat melepaskan ion hidrogen), ia menjadi basa (dalam hal ini, ion asetat), yang disebut basa konjugasi asam.



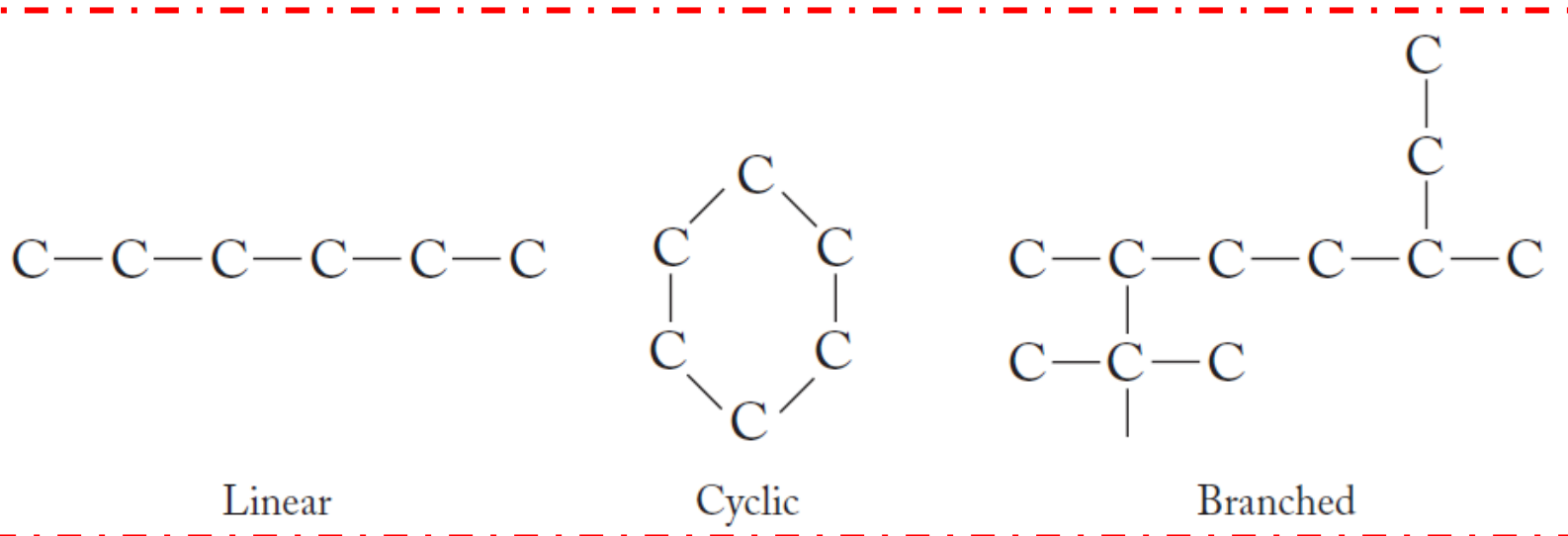
- Basa konjugasi dari asam kuat, seperti HCl, adalah basa lemah.
- Air adalah pesaing yang lebih baik, yaitu basa yang lebih kuat daripada ion klorida, sehingga HCl terdisosiasi sempurna. Sebaliknya, ion asetat adalah basa yang lebih kuat daripada air, sehingga sebagian besar tetap sebagai asam asetat yang tidak terdisosiasi.

**TABLE 2.1** Strengths of Acids and Bases

Acids		Bases	
Very weak	H <sub>2</sub> O	OH <sup>-</sup>	Strong
Weak	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub>	Weak
	H <sub>2</sub> S	S <sup>2-</sup>	
	CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	
	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
Strong	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O	Very weak
	HCl	Cl <sup>-</sup>	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	

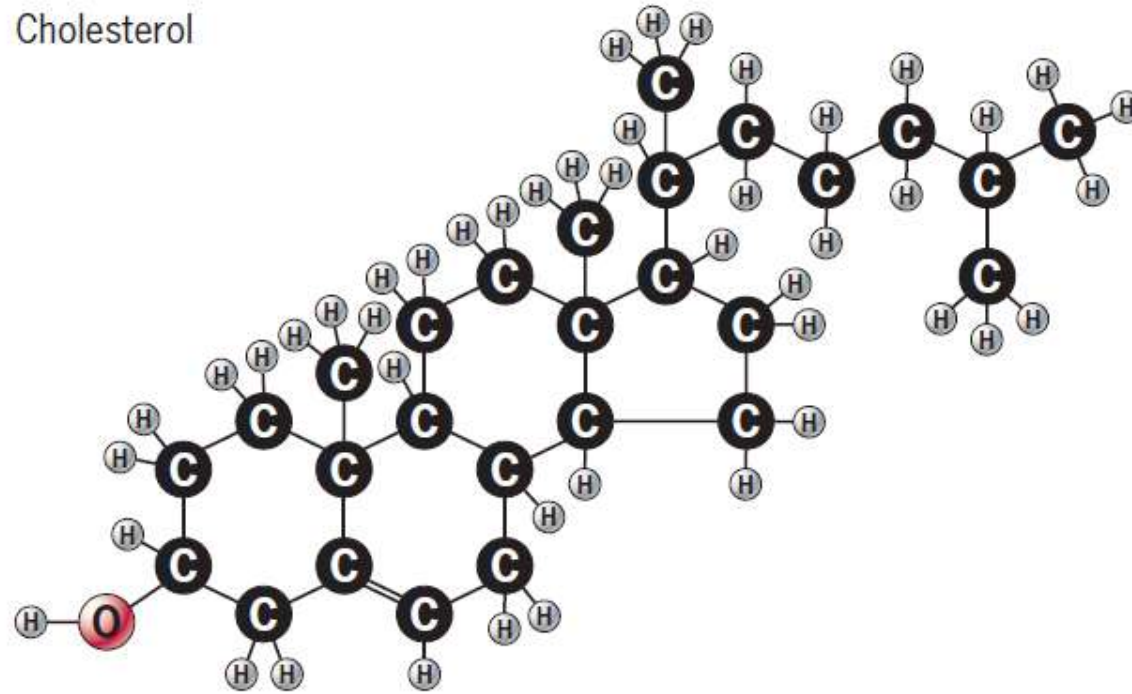
# THE NATURE OF BIOLOGICAL MOLECULES

- Senyawa yang dihasilkan oleh organisme hidup disebut biokimia
- Kimia kehidupan berpusat di sekitar kimia atom karbon. Kualitas penting karbon yang memungkinkannya memainkan peran ini adalah banyaknya molekul yang dapat dibentuknya. Memiliki empat elektron kulit terluar, atom karbon dapat berikatan dengan empat atom lainnya. Yang terpenting, setiap atom karbon mampu berikatan dengan atom karbon lainnya sehingga dapat membentuk molekul dengan tulang punggung yang mengandung rantai panjang atom karbon. Tulang punggung yang mengandung karbon bisa linier, bercabang, atau cyclic





Cholesterol

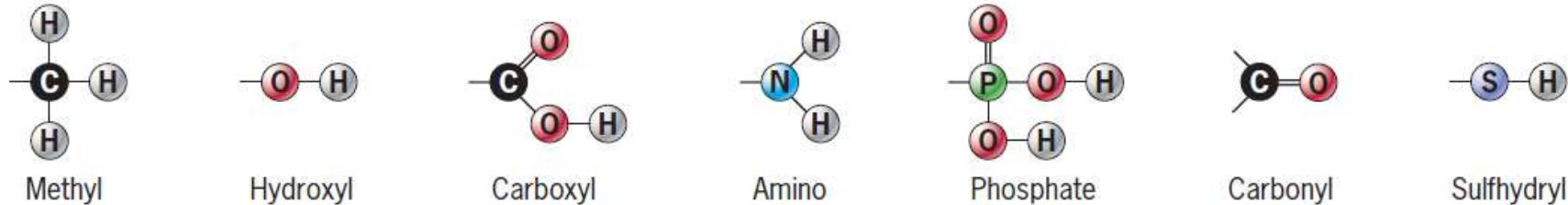


**FIGURE 2.9** Cholesterol, whose structure illustrates how carbon atoms (represented by the black balls) are able to form covalent bonds with as many as four other carbon atoms. As a result, carbon atoms can be linked together to form the backbones of a virtually unlimited variety of organic molecules. The carbon backbone of a cholesterol molecule includes four rings, which is characteristic of steroids (e.g., estrogen, testosterone, cortisol). The cholesterol molecule shown here is drawn as a ball-and-stick model, which is another way that molecular structure is depicted.

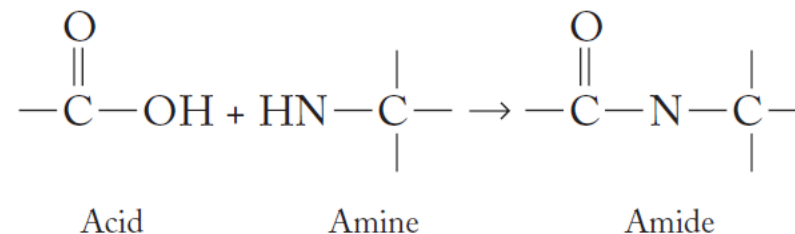
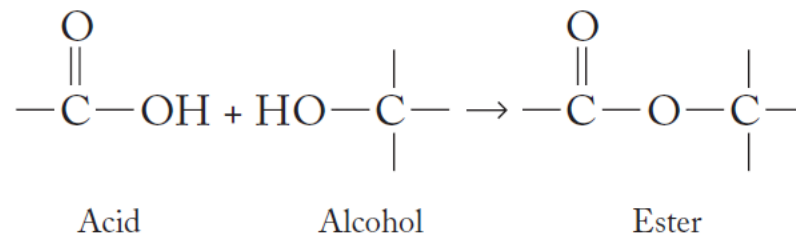
# Functional Groups

- Gugus fungsi adalah pengelompokan atom tertentu yang sering berperilaku sebagai satu kesatuan dan memberikan molekul organik sifat fisik, reaktivitas kimia, dan kelarutannya dalam larutan air.

TABLE 2.2 Functional Groups



- Dua dari hubungan yang paling umum antara gugus fungsi adalah ikatan ester, yang terbentuk antara asam karboksilat dan alkohol, dan ikatan amida, yang terbentuk antara asam karboksilat dan amina.



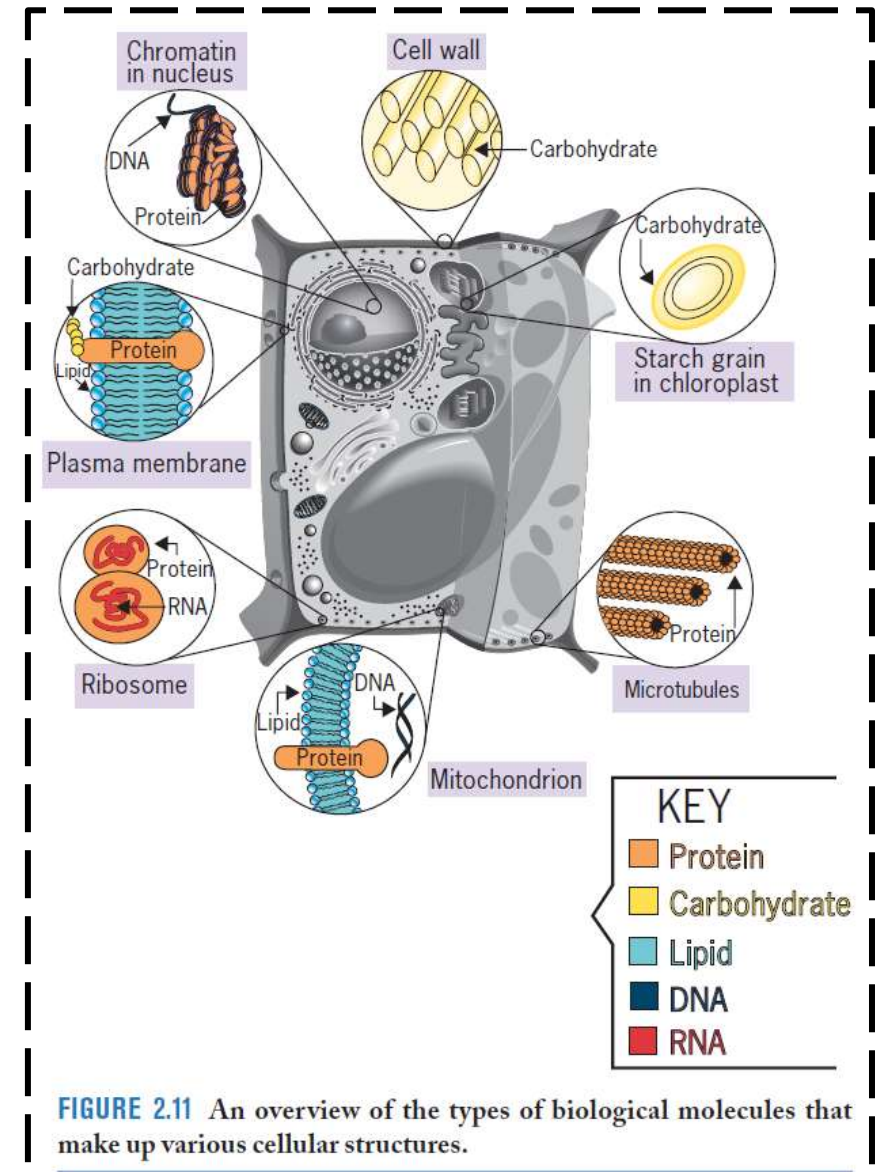
# A Classification of Biological Molecules by Function

1. **Macromolecules**, Molekul yang membentuk struktur dan melakukan aktivitas sel adalah molekul besar yang sangat terorganisir yang disebut **makromolekul**, yang mengandung puluhan hingga jutaan atom karbon. Karena ukurannya dan bentuk makromolekulnya yang rumit dapat berasumsi, beberapa raksasa molekuler ini dapat melakukan tugas kompleks dengan presisi dan efisiensi tinggi. Makromolekul dapat dibagi menjadi empat kategori utama: protein, asam nukleat, polisakarida, dan lipid tertentu.
2. **The building blocks of macromolecules**, Sebagian besar makromolekul di dalam sel memiliki masa hidup yang pendek dibandingkan dengan sel itu sendiri; dengan pengecualian DNA sel, mereka terus dipecah dan digantikan oleh makromolekul baru. Akibatnya, sebagian besar sel mengandung suplai (atau kumpulan) prekursor dengan berat molekul yang rendah yang siap untuk dimasukkan ke dalam makromolekul.
3. **Metabolic intermediates (metabolites)**. Senyawa yang terbentuk di sepanjang jalur menuju produk akhir mungkin tidak memiliki fungsi sendiri dan disebut zat antara metabolik (**Metabolic intermediates**). Contoh: Sel dimulai dengan senyawa A dan mengubahnya menjadi senyawa B, kemudian menjadi senyawa C, dan seterusnya, sampai beberapa produk akhir fungsional (seperti asam amino pembangun protein) diproduksi.
4. **Molecules of miscellaneous function**. Molekul dari fungsi lain-lain (The molecules of miscellaneous ) termasuk zat seperti vitamin, yang berfungsi terutama sebagai tambahan untuk protein; hormon steroid atau asam amino tertentu; molekul yang terlibat dalam penyimpanan energi, seperti ATP; molekul pengatur seperti AMP siklik; dan produk sisa metabolisme seperti urea.

# FOUR TYPES OF BIOLOGICAL MOLECULES

Makromolekul yang baru saja dijelaskan dapat dibagi menjadi empat jenis molekul organik:

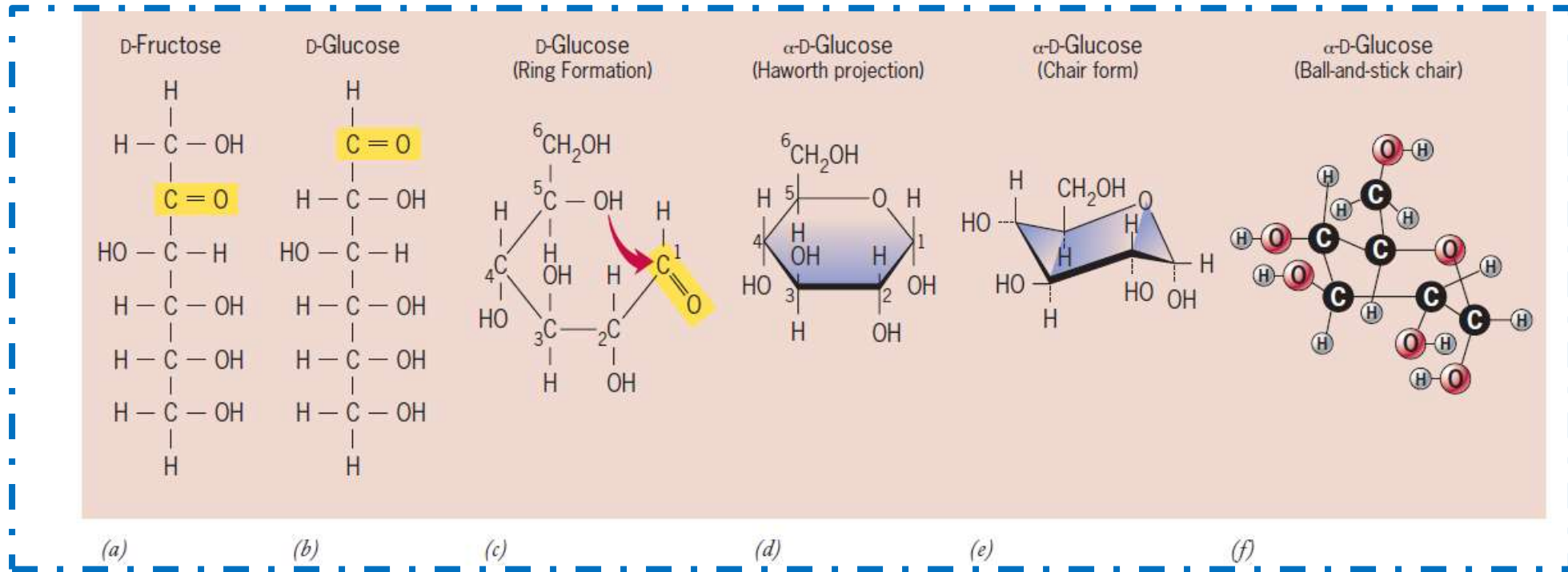
- karbohidrat,
- lipid,
- protein,
- dan asam nukleat



# Carbohydrates

- Karbohidrat (atau sering disebut glycans) termasuk gula sederhana (atau monosakarida) dan semua molekul yang lebih besar yang terbuat dari bahan penyusun gula. Fungsi karbohidrat terutama sebagai penyimpan energi kimia dan sebagai bahan bangunan tahan lama untuk konstruksi biologis
- Gula yang penting dalam metabolisme sel memiliki nilai  $n$  yang berkisar antara 3 sampai 7. Gula yang mengandung tiga karbon dikenal sebagai triosa, gula dengan empat karbon sebagai tetroses, yang memiliki lima karbon sebagai pentosa, yang memiliki enam karbon sebagai heksosa, dan gula yang memiliki dengan tujuh karbon sebagai heptoses.



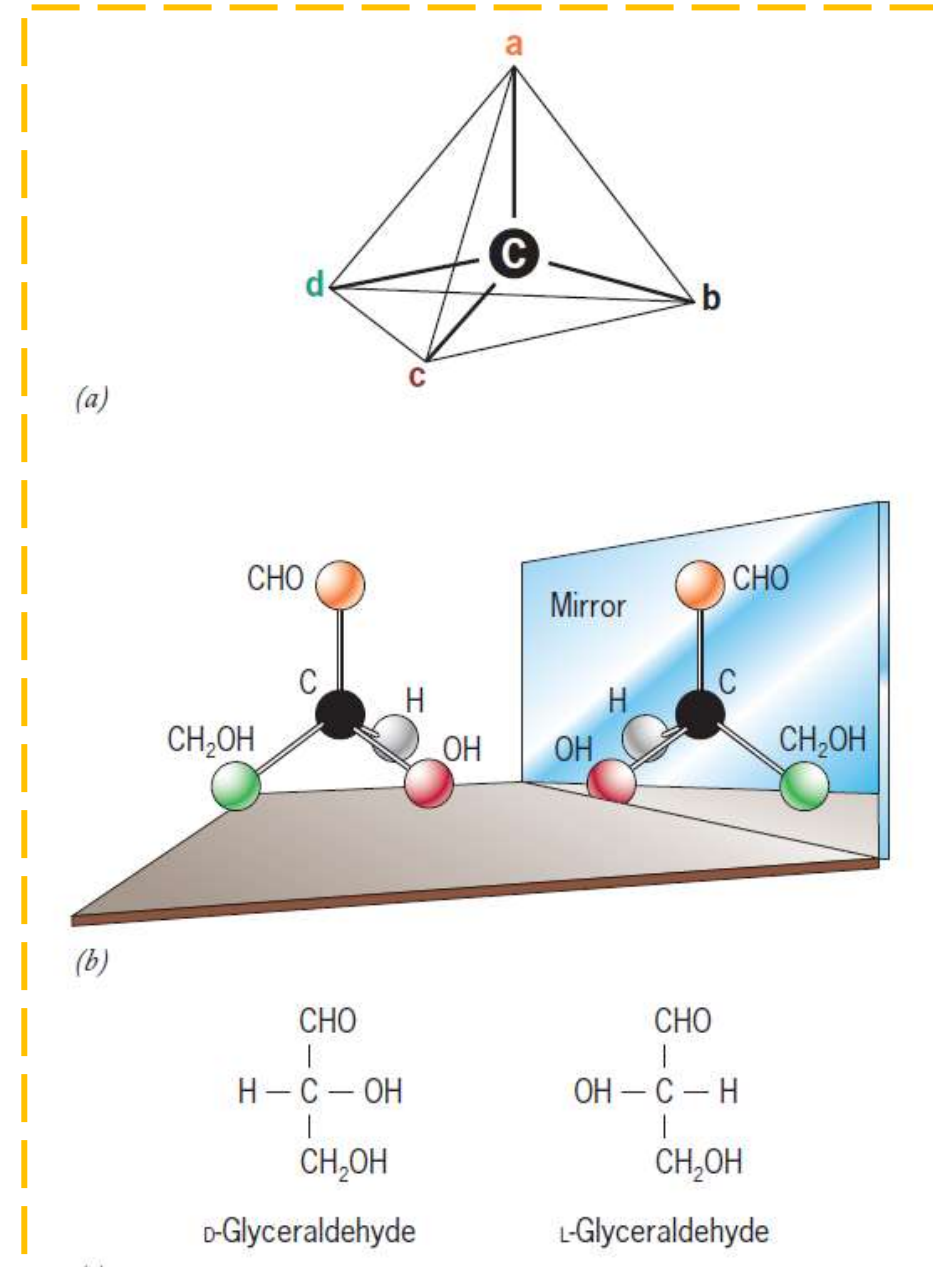


- **Struktur Gula** Sederhana Setiap molekul gula terdiri dari tulang punggung atom karbon yang dihubungkan bersama dalam susunan linier dengan ikatan tunggal. Masing-masing atom karbon tulang punggung terkait dengan satu gugus hidroksil, kecuali satu yang mengandung gugus karbonil ( $C=O$ ).
- Jika gugus karbonil berada pada posisi internal (membentuk gugus keton), maka gula adalah ketosa, seperti fruktosa.
- Jika karbonil terletak di salah satu ujung gula, ia membentuk gugus aldehida dan molekulnya dikenal sebagai aldosa, seperti yang dicontohkan oleh glukosa,



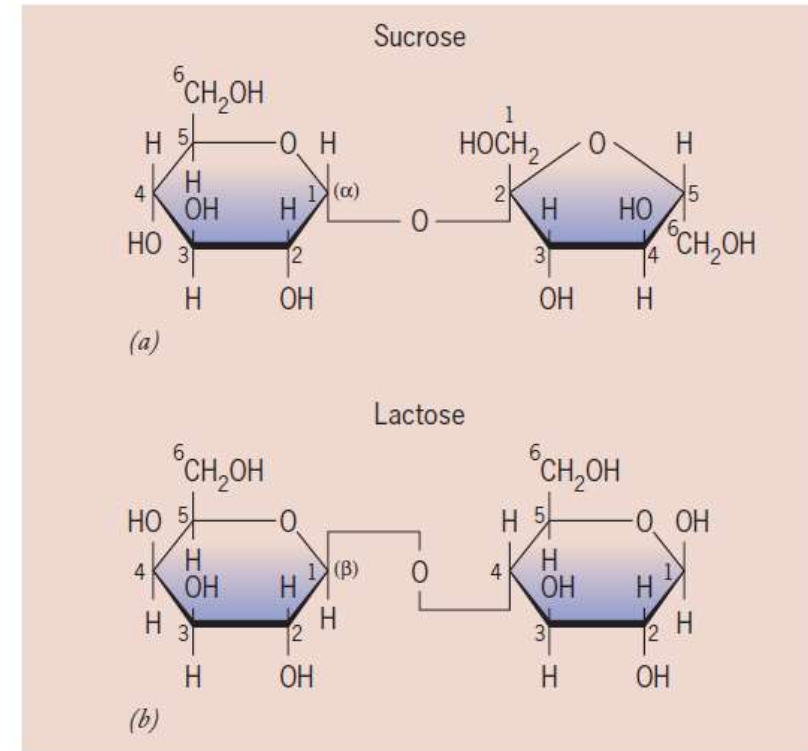
# Stereoisomerism

- atom karbon dapat berikatan dengan empat atom lainnya
- Jika keempat gugus yang terikat pada atom karbon semuanya berbeda, seperti dalam gliseraldehida, maka ada dua kemungkinan konfigurasi yang tidak dapat ditumpangkan satu sama lain. Kedua molekul ini (disebut stereoisomer atau enansiomer) pada dasarnya memiliki reaktivitas kimiawi yang sama, tetapi strukturnya adalah bayangan cermin (tidak seperti sepasang tangan kanan dan kiri)
- Sesuai ketentuan, molekul disebut D-gliseraldehida jika gugus hidroksil karbon 2 menonjol ke kanan, dan L-gliseraldehida jika menonjol ke kiri (Gambar 2.13c). Karena ia bertindak sebagai situs stereoisomerisme, karbon 2 disebut sebagai atom karbon asimetris



## Linking Sugars Together

- Gula dapat bergabung satu sama lain melalui ikatan glikosidik kovalen untuk membentuk molekul yang lebih besar. Ikatan glikosidik terbentuk melalui reaksi antara atom karbon C1 dari satu gula dan gugus hidroksil gula lainnya, menghasilkan  $\text{—C—O—C—}$  hubungan antara dua gula.
- gula dapat bergabung dengan berbagai ikatan glikosidik yang berbeda. Molekul yang hanya terdiri dari dua unit gula adalah disakarida.
- Disakarida berfungsi terutama sebagai penyimpan energi yang tersedia. Sukrosa, atau gula meja, adalah komponen utama getah tanaman, yang membawa energi kimia dari satu bagian tanaman ke bagian lain. Laktosa, hadir dalam susu sebagian besar mamalia, memasok mamalia yang baru lahir dengan bahan bakar untuk pertumbuhan dan perkembangan awal.
- Laktosa dalam makanan dihidrolisis oleh enzim laktase, yang ada di membran plasma sel yang melapisi usus. Banyak orang kehilangan enzim ini setelah masa kanak-kanak dan mendapati bahwa mengonsumsi produk susu menyebabkan ketidaknyamanan pencernaan

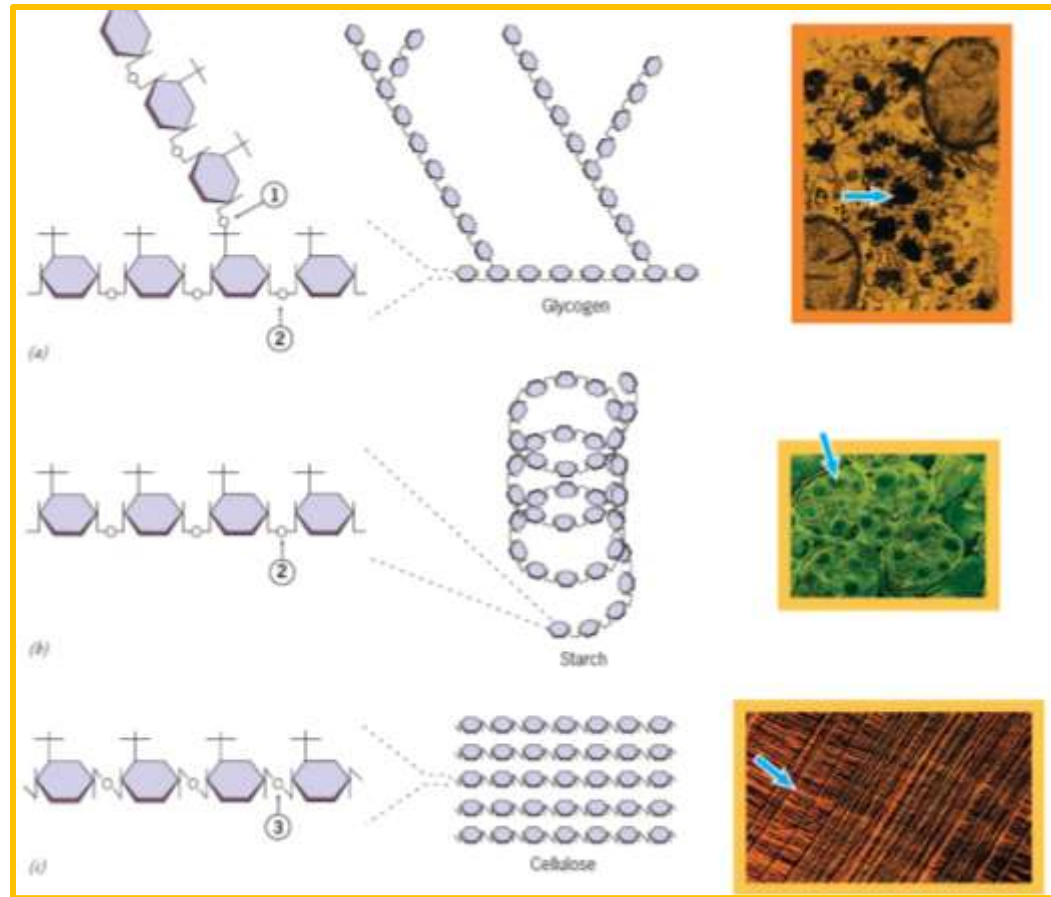


**FIGURE 2.16 Disaccharides.** Sucrose and lactose are two of the most common disaccharides. Sucrose is composed of glucose and fructose joined by an  $\alpha(1 \rightarrow 2)$  linkage, whereas lactose is composed of glucose and galactose joined by a  $\beta(1 \rightarrow 4)$  linkage.

- Gula juga dapat dihubungkan bersama untuk membentuk rantai kecil yang disebut oligosakarida (oligo = sedikit). Paling sering rantai seperti itu ditemukan secara kovalen melekat pada lipid dan protein, mengubahnya menjadi glikolipid dan glikoprotein, masing-masing. sangat penting pada glikolipid dan glikoprotein membran plasma, di mana mereka menonjol dari permukaan sel. Karena oligosakarida dapat terdiri dari berbagai kombinasi unit gula, karbohidrat ini dapat memainkan peran informasional; yaitu, mereka dapat berfungsi untuk membedakan satu jenis sel dari yang lain dan membantu memediasi interaksi tertentu dari sebuah sel dengan lingkungannya.

# Polysaccharides

- Bernard menemukan bahwa glukosa masuk ke dalam darah dari hati. Ia menemukan bahwa jaringan hati mengandung polimer glukosa yang tidak dapat larut yang ia namakan glikogen.
- Bernard menyimpulkan bahwa berbagai bahan makanan (seperti protein) dibawa ke hati di mana secara kimiawi diubah menjadi glukosa dan disimpan sebagai glikogen. Kemudian, karena tubuh membutuhkan gula untuk bahan bakar, glikogen di hati diubah menjadi glukosa, yang dilepaskan ke aliran darah untuk memenuhi jaringan yang kekurangan glukosa.
- Dalam hipotesis Bernard, keseimbangan antara pembentukan glikogen dan pemecahan glikogen di hati adalah penentu utama dalam mempertahankan tingkat glukosa dalam darah yang relatif konstan (homeostatis).
- Hipotesis Bernard terbukti benar. Molekul yang dia beri nama glikogen adalah sejenis polisakarida (**Polysaccharides**) — polimer dari unit gula yang bergabung dengan ikatan glikosidik.

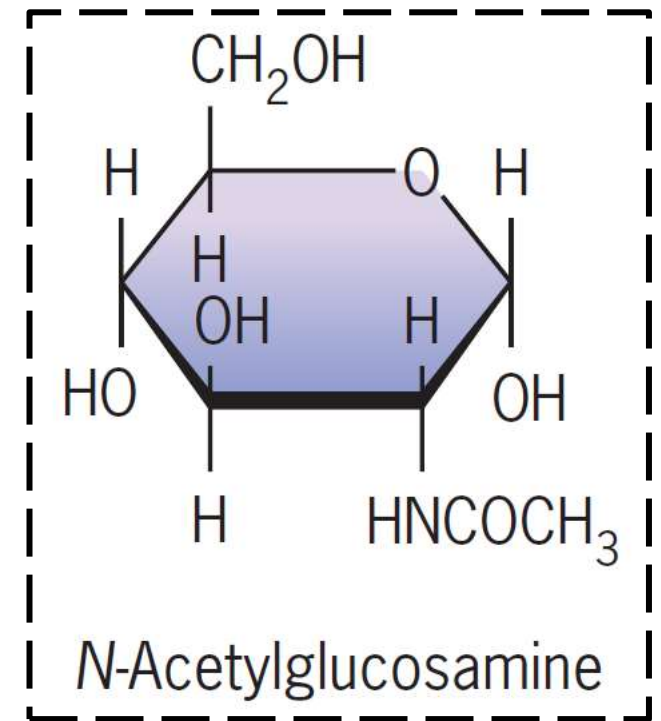


**FIGURE 2.17** Three polysaccharides with identical sugar monomers but dramatically different properties. Glycogen (a), starch (b), and cellulose (c) are each composed entirely of glucose subunits, yet their chemical and physical properties are very different due to the distinct ways that the monomers are linked together (three different types of linkages are indicated by the circled numbers). Glycogen molecules are the most highly branched, starch molecules assume a helical arrangement, and cellulose molecules are unbranched and highly extended.

Whereas glycogen and starch are energy stores, cellulose molecules are bundled together into tough fibers that are suited for their structural role. Colorized electron micrographs show glycogen granules in a liver cell, starch grains (amyloplasts) in a plant seed, and cellulose fibers in a plant cell wall; each is indicated by an arrow. [PHOTO INSETS: (TOP) DON FAWCETT/VISUALS UNLIMITED; (CENTER) JEREMY BURGESS/PHOTO RESEARCHERS; (BOTTOM) CABISCO/VISUALS UNLIMITED.]



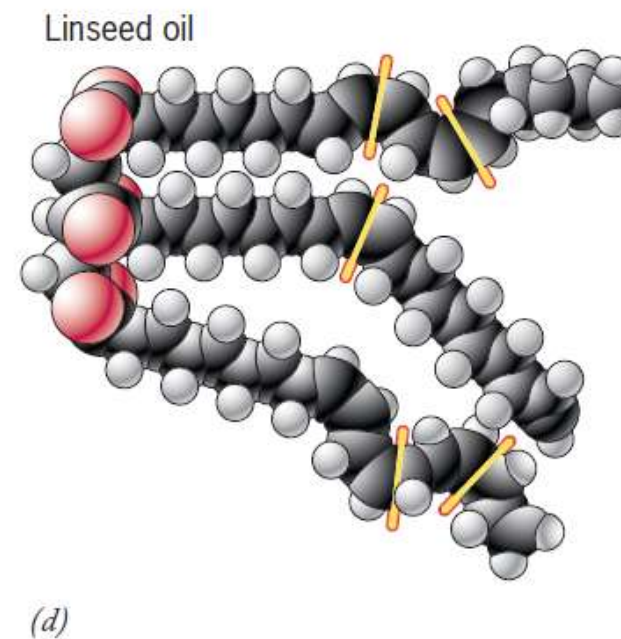
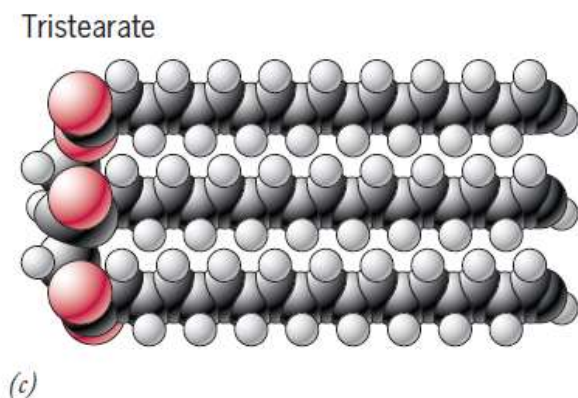
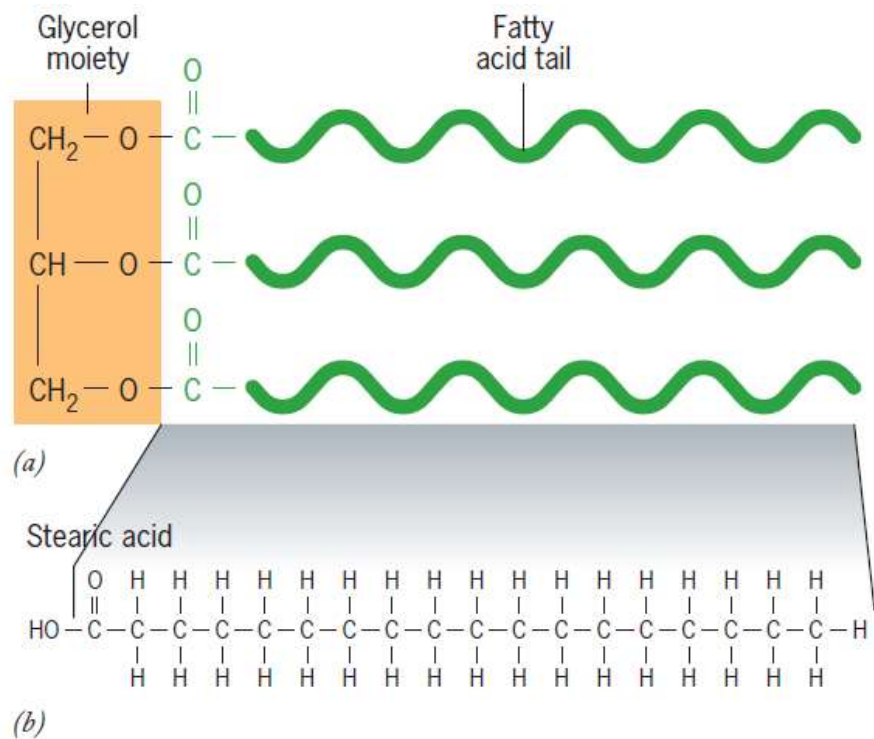
- Tidak semua polisakarida biologis terdiri dari monomer glukosa. Kitin adalah polimer tak bercabang **dari gula N-asetilglukosamin**, yang strukturnya mirip dengan glukosa tetapi memiliki gugus asetil amino alih-alih gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon kedua cincin tersebut.
- Kitin terdapat secara luas sebagai bahan struktural di antara invertebrata, terutama di lapisan luar serangga, laba-laba, dan krustasea. Kitin adalah bahan yang keras, ulet, namun fleksibel seperti plastik tertentu. Keberhasilan serangga sebagian besar berkat polisakarida yang sangat adaptif ini
- Kelompok polisakarida lain yang memiliki struktur lebih kompleks adalah glikosaminoglikan (atau GAG). Tidak seperti polisakarida lain, polisakarida memiliki struktur —A — B — A — B—, di mana A dan B mewakili dua gula yang berbeda. GAG yang paling banyak dipelajari adalah heparin, yang disekresikan oleh sel-sel di paru-paru dan jaringan lain sebagai respons terhadap cedera jaringan. Heparin menghambat pembekuan darah, sehingga mencegah pembentukan gumpalan yang dapat menghalangi aliran darah ke jantung atau paru-paru. Heparin menyelesaikan prestasi ini dengan mengaktifkan penghambat (antitrombin) dari enzim kunci (trombin) yaitu yang diperlukan untuk pembekuan darah
- Heparin, yang biasanya diekstrak dari jaringan babi, telah digunakan selama beberapa dekade untuk mencegah pembekuan darah pada pasien setelah operasi besar.





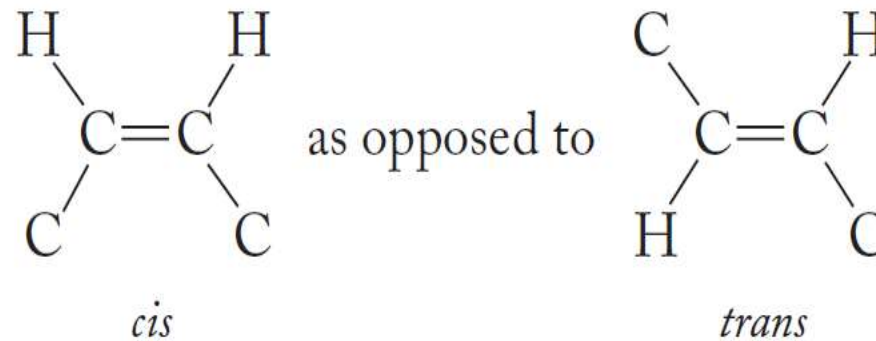
# Lipids

- Lipid adalah kelompok beragam molekul biologis nonpolar yang sifat umumnya adalah kemampuannya untuk larut dalam pelarut organik, seperti kloroform atau benzena, dan ketidakmampuannya untuk larut dalam air — sifat yang menjelaskan berbagai fungsi biologisnya. Lipid yang penting dalam fungsi seluler termasuk lemak, steroid, dan fosfolipid
- Lemak Lemak terdiri dari molekul gliserol yang dihubungkan oleh ikatan ester dengan tiga asam lemak; molekul komposit disebut triasilgliserol.
- Asam lemak adalah rantai hidrokarbon panjang yang tidak bercabang dengan satu gugus karboksil di salah satu ujungnya (Gambar 2.19b). Karena kedua ujung molekul asam lemak memiliki struktur yang sangat berbeda, keduanya juga memiliki sifat yang berbeda.
- Rantai hidrokarbon bersifat hidrofobik, sedangkan gugus karboksil ( $-\text{COOH}$ ), yang memiliki muatan negatif pada pH fisiologis, bersifat hidrofilik. Molekul yang memiliki daerah hidrofobik dan hidrofilik disebut amphipathic; molekul semacam itu memiliki sifat yang tidak biasa dan penting secara biologis. Sifat-sifat asam lemak dapat dipahami dengan mempertimbangkan penggunaan produk yang sudah dikenal: sabun, yang terdiri dari asam lemak



**FIGURE 2.19 Fats and fatty acids.** (a) The basic structure of a triacylglycerol (also called a triglyceride or a neutral fat). The glycerol moiety, indicated in orange, is linked by three ester bonds to the carboxyl groups of three fatty acids whose tails are indicated in green. (b) Stearic acid, an 18-carbon saturated fatty acid that is common in animal fats. (c) Space-filling model of tristearate, a triacylglycerol containing three identical stearic acid chains. (d) Space-filling model of linseed oil, a triacylglycerol derived from flax seeds that contains three unsaturated fatty acids (linoleic, oleic, and linolenic acids). The sites of unsaturation, which produce kinks in the molecule, are indicated by the yellow-orange bars.

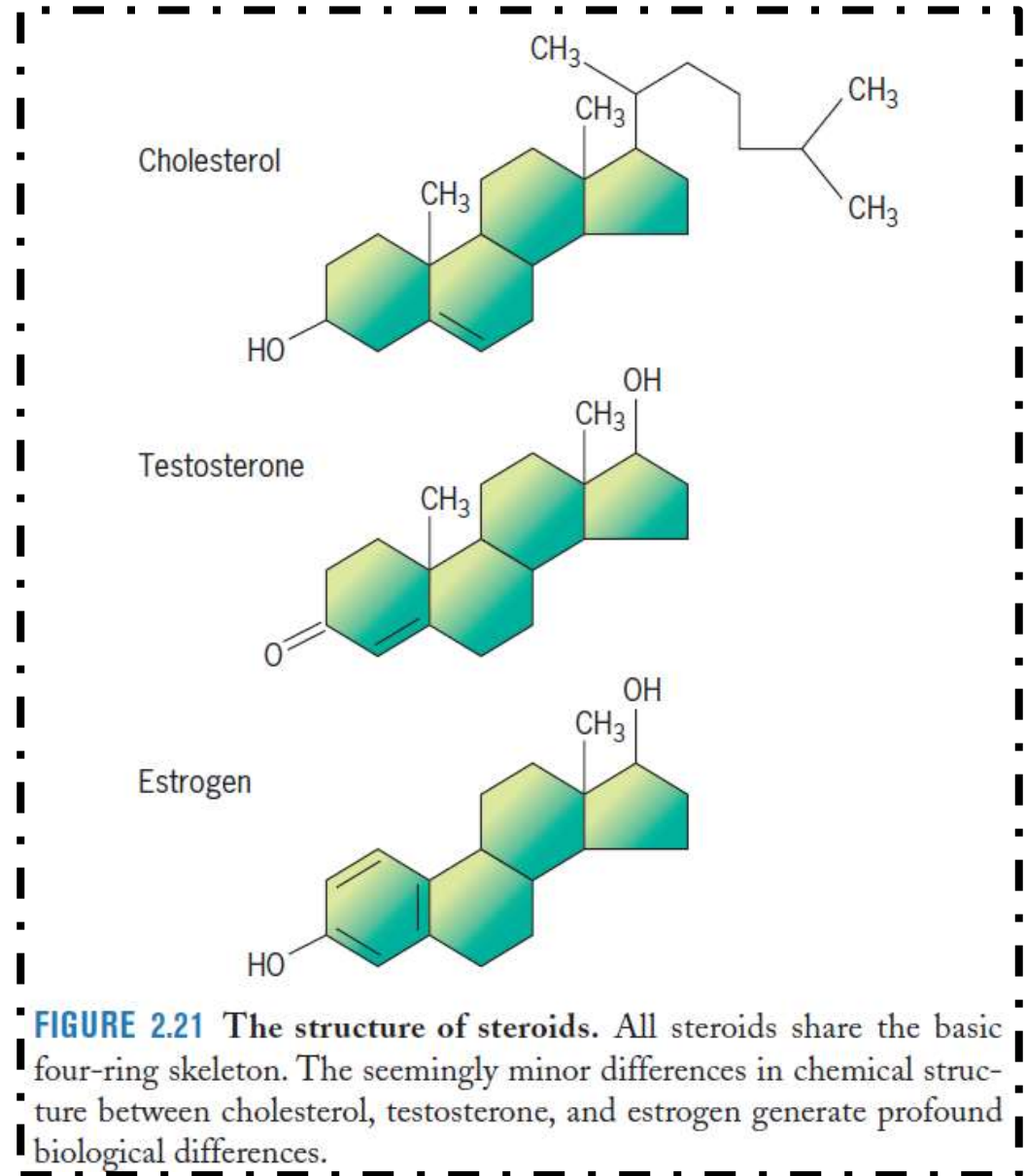
- Asam lemak berbeda satu sama lain dalam hal panjang rantai hidrokarbonnya dan ada atau tidak adanya ikatan rangkap. Asam lemak yang ada dalam sel biasanya memiliki panjang bervariasi dari 14 hingga 20 karbon. Asam lemak yang tidak memiliki ikatan rangkap, seperti asam stearat, disebut asam lemak jenuh; yang memiliki ikatan rangkap tidak jenuh. Asam lemak yang terbentuk secara alami memiliki ikatan rangkap dalam konfigurasi *cis*. Ikatan ganda (dari konfigurasi *cis*) menghasilkan kekusutan dalam rantai asam lemak



- Akibatnya, semakin banyak ikatan rangkap yang dimiliki rantai asam lemak, semakin kurang efektif rantai panjang ini dapat dikemas bersama. Ini menurunkan suhu di mana lipid yang mengandung asam lemak meleleh
- Tristearate, yang asam lemaknya tidak memiliki ikatan rangkap adalah komponen umum lemak hewani dan tetap dalam keadaan padat jauh di atas suhu kamar. Sebaliknya, banyaknya ikatan rangkap dalam lemak nabati menyebabkan keadaan cairnya — baik di dalam sel tumbuhan dan di rak toko bahan makanan — dan karena lemak tersebut diberi label sebagai "tak jenuh ganda". Lemak yang cair pada suhu kamar disebut sebagai minyak.

# Steroid

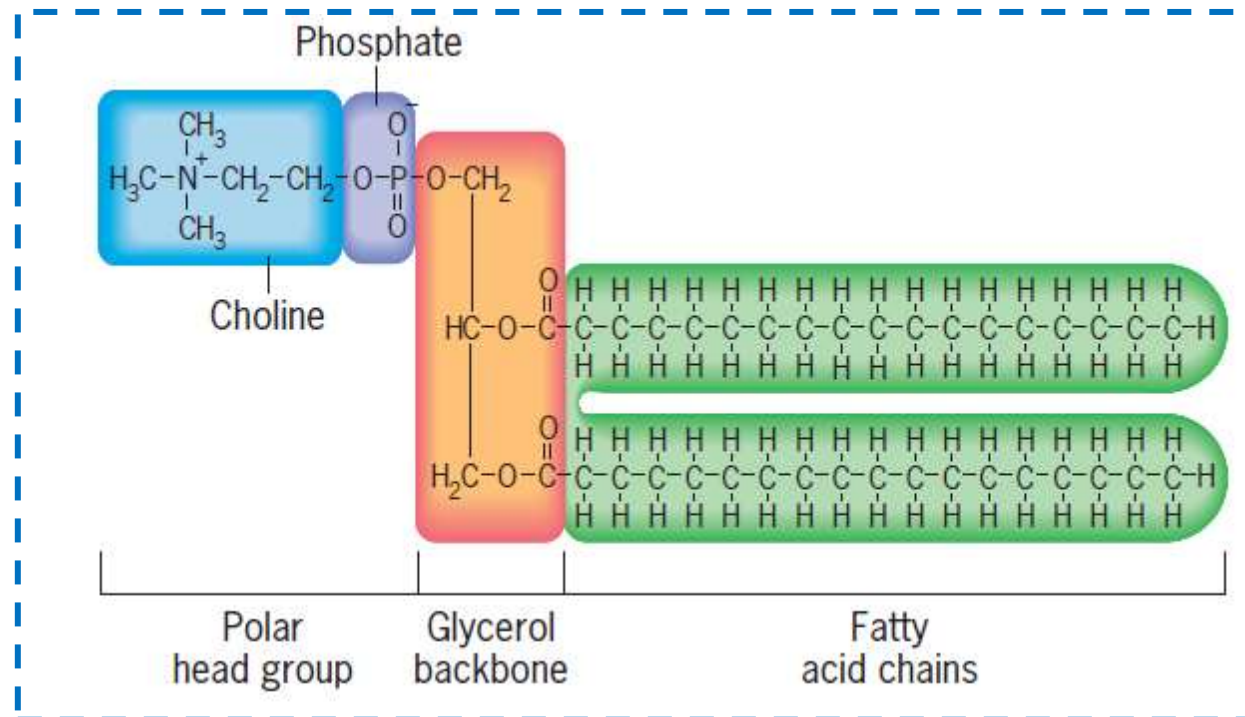
- Steroid dibuat di sekitar kerangka hidrokarbon bercincin empat yang khas. Salah satu steroid terpenting adalah kolesterol, komponen membran sel hewan dan prekursor untuk sintesis sejumlah hormon steroid, seperti testosteron, progesteron, dan estrogen. Kolesterol sebagian besar tidak ada di sel tumbuhan, itulah sebabnya minyak nabati dianggap "bebas kolesterol", tetapi sel tumbuhan mungkin mengandung sejumlah besar senyawa terkait.





# Phospholipids

- Molekulnya menyerupai lemak (triasilgliserol), tetapi hanya memiliki dua rantai asam lemak, bukan tiga; itu adalah diasilgliserol. Hidroksil ketiga dari tulang punggung gliserol terikat secara kovalen ke gugus fosfat, yang pada gilirannya terikat secara kovalen ke gugus kutub kecil, seperti kolin,
- Jadi, tidak seperti molekul lemak, fosfolipid mengandung dua ujung yang memiliki sifat yang sangat berbeda: ujung yang mengandung gugus fosfat memiliki karakter hidrofilik yang jelas; ujung lainnya yang terdiri dari dua ekor asam lemak memiliki karakter hidrofobik yang jelas. Karena fosfolipid berfungsi terutama pada membran sel



# Proteins

- Protein adalah makromolekul yang menjalankan hampir semua aktivitas sel; mereka adalah alat dan mesin molekuler yang membuat sesuatu terjadi.
- Sebagai enzim, protein sangat mempercepat laju reaksi metabolisme; sebagai kabel struktural, protein memberikan dukungan mekanis baik di dalam sel maupun di luar perimeternya; sebagai hormon, faktor pertumbuhan, dan penggerak gen, protein melakukan berbagai fungsi pengaturan; sebagai reseptor membran dan transporter, protein menentukan apa yang bereaksi terhadap sel dan jenis zat apa yang masuk atau keluar dari sel; sebagai filamen kontraktil dan motor molekuler, protein merupakan mesin untuk pergerakan biologis.
- protein bertindak sebagai antibodi, berfungsi sebagai racun, membentuk gumpalan darah, menyerap atau membiaskan cahaya dan mengangkut zat dari satu bagian tubuh ke bagian lain.





(a)



(b)

**FIGURE 2.23** Two examples of the thousands of biological structures composed predominantly of protein. These include (a) feathers, which are adaptations in birds for thermal insulation, flight, and sex recogni-

tion; and (b) the lenses of eyes, as in this net-casting spider, which focus light rays. (A: DARRELL GULIN/GETTY IMAGES; B: MANTIS WILDLIFE FILMS/OXFORD SCIENTIFIC FILMS/ANIMALS ANIMALS.)

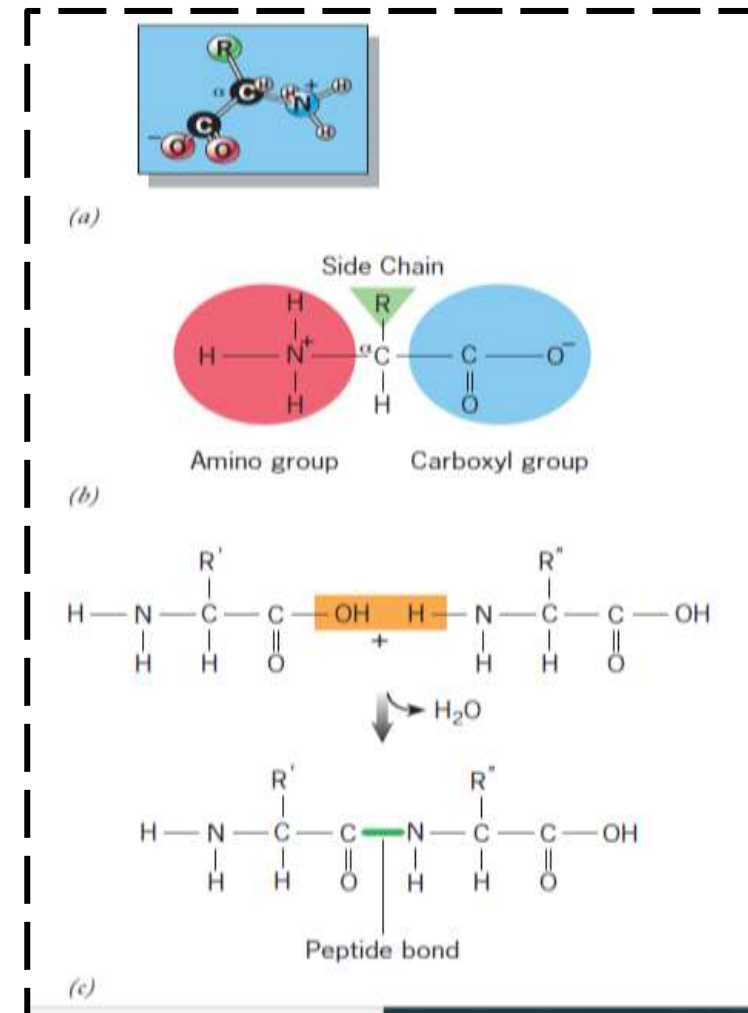
- Protein, dengan kata lain, menunjukkan tingkat spesifisitas yang tinggi. Hal ini dimungkinkan, misalnya, untuk enzim pemotongan DNA tertentu untuk mengenali segmen DNA yang mengandung satu urutan spesifik dari delapan nukleotida, sambil mengabaikan semua 65.535 urutan yang mungkin terdiri dari jumlah nukleotida ini.

- Bahan Pembangun Protein, Protein adalah polimer yang terbuat dari monomer asam amino. Setiap protein memiliki urutan asam amino unik yang memberikan sifat unik pada molekul. Banyak kemampuan protein dapat dipahami dengan memeriksa sifat-sifat kimiawi asam amino penyusunnya. Dua puluh asam amino yang berbeda biasanya digunakan dalam pembentukan protein, baik dari virus maupun manusia. Ada dua aspek struktur asam amino yang perlu dipertimbangkan: yang sama untuk semuanya dan yang unik untuk masing-masing.

### The Structures of Amino Acids

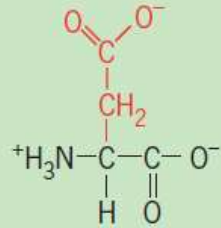
- Semua asam amino memiliki gugus karboksil dan gugus amino, yang dipisahkan satu sama lain oleh satu atom karbon,  $\alpha$ -karbon

**FIGURE 2.24 Amino acid structure.** Ball-and-stick model (a) and chemical formula (b) of a generalized amino acid in which R can be any of a number of chemical groups (see Figure 2.26). (c) The formation of a peptide bond occurs by the condensation of two amino acids, drawn here in the uncharged state. In the cell, this reaction occurs on a ribosome as an amino acid is transferred from a carrier (a tRNA molecule) onto the end of the growing polypeptide chain (see Figure 11.49).

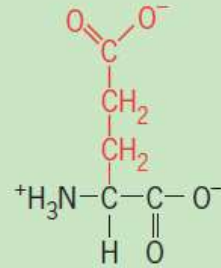


# The Properties of the Side Chains

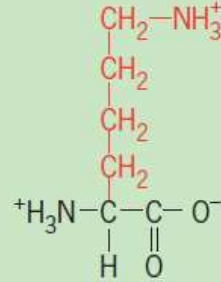
## Polar charged



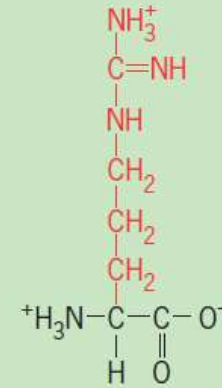
Aspartic acid  
(Asp or D)



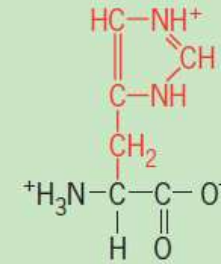
Glutamic acid  
(Glu or E)



Lysine  
(Lys or K)



Arginine  
(Arg or R)

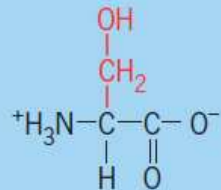


Histidine  
(His or H)

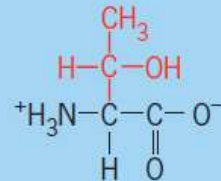
Properties of side chains (R groups):

Hydrophilic side chains act as acids or bases which tend to be fully charged (+ or -) under physiologic conditions. Side chains form ionic bonds and are often involved in chemical reactions.

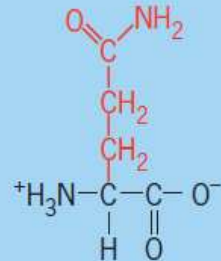
## Polar uncharged



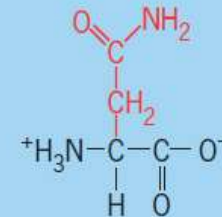
Serine  
(Ser or S)



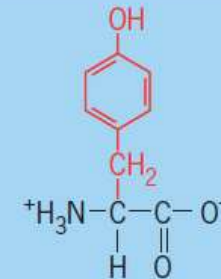
Threonine  
(Thr or T)



Glutamine  
(Gln or Q)



Asparagine  
(Asn or N)



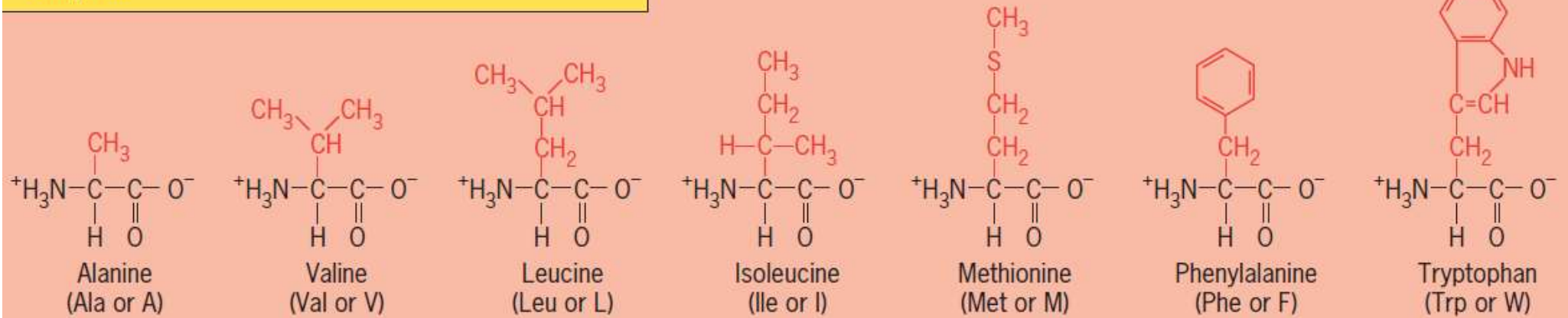
Tyrosine  
(Tyr or Y)

Properties of side chains:

Hydrophilic side chains tend to have partial + or - charge allowing them to participate in chemical reactions, form H-bonds, and associate with water.



## Nonpolar



Properties of side chains:

Hydrophobic side chain consists almost entirely of C and H atoms. These amino acids tend to form the inner core of soluble proteins, buried away from the aqueous medium. They play an important role in membranes by associating with the lipid bilayer.

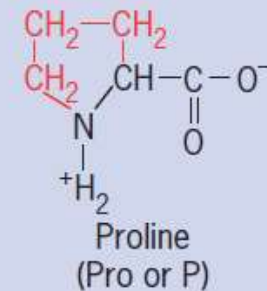
## Side chains with unique properties



Side chain consists only of hydrogen atom and can fit into either a hydrophilic or hydrophobic environment. Glycine often resides at sites where two polypeptides come into close contact.



Though side chain has polar, uncharged character, it has the unique property of forming a covalent bond with another cysteine to form a disulfide link.



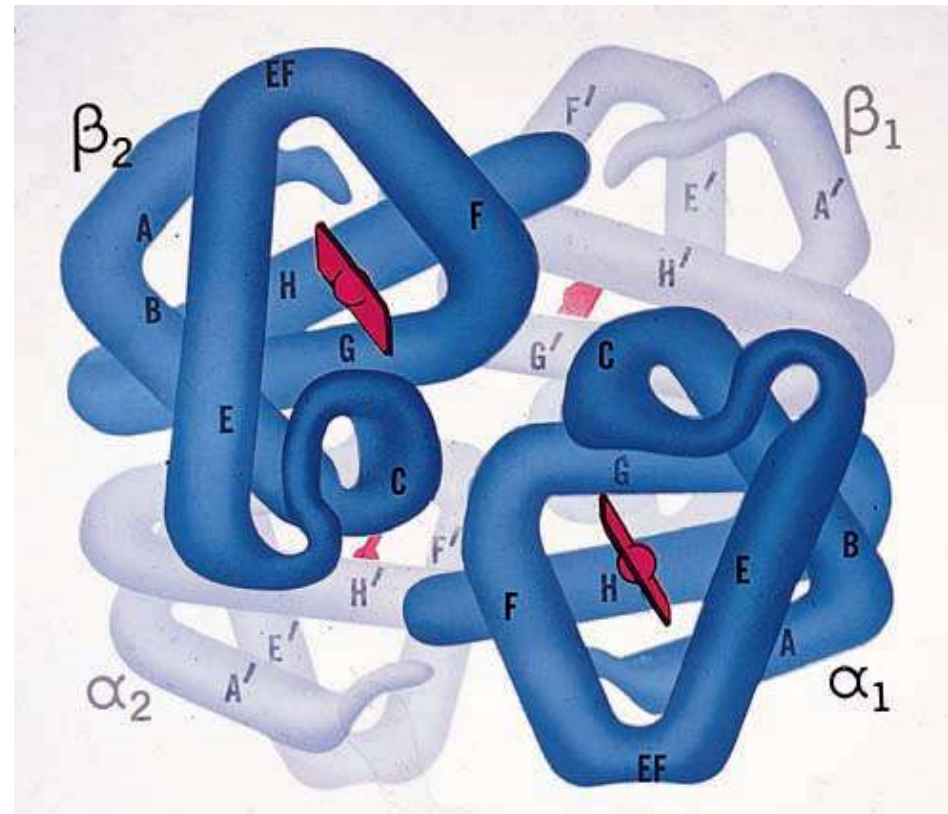
Though side chain has hydrophobic character, it has the unique property of creating kinks in polypeptide chains and disrupting ordered secondary structure.

# The Structure of Proteins

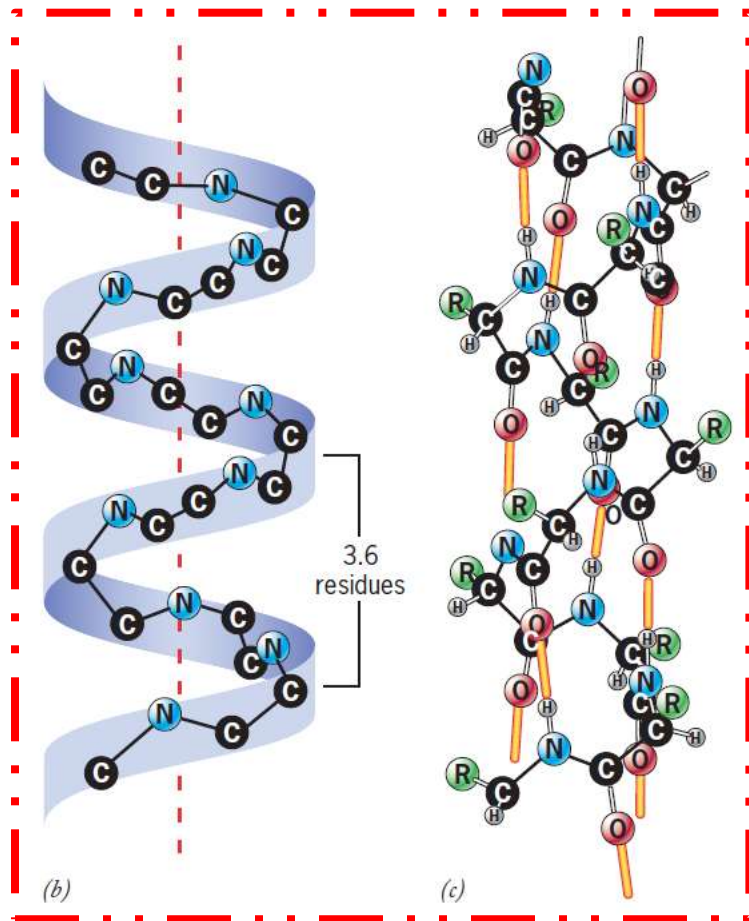
- **Struktur Primer**, Struktur primer polipeptida adalah urutan linier spesifik asam amino yang menyusun rantai. Dengan 20 blok penyusun yang berbeda, jumlah polipeptida berbeda yang dapat dibentuk adalah  $20^n$ , di mana  $n$  adalah jumlah asam amino dalam rantai. Karena kebanyakan polipeptida mengandung lebih dari 100 asam amino, variasi urutan yang mungkin pada dasarnya tidak terbatas. Informasi untuk urutan tepat asam amino dalam setiap protein yang dapat diproduksi oleh suatu organisme dikodekan di dalam genom organisme tersebut.
- **Secondary Structure**, Struktur sekunder menggambarkan konformasi bagian-bagian rantai polipeptida. Istilah konformasi mengacu pada pengaturan tiga dimensi atom suatu molekul, yaitu organisasi spasial mereka. Dua konformasi diusulkan. Dalam satu konformasi, tulang punggung polipeptida mengambil bentuk spiral berputar silinder yang disebut alfa ( $\alpha$ ) heliks. Konformasi kedua dikemukakan oleh Pauling dan Corey adalah lembar beta ( $\beta$ ) -pelapis, yang terdiri dari beberapa segmen dari polipeptida yang terletak berdampingan
- **Tertiary Structure**, Tingkat berikutnya di atas struktur sekunder adalah struktur tersier, yang menggambarkan konformasi seluruh polipeptida. Sedangkan struktur sekunder distabilkan terutama oleh ikatan hidrogen antar atom yang membentuk ikatan peptida pada tulang punggung, struktur tersier distabilkan oleh susunan ikatan nonkovalen antara rantai samping protein yang beragam. Struktur sekunder sebagian besar terbatas pada sejumlah kecil konformasi, tetapi struktur tersier hampir tidak terbatas. **The detailed tertiary structure of a protein is usually determined using the technique of X-ray crystallography**



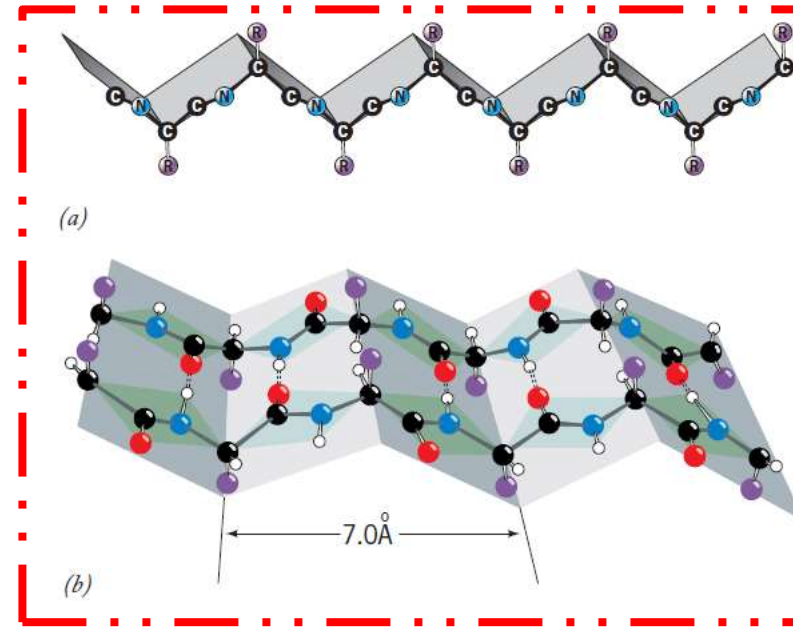
- *Quaternary Structure* Whereas many proteins such as myoglobin are composed of only one polypeptide chain, most are made up of more than one chain, or **subunit**. The subunits may be linked by covalent disulfide bonds, but most often they are held together by noncovalent bonds as occur typically between hydrophobic “patches” on the complementary surfaces of neighboring polypeptides



**Proteins with quaternary structure**



$\alpha$ - helix

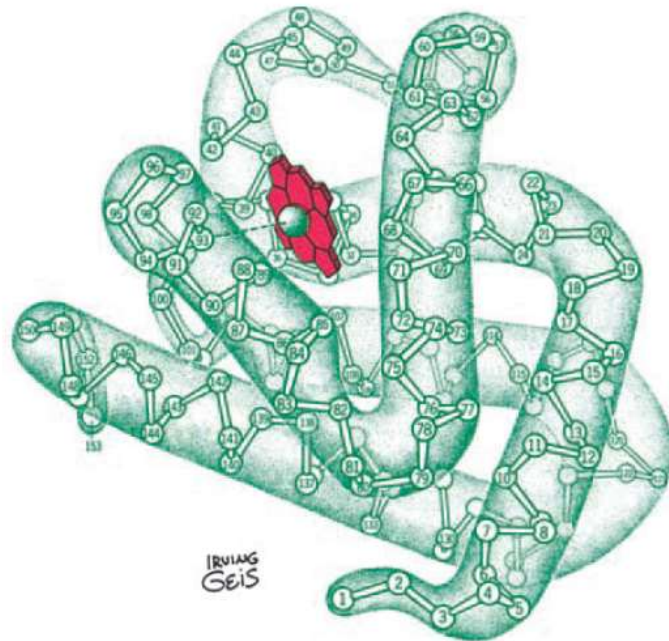


The  $\beta$  -pleated sheet

Sebagian besar protein dapat dikategorikan berdasarkan konformasi keseluruhannya sebagai protein berserat, yang memiliki bentuk memanjang, atau protein globular, yang memiliki bentuk compact.

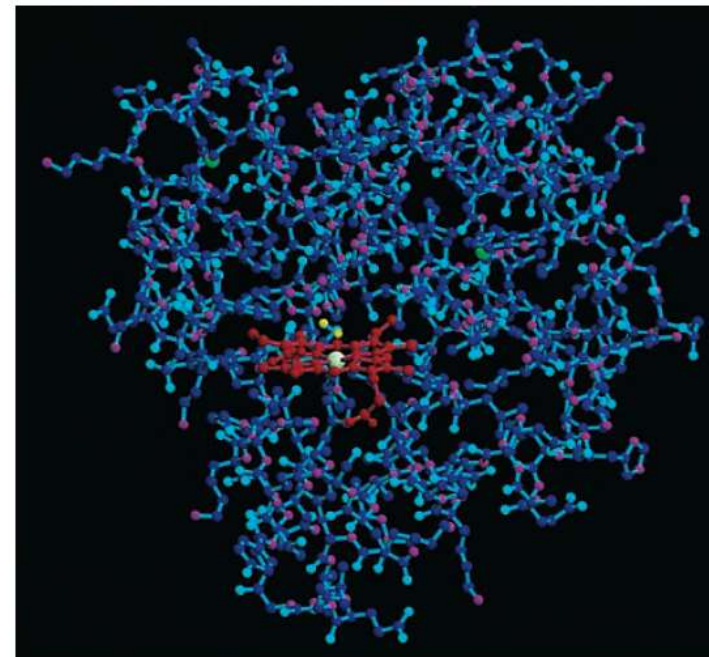
# Myoglobin: The First Globular Protein Whose Tertiary Structure Was Determined

- Fungsi mioglobin dalam jaringan otot sebagai tempat penyimpanan oksigen; molekul oksigen terikat pada atom besi di tengah gugus heme
- Mioglobin tidak mengandung ikatan disulfida; struktur tersier protein diikat secara eksklusif oleh interaksi nonkovalen. Semua ikatan nonkovalen yang diduga terjadi antara rantai samping dalam protein — ikatan hidrogen, ikatan ion, dan gaya van der Waals — telah ditemukan
- Unlike myoglobin, most globular proteins contain both helices and sheets.



(a)

**FIGURE 2.34** The three-dimensional structure of myoglobin. (a) The tertiary structure of whale myoglobin. Most of the amino acids are part of  $\alpha$  helices. The nonhelical regions occur primarily as turns, where the polypeptide chain changes direction. The position of the heme is indicated in red. (b) The three-dimensional structure of myoglobin (heme

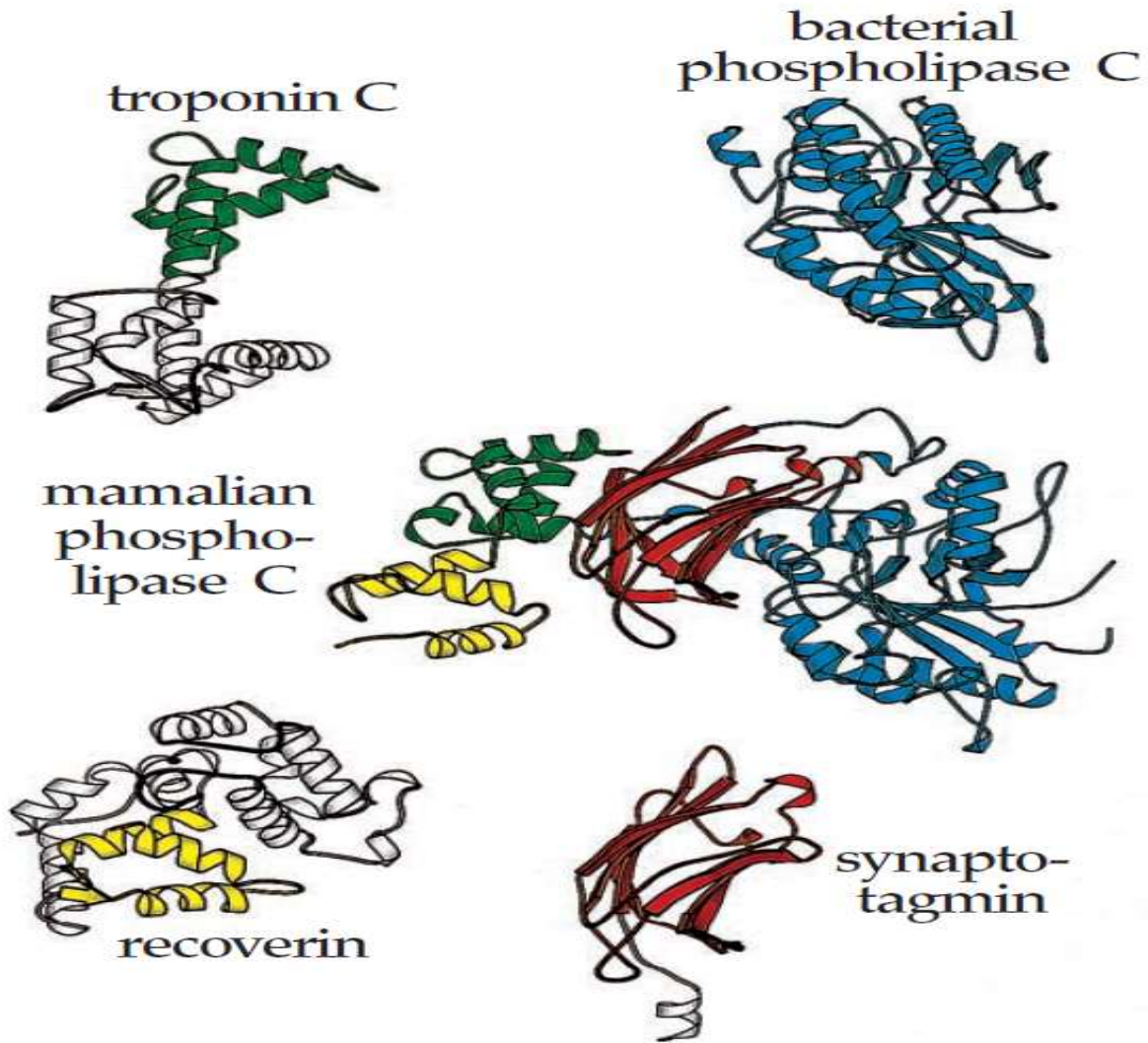


(b)

indicated in red). The positions of all of the molecule's atoms, other than hydrogen, are shown. (A: ILLUSTRATION, IRVING GEIS. IMAGE FROM IRVING GEIS COLLECTION/HOWARD HUGHES MEDICAL INSTITUTE. RIGHTS OWNED BY HHMI. REPRODUCED BY PERMISSION ONLY; B: KEN EDWARD/PHOTO RESEARCHERS.)



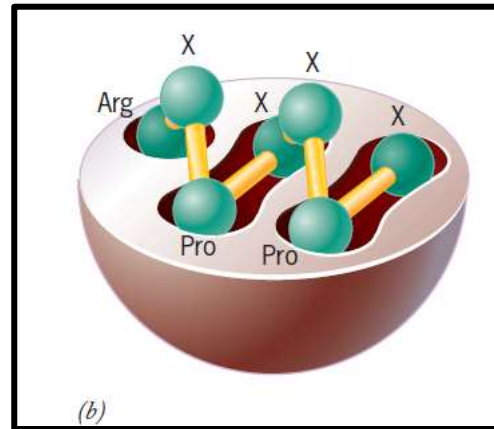
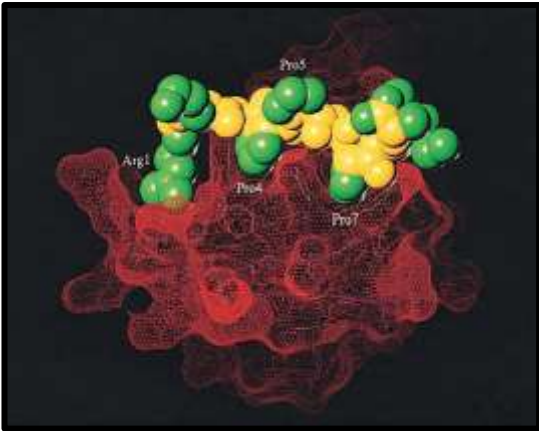
## Protein Domains



The different domains of a polypeptide often represent parts that function in a semi independent manner. For example, they might bind different factors, such as a coenzyme and a substrate or a DNA strand and another protein, or they might move relatively independent of one another. Protein domains are often identified with a specific function.

# Protein-Protein Interactions

- Meskipun hemoglobin terdiri dari empat subunit, ia tetap dianggap sebagai protein tunggal dengan fungsi tunggal. Banyak contoh diketahui di mana protein yang berbeda, masing-masing dengan fungsi tertentu, secara fisik berasosiasi untuk membentuk kompleks multiprotein yang jauh lebih besar.
- Faktanya, sebagian besar protein berinteraksi dengan protein lain dalam pola yang sangat dinamis, berasosiasi dan berdisosiasi bergantung pada kondisi di dalam sel pada waktu tertentu. Protein yang berinteraksi cenderung memiliki permukaan yang saling melengkapi. Seringkali bagian yang menonjol dari satu molekul masuk ke dalam saku di dalam pasangannya. Setelah dua molekul berada dalam kontak dekat, interaksinya distabilkan oleh ikatan nonkovalen.



Protein-protein interactions

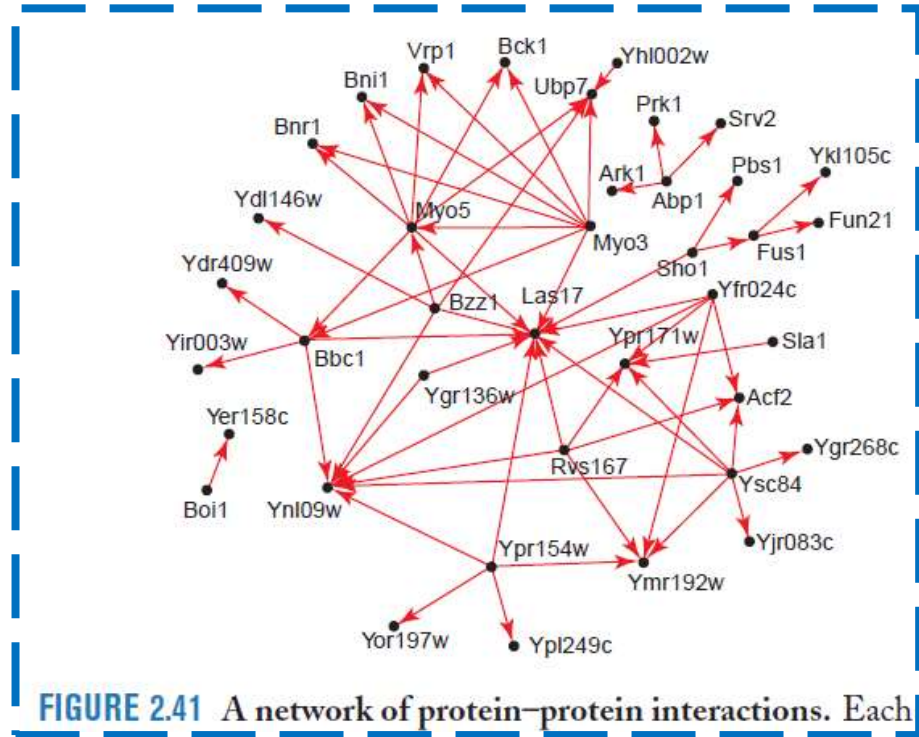
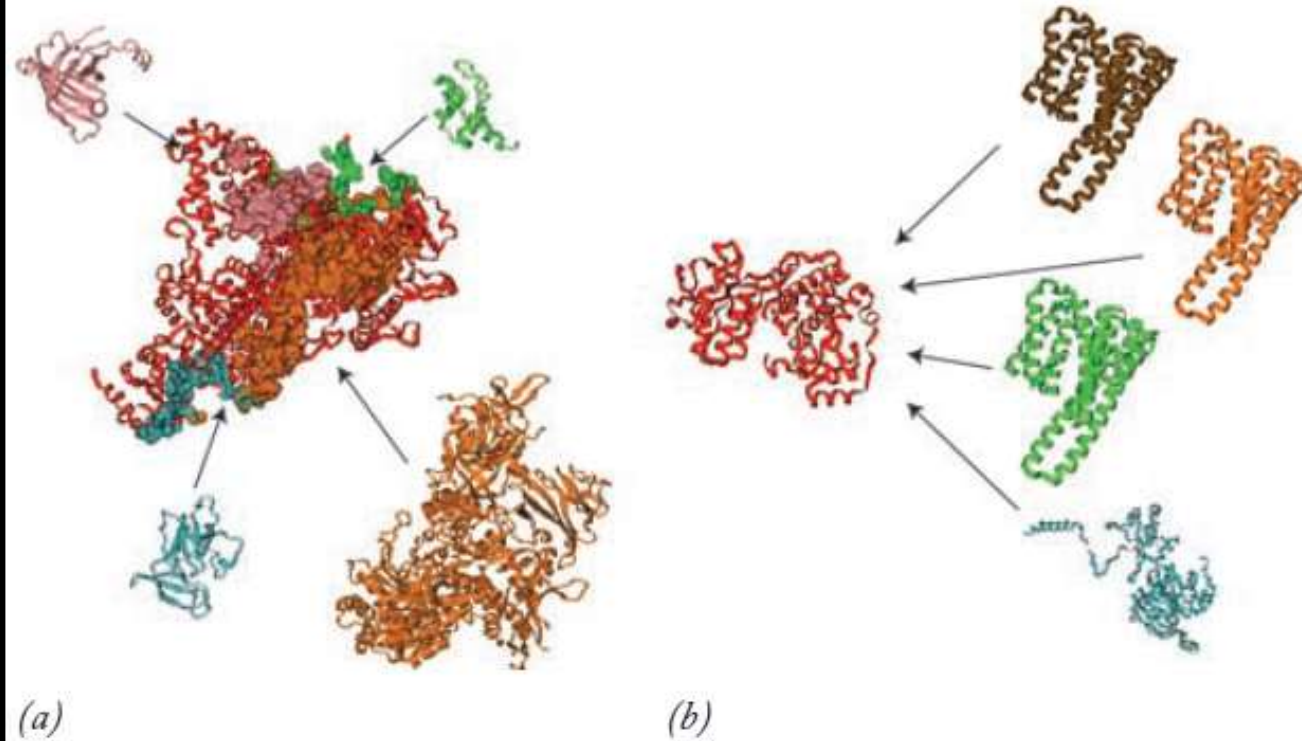


FIGURE 2.41 A network of protein-protein interactions. Each





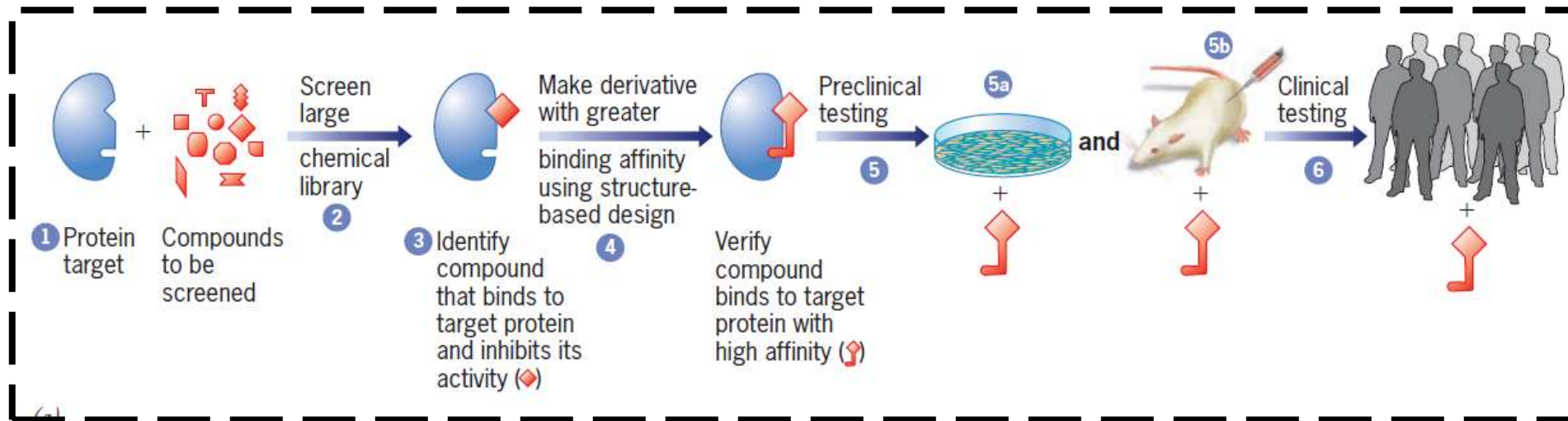
**FIGURE 2.42** Protein-protein interactions of hub proteins. (a) The enzyme RNA polymerase II, which synthesizes messenger RNAs in the cell, binds a multitude of other proteins simultaneously using multiple interfaces. (b) The enzyme Cdc28, which phosphorylates other proteins as it regulates the cell division cycle of budding yeast. Cdc28 binds a number of different proteins (Cln1-Cln3) at the same interface, which allows only one of these partners to bind at a time. (FROM DAMIEN DEVOS AND ROBERT B. RUSSELL, CURR. OPIN. STRUCT. BIOL. 17:373, 2007. COPYRIGHT 2007, WITH PERMISSION OF ELSEVIER SCIENCE.)

# Protein Engineering

- Kemajuan dalam biologi molekuler telah menciptakan peluang untuk merancang dan memproduksi secara massal protein baru yang berbeda dari yang dibuat oleh organisme hidup. Hal ini dimungkinkan dengan teknik sintesis DNA saat ini untuk membuat gen buatan yang dapat digunakan dalam produksi protein yang memiliki urutan asam amino yang diinginkan.
- Masalah dengan jenis upaya rekayasa ini adalah mengetahui jenis protein mana yang hampir tak terbatas yang mungkin dapat diproduksi yang mungkin memiliki beberapa fungsi yang berguna.
- arsitek protein mulai dengan memilih mekanisme katalitik yang dapat mempercepat setiap reaksi yang dipilih dan kemudian menggunakan perhitungan berbasis komputer untuk membangun ruang ideal di mana rantai samping asam amino diposisikan (membentuk situs aktif) untuk menyelesaikan tugas. Mereka kemudian mencari di antara struktur protein yang dikenal untuk menemukan struktur yang mungkin berfungsi sebagai kerangka kerja atau perancah yang dapat menahan situs aktif yang telah mereka rancang. Untuk mengubah model komputer menjadi protein yang sebenarnya, mereka menggunakan teknik komputasi untuk menghasilkan urutan DNA yang berpotensi untuk menyandikan protein semacam itu. Molekul DNA yang diusulkan disintesis dan dimasukkan ke dalam sel bakteri tempat protein diproduksi. Selanjutnya dilakukan pengujian aktivitas katalitik protein. Protein yang menunjukkan harapan terbesar itu kemudian menjalani proses evolusi tabung reaksi; protein bermutasi untuk menciptakan generasi baru protein yang diubah, yang pada gilirannya dapat disaring untuk meningkatkan aktivitas.

# Structure-Based Drug Design

- Salah satu cara untuk mencari obat potensial adalah dengan mengekspos protein yang menjadi target kombinasi senyawa ini dan menentukan senyawa mana, jika ada, yang kebetulan mengikat protein dengan afinitas yang wajar. Pendekatan alternatif, yang dapat digunakan jika struktur tersier dari protein telah ditentukan, adalah dengan menggunakan komputer untuk merancang molekul obat "virtual" yang ukuran dan bentuknya memungkinkan mereka untuk masuk ke dalam celah dan celah protein yang terlihat, menghasilkan itu tidak aktif.



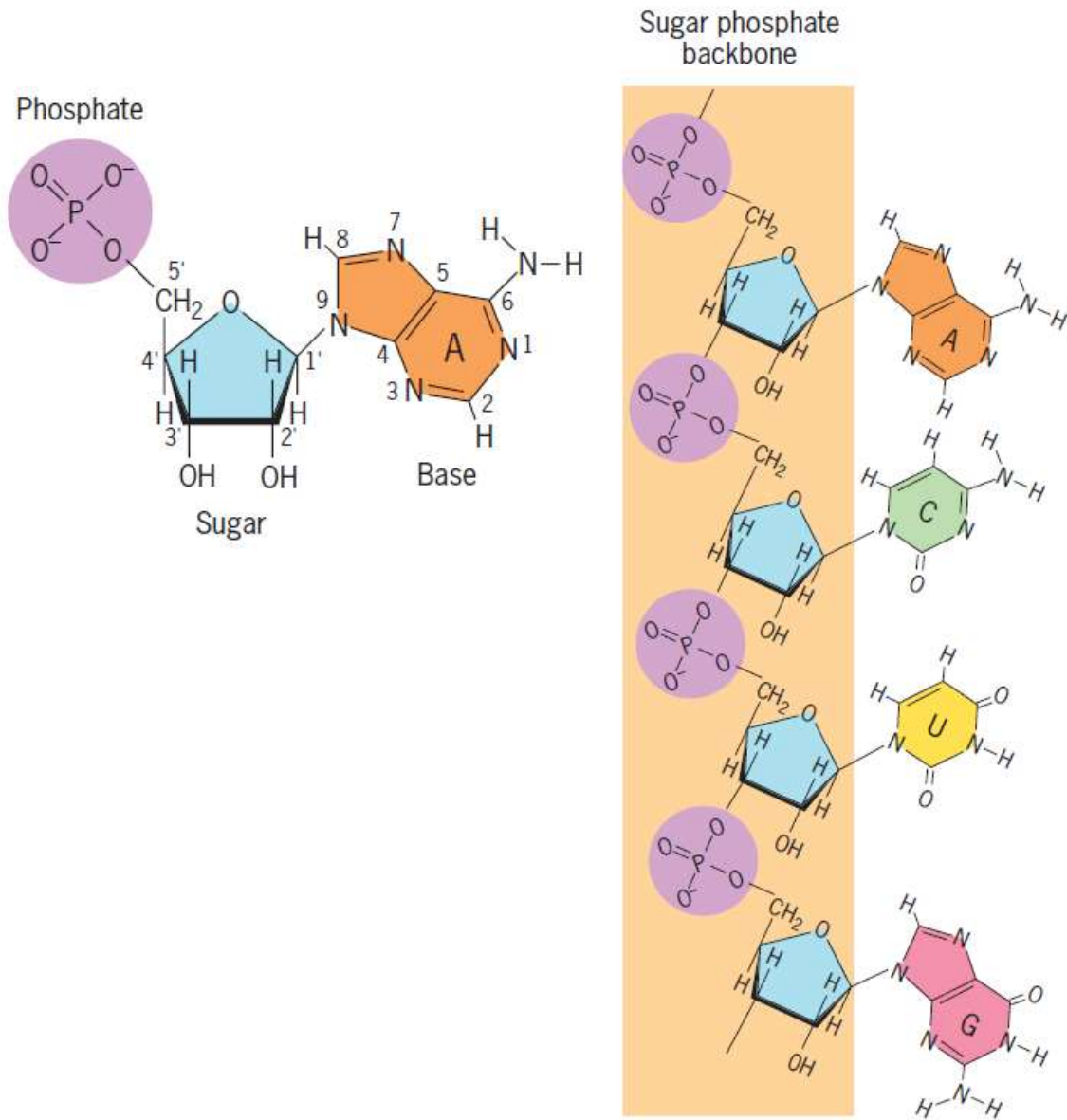
# Protein Adaptation and Evolution

- Adaptasi adalah ciri-ciri yang meningkatkan kemungkinan suatu organisme akan bertahan hidup di lingkungan tertentu. Protein adalah adaptasi biokimia yang tunduk pada seleksi alam dan perubahan evolusioner dengan cara yang sama seperti jenis karakteristik lainnya, seperti mata atau kerangka. Ini paling baik diungkapkan dengan membandingkan protein yang terkait secara evolusioner (homolog) dalam organisme yang hidup di lingkungan yang sangat berbeda
- Protein homolog yang diisolasi dari organisme yang berbeda dapat menunjukkan bentuk dan pola lipatan yang hampir identik, tetapi menunjukkan urutan asam amino yang sangat berbeda. Semakin besar jarak evolusioner antara dua organisme, semakin besar perbedaan urutan asam amino proteinnya. Dalam beberapa kasus, hanya beberapa asam amino kunci yang terletak di bagian kritis protein yang akan ada di semua organisme tempat protein tersebut dipelajari.

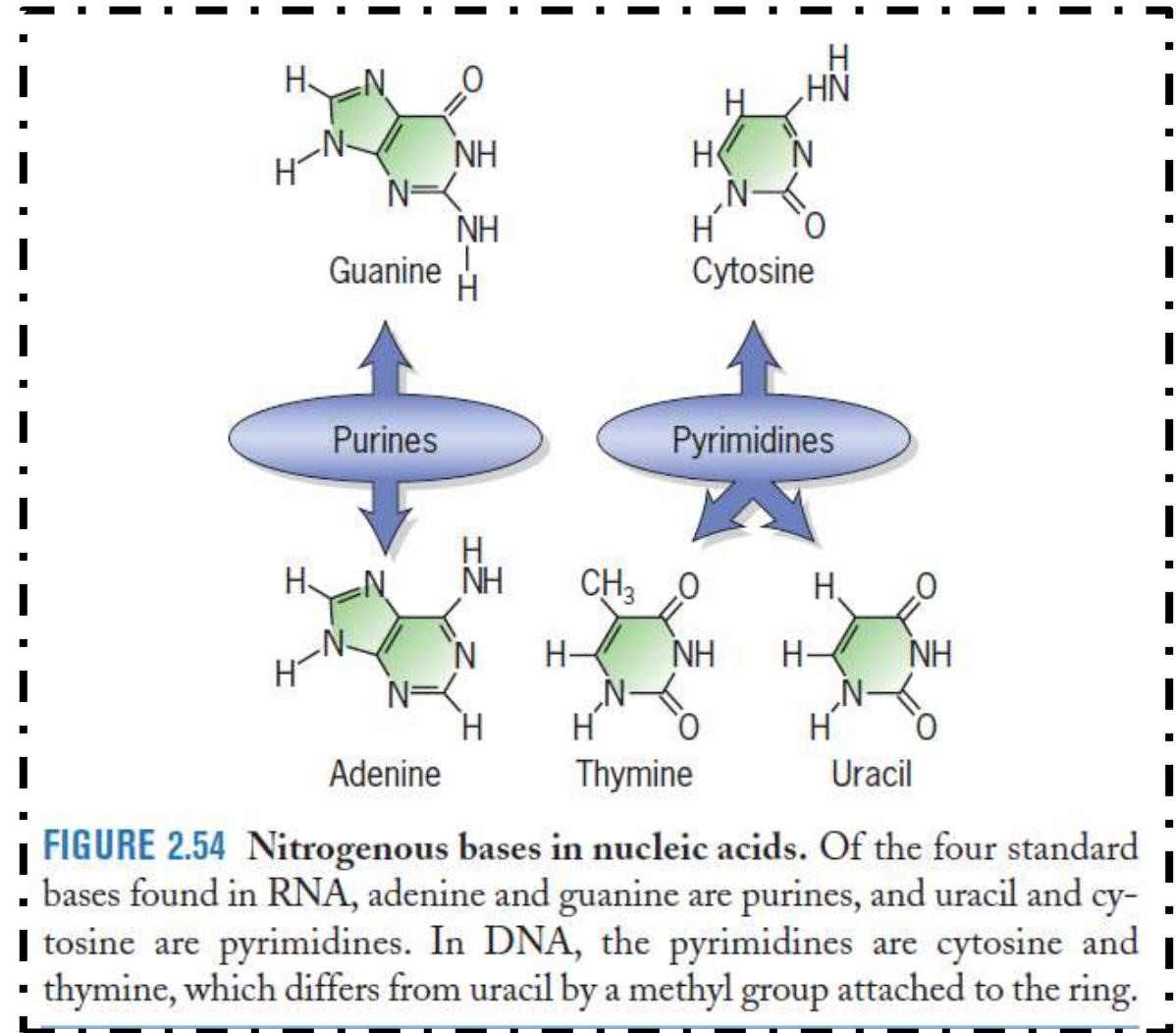
# Nucleic Acids

- Asam nukleat adalah makromolekul yang dibangun dari rantai panjang (untaian) monomer yang disebut nukleotida. Fungsi asam nukleat terutama dalam penyimpanan dan transmisi informasi genetik, tetapi mungkin juga memiliki peran struktural atau katalitik. Ada dua jenis asam nukleat yang ditemukan pada organisme hidup, asam deoksiribonukleat (DNA) dan asam ribonukleat (RNA). DNA berfungsi sebagai materi genetik dari semua organisme seluler, meskipun RNA melakukan peran itu untuk banyak virus. Di dalam sel, informasi yang disimpan dalam DNA digunakan untuk mengatur aktivitas seluler melalui pembentukan pesan RNA
- Setiap nukleotida dalam untai RNA terdiri dari tiga bagian: (1) a five-carbon sugar, ribose; (2) a nitrogenous base (so called because nitrogen atoms form part of the rings of the molecule); and (3) a phosphate group.
- Untai RNA (atau DNA) mengandung empat jenis nukleotida berbeda yang dibedakan berdasarkan basa nitrogennya.
- Dua jenis basa terjadi dalam asam nukleat: pirimidin dan purin
- **Pyrimidines** are smaller molecules, consisting of a single ring; **purines** are larger, consisting of two rings.
- RNAs contain two different purines, **adenine** and **guanine** and two different pyrimidines, **cytosine** and **uracil**
- In DNA, uracil is replaced by **thymine**, a pyrimidine with an extra methyl group attached to the ring





**Nucleotides and nucleotide strands of RNA**



- Nukleotida adalah monomer yang membentuk untaian asam nukleat. Nukleotida terdiri dari tiga bagian: gula, basa nitrogen, dan fosfat. Nukleotida RNA mengandung ribosa gula, yang memiliki gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon kedua. Sebaliknya, nukleotida DNA mengandung gula deoksiribosa, yang memiliki atom hidrogen daripada gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon kedua.
- Nukleotida tidak hanya penting sebagai bahan penyusun asam nukleat, tetapi juga memiliki fungsi penting dalam dirinya sendiri. Sebagian besar energi yang digunakan pada saat tertentu dalam organisme hidup berasal dari nukleotida adenosin trifosfat (ATP). Guanosine triphosphate (GTP) adalah nukleotida lain yang sangat penting dalam aktivitas seluler. GTP mengikat berbagai protein (disebut protein G) dan bertindak sebagai sakelar untuk mengaktifkan aktivitasnya

# Tugas

- Translate buku cell and molecular biology pada bab The Chemical Basis of Life
- Penilaian: Tata Bahasa, kerapian
- Format A5, TMR 12, spasi 1,5
- Dikumpulkan 2 minggu
- 1 kelompok 5 orang

