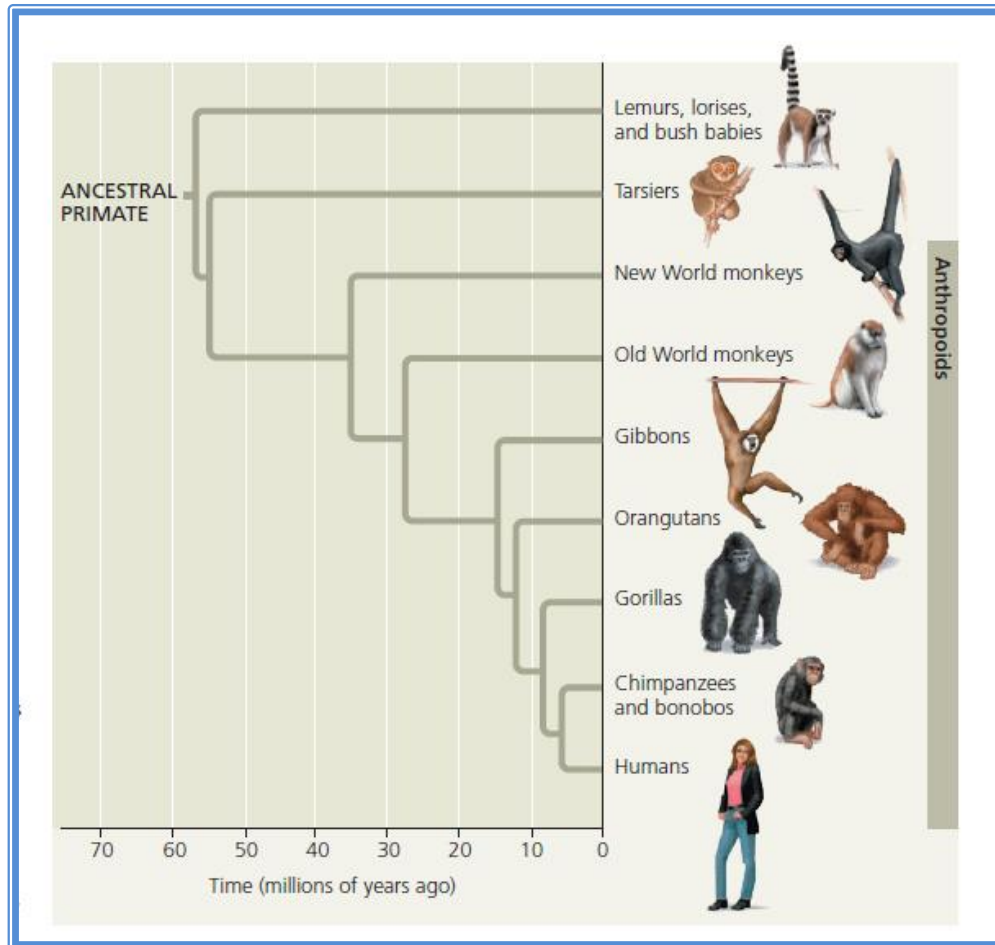


STAB2113

PRINSIP TAKSONOMI & TATANAMA



www.ukm.my/ahmadukm

Prof. Madya Dr. Ahmad Bin Ismail
Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam
Fakulti Sains & Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia

PENGENALAN

- Anggaran spesies hidup
 - 4 juta hingga 100 juta
 - Hanya 1.7 juta diperihalkan
 - 10% bakteria, 5% fungi, 2% nematod (cacing bulat), 20% serangga
 - Beratus spesies baru ditemui setiap tahun
 - Termasuk primat baru
 - 2003 – monyet kapunji di Tanzania
 - *Rungwecebus kipunji*
- KEPELBAGAIAN BIOLOGI
 - warisan biologi
 - Kualiti kehidupan bergantung kpd kesihatan dan imbalan jaringan kepelbagaian hidupan
 - Komposisi gas di atmosfera, Bentuk tanah
 - Hurai buangan, Kitar semula nutrien
 - Sedia makanan
 - Ekonomi
 - 40% prescription farmasi, dari organisma hidup
 - Potensi drug
 - Biodiversiti berkurangan
 - Aktiviti manusia
 - Pupus lebih cepat daripada ahli sains kaji
 - Usaha untuk katalog organisma hidup

SEJARAH PENGELASAN

- Theophrastus (pelajar Aristotle dan Plato)
- Abad ke 4
 - Pertama kelaskan tumbuhan
 - 500 tumbuhan
 - Pokok, shrub dan herba
 - Berdasarkan ciri daun
- Abad ke 13
 - Monokot vs Dikot
- Abad ke 18
 - Zaman penjelajahan (exploration), Tumbuhan dari merata dunia
 - Ahli Herba (Herbalist)
 - Struktur buah, bunga, habit

NOMENKLATUR

- Polinomial - lebih dari 10 perkataan Latin
 - Guna Latin di sekolah dan universiti
 - Hurai dalam Latin
- Spearmint
 - *Mentha floribus spicatis, foliis oblongis serratis*
 - Mentha with flowers in spike; leaves oblong, saw-toothed
- Peppermint
 - *Mentha floribus capitatus, foliis lanceolatis serratis*
 - Mentha with leaves lance-shaped, saw-toothed, with very short petioles

CAROLUS LINNAEUS (1707-1778)

- Profesor Botani dan Perubatan
- Species Plantarum (1753) – 2 Jilid
 - Polinomial
- Hadkan ayat maksimum 12 perkataan
 - Tepi sudut – tulis satu perkataan
 - Spearmint – spicata (*M. spicata*)
 - Peppermint – piperita (*M. piperita*)
- Atur semua tumbuhan kepada 24 kelas
 - Bilangan stamen
 - 5 stamen per bunga – satu kelas
 - 6 stamen per bunga – kelas lain
 - Yang tak hasilnya bunga – satu kelas
- Artifisial
 - Untuk kemudahan (convenience)
- Sistem Nomenklatur Binomial (Binomial System of Nomenclature)
 - *Mentha spicata* L. (autoriti)
 - Genus + epitet spesifik
 - Nama genus – Huruf pertama Besar (capitalized)
 - Epitet – semua huruf kecil
 - Kedua-dua digaris bawah atau dicondongkan (italics)

- Epitet bukan nama **spesies**
 - Boleh digunakan pada genus lain
 - *Quercus alba* – white oak
 - *Salix alba* – white willow
 - Tidak boleh digunakan secara tersendiri (alone)
 - Mengikut nama penuh atau singkatan genus
 - *Quercus alba* atau *Q. alba*
- Epitet spesifik diikuti oleh nama pengarang
 - biasanya dipendekkan
- Mountain hemlock
 - *Tsuga mertensiana* (Bong.) Carr.
 - August Bongard, memerihal spesies dalam genus *Pinus*
 - Setengah abad kemudian
 - Elie Carriere, memindahkan species ini ke genus *Tsuga*

KATEGORI PERANTARAAN (In-between category)

- Subfilum, Subkelas, suborder
- Subspecies, Varieti dan forma (infraspesifik)
- Super kategori
 - Superalam (superkingdom), Superorder

NAMA SAINS

- Perkataan Greek atau Latin
 - atau nama dilatinkan
 - nama orang, tempat atau sifat
- *Escherichia coli*
 - ahli sains Theodor Escherich
 - yang pertama memerihai
 - Epitet spesifik
 - colon (usus besar)

SPESES BARU

- Huraian dalam Latin dan diterbitkan
- Spesimen herbarium (spesimen tip - type spesimen)
 - di simpan di herbarium

INTERNATIONAL CODE OF BOTANICAL NOMENCLATURE

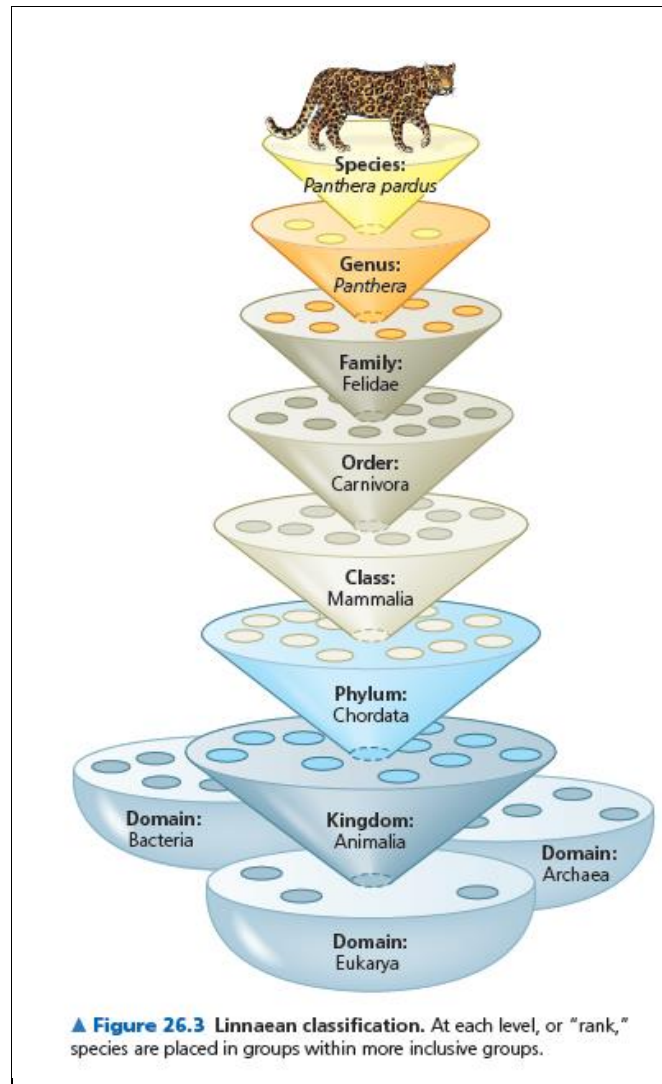
- Persidangan 1867 di Paris
 - lebih dari 100 tahun, Species Plantarum dicetak
 - 150 ahli botani dari US dan Eropah
- Untuk seragam peraturan penamaan dan pengecaman
- Buku Linnaeus
 - Titik permulaan (starting point) untuk semua nama sains
 - Binomial beliau atau penerbitan terawal selepas beliau
 - Mendapat prioriti

NAMA SAINS VS NAMA VERNACULAR

- *Plantago major*
 - Rumpai di Eropah
 - Broad-leaved plantain
 - 45 nama English lain, 11 nama Perancis, 75 nama Belanda, 106 nama Jerman
 - nama antarabangsa
 - sama di mana-mana
 - Latin
 - Bahasa mati
- Nama tempatan
 - Merujuk juga pada 2-3 spesies yang berbeza

SISTEMATIK & PENGELASAN

- Serangga, kelawar, burung
 - ada kepak dan terbang
- Sotong, paus, ikan, penguin
 - boleh berenang
- Sistematik
 - Kajian sains
 - kepelbagaian organisma dan
 - hubungan evolusi
 - Satu aspek penting sistematik ialah taksonomi
 - Bidang Sains
 - Menama, Menghurai & Mengelas organisma
- Pengelasan
 - mengatur organisma kepada kumpulan
 - berdasarkan persamaan
 - yang menggambarkan hubungan evolusi
- Kepentingan nama sains dan pengelasan
 - Kaji pencemaran di sistem akuatik
 - Perlu rekod bilangan organisma wujud dan
 - perubahan mengikut masa
 - Perlu mengecam tepat



Takson (taxon, taxa)

- Pengelompokan formal organisme pada satu-satu aras
 - seperti spesies, genus atau filum
 - Mammalia adalah takson
 - terdiri daripada beberapa order berbeza

TABLE 23-1

Classification of Corn

Domain	Eukarya Organisms that have nuclei and other membrane-enclosed organelles
Kingdom	Plantae Terrestrial, multicellular, photosynthetic organisms
Phylum	Anthophyta Vascular plants with flowers, fruits, and seeds
Class	Monocotyledones Monocots: Flowering plants with one seed leaf (cotyledon) and flower parts in threes
Order	Commelinales Monocots with reduced flower parts, elongated leaves, and dry 1-seeded fruits
Family	Poaceae Grasses with hollow stems; fruit is a grain; and abundant endosperm in seed
Genus	Zea Tall annual grass with separate female and male flowers
Species	Zea mays Only one species in genus—corn

FiloKod (Phylocode) ; *International Code of Phylogenetic Nomenclature*,

- Pendekatan berbeza
 - Berdasarkan hubungan evolusi
 - Tingkat taksonomi (taxonomic rank) tidak digunakan
 - Spesies - satu segmen keturunan populasi
 - Organisma dikumpulkan kepada klad (clade)
 - satu kumpulan organisma dengan moyang sempunya (common ancestor)

KAEDAH MOLEKUL

- Paul Hebert (2003)
 - Camkan benda hidup dengan DNA
 - Bukan struktur fizikal
 - Mempunyai kod bar DNA (DNA bar code)
 - Boleh cam spesies pada sebarang peringkat hidup
 - termasuk telur atau biji
 - Juga boleh digunakan untuk membezakan spesies
 - yang kelihatan serupa
 - Guna satu segmen DNA mitokondria

PERKEMBANGAN KONSEP ALAM (KINGDOM)

- Aristotle hingga Abad 19
 - 2 Alam – Plantae & Animalia
- Terciptanya mikroskop
 - 300 spesies organisma satu sel
 - Euglenoid
 - Habitat air tawar
 - Mikroskopik
 - Flagellum
 - Makan makanan
 - Bak haiwan

- Kulat Lendir (slime mold)
 - Selonggok (mass) protoplast
 - Merayap (creeping) atau mengalir
 - Makan bakteria dan bahan lain
 - Seperti amoeba
 - Dikenali sebagai haiwan
 - Bila membaik, menjadi bergerak (stationary)
 - Membentuk struktur pembiakan
 - Seperti fungi
- Ernst Haeckel 1866
 - Ahli biologi German
 - perkenalkan Alam Protista
 - Organisma tiada tisu kompleks
 - Alga, fungi, span (sponges)
- Edouard Chatton 1937
 - Ahli biologi marin Perancis
 - Perkenalkan istilah procariotique ('Before nucleus')
 - untuk bakteria
 - istilah eucariotique (true nucleus)
 - untuk sel-sel lain

- Alam ke 4
 - Herbert F. Copeland
 - Monera (1938)
 - Organisma satu sel prokariot
 - Tiada nukleus
 - Tiada organel
- Kemajuan mikroskop elektron dan teknik biokimia
 - Inspirasi untuk pengelasan baru
- R. H. Whittaker (1969)
 - Memperkenalkan Alam ke 5
 - Fungi (1969)
 - Tidak menjalankan fotosintesis, Serap nutrien, Komposisi dinding sel
 - Cara membiak
- Carl Woese (1970)
 - Monera dipecahkan kepada
 - Archaea & Bacteria
 - Analisis tRNA
- Pengelasan Kumpulan Utama
- Genus, kelas, division atau Filum, Alam
- 12 – 30 Divisi atau Filum

Kingdom: Plantae
 Phylum: Magnoliophyta
 Class: Liliopsida
 Order: Liliales
 Family: Liliaceae
 Genus: *Allium*
 Species: *Allium cepa* L.

TWO KINGDOMS (TRADITIONAL)	THREE KINGDOMS (HOGG AND HAECKEL)	FOUR KINGDOMS (COPELAND)	FIVE KINGDOMS (WHITTAKER)	SIX KINGDOMS (WOESE ET AL.)	FEATURES
		Monera Bacteria	Monera Bacteria	Archaea Archaeobacteria	Cells prokaryotic; lack muramic acid
	Protoctista Bacteria	Protoctista Algae	Protista Algae	Bacteria True bacteria	Cells prokaryotic; have muramic acid
	Algae	Slime molds	Slime molds	Protista	Cells eukaryotic
	Slime molds	Flagellate fungi	Flagellate fungi	Algae	
	Flagellate fungi	True fungi	Protozoa	Slime molds	
	True fungi	Protozoa	Sponges	Water molds	
	Protozoa	Sponges		Protozoa	
	Sponges			Sponges	
			Fungi True fungi	Fungi True fungi	Absorb food in solution
Plantae	Plantae	Plantae	Plantae	Plantae	Produce food via photosynthesis
Bacteria	Bryophytes	Bryophytes	Bryophytes	Bryophytes	
Algae	Vascular plants	Vascular plants	Vascular plants	Vascular plants	
Slime molds					
Flagellate fungi					
True fungi					
Bryophytes					
Vascular plants					
Animalia	Animalia	Animalia	Animalia	Animalia	Ingest food
Protozoa	Multicellular animals	Multicellular animals	Multicellular animals	Multicellular animals	
Sponges					
Multicellular animals					

Kingdom Archaea

Phylum Archaeobacteria (methane, salt, and sulfolobus bacteria)

Kingdom Bacteria

Phylum Eubacteria

Class Eubacteriae (unpigmented, purple, and green sulfur bacteria)

Class Cyanobacteriae (cyanobacteria)

Class Chloroxybacteriae (chloroxybacteria)

Kingdom Protista

Phylum Chlorophyta (green algae)

Phylum Chromophyta (yellow-green, golden-brown, and brown algae)

Phylum Rhodophyta (red algae)

Phylum Euglenophyta (euglenoids)

Phylum Dinophyta (dinoflagellates)

Phylum Cryptophyta (cryptomonads)

Phylum Prymnesiophyta (haptophytes)

Phylum Charophyta (stoneworts)

Phylum Myxomycota (plasmodial slime molds)

Phylum Dictyosteliomycota (cellular slime molds)

Phylum Oomycota (water molds)

[Phylum Protozoa—protozoans]

[Phylum Porifera—sponges]

Kingdom Fungi

Phylum Chytridiomycota (chytrids)

Phylum Zygomycota (coenocytic fungi)

Phylum Ascomycota (sac fungi)

[Lichens]

Phylum Basidiomycota (club fungi)

Phylum Deuteromycota (imperfect fungi)

Kingdom Plantae

Phylum Hepaticophyta (liverworts)

Phylum Anthocerotophyta (hornworts)

Phylum Bryophyta (mosses)

Phylum Psilotophyta (whisk ferns)

Phylum Lycophyta (club mosses)

Phylum Equisetophyta (horsetails)

Phylum Polypodiophyta (ferns)

Phylum Pinophyta (conifers)

Phylum Ginkgophyta (*Ginkgo*)

Phylum Cycadophyta (cycads)

Phylum Gnetophyta (*Gnetum*, *Ephedra*, *Welwitschia*)

Phylum Magnoliophyta (flowering plants)

Class Magnoliopsida (dicots)

Class Liliopsida (monocots)

Division Tracheophyta
of earlier classifications

Kingdom Animalia (multicellular animals)

DOMAIN

- Berdasarkan perbezaan molekul
- Archaea, Bacteria & Eukarya
 - 3 cabang utama pohon kehidupan

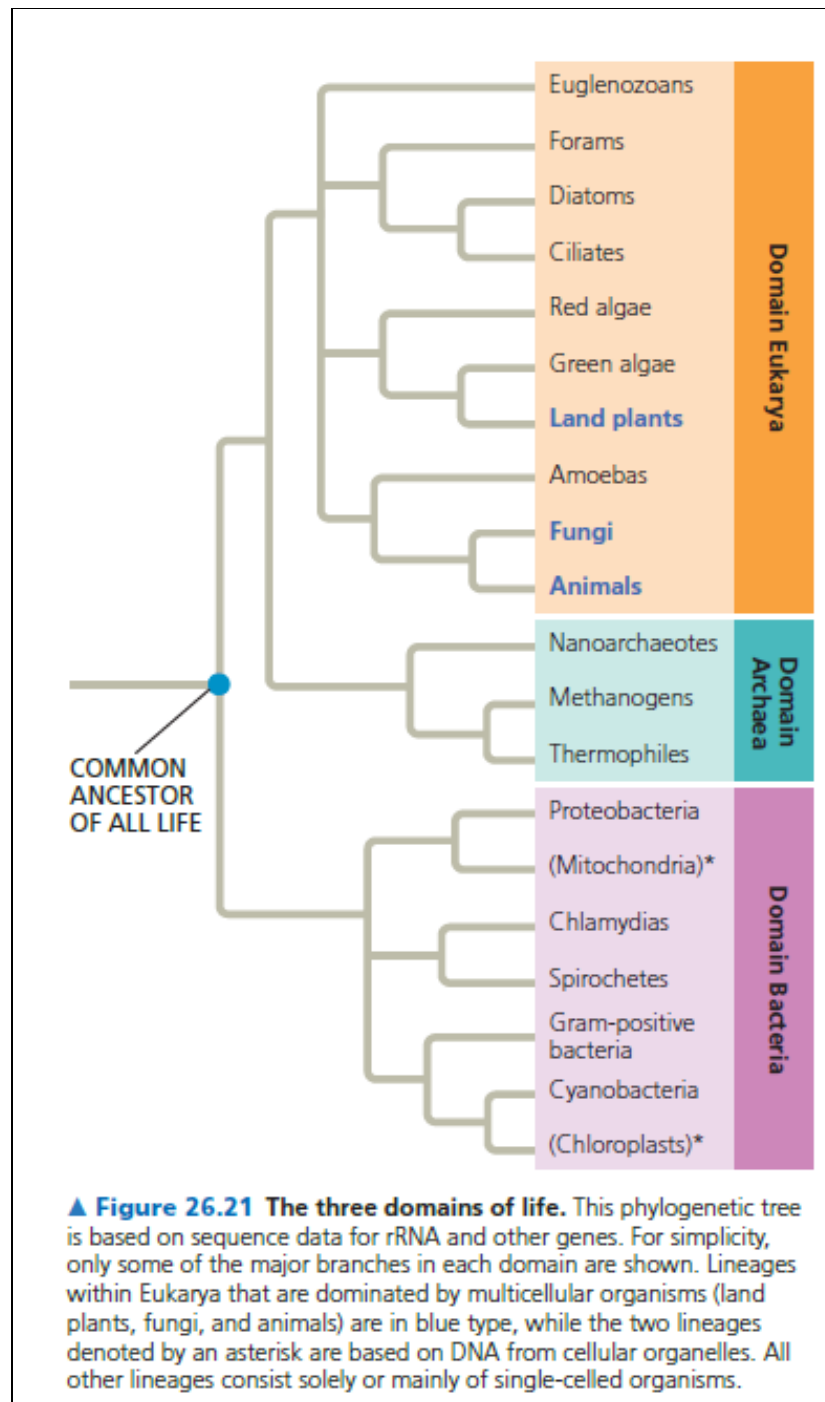


TABLE 23-2

Domains and Kingdoms

Domain	Kingdom	Characteristics	Ecological Role and Comments
Bacteria	Bacteria	Prokaryotes (lack distinct nuclei and other membranous organelles); unicellular; microscopic; cell walls generally composed of peptidoglycan.	Most are decomposers; some parasitic (and pathogenic); some chemosynthetic autotrophs; some photosynthetic; important in recycling nitrogen and other elements; some used in industrial processes.
Archaea	Archaea	Prokaryotes; unicellular; microscopic; peptidoglycan absent in cell walls; differ biochemically from bacteria.	Methanogens are anaerobes that inhabit sewage, swamps, and animal digestive tracts; extreme halophiles inhabit salty environments; extreme thermophiles inhabit hot, sometimes acidic environments.
Eukarya	Protista	Eukaryotes; mainly unicellular or simple multicellular. Three informal groups (not taxa) include protozoa, algae, and slime molds and water molds.	Protozoa are an important part of zooplankton. Algae are important producers, especially in marine and freshwater ecosystems; important oxygen source.
	Fungi	Eukaryotes; heterotrophic; absorb nutrients; do not photosynthesize; body composed of threadlike hyphae that form tangled masses that infiltrate food or habitat; cell walls of chitin.	Decomposers; some parasitic (and pathogenic); some form important symbiotic relationships with plant roots (mycorrhizae) or algae (lichens); some used as food; yeast used in making bread and alcoholic beverages; some used to make industrial chemicals or antibiotics; responsible for much spoilage and crop loss.
	Plantae	Eukaryotes; multicellular; photosynthetic; possess multicellular reproductive organs; alternation of generations; cell walls of cellulose.	Terrestrial biosphere depends on plants in their role as primary producers; important source of oxygen in Earth's atmosphere.
	Animalia	Eukaryotes; multicellular heterotrophs; many exhibit tissue differentiation and complex organ systems; most able to move about by muscular contraction; nervous tissue coordinates responses to stimuli.	Consumers; some specialized as herbivores, carnivores, or detritus feeders.

Key Point

Many biologists classify organisms in categories called kingdoms.

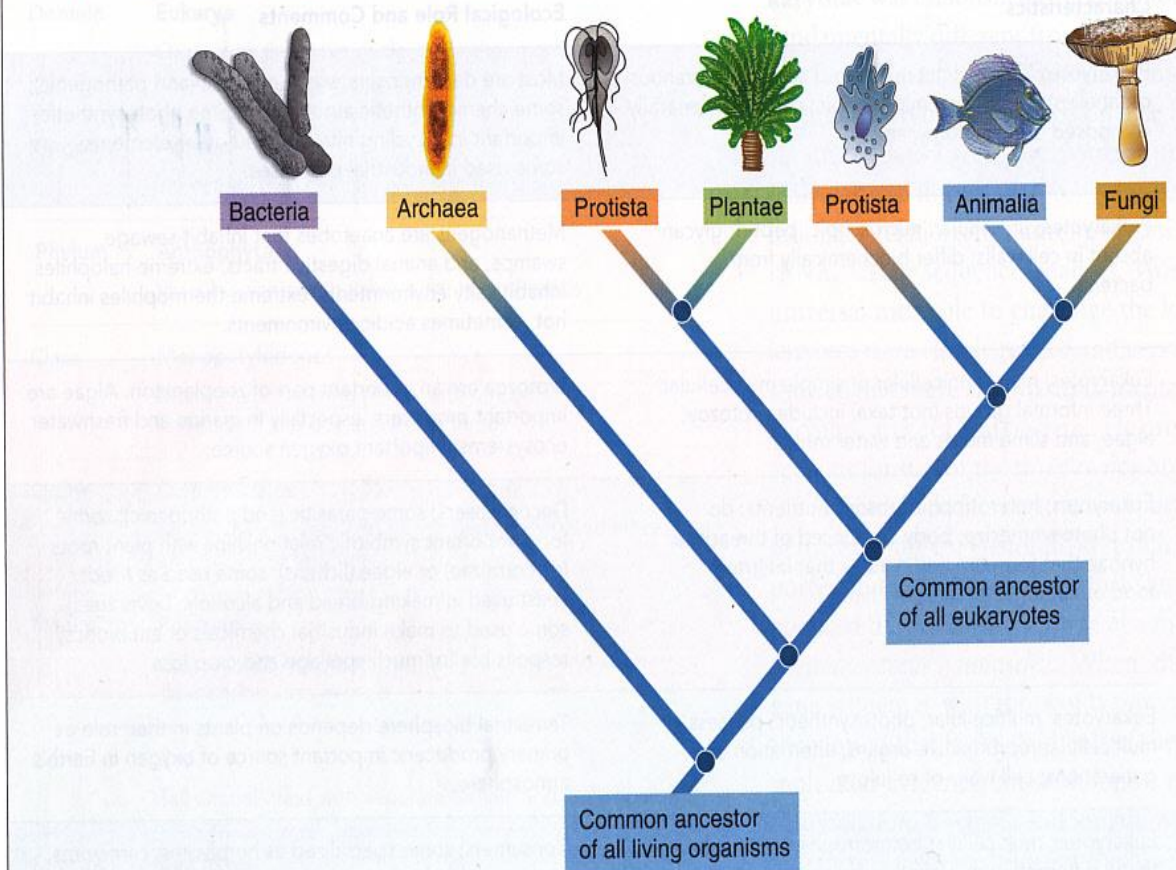


Figure 23-2 *Animated* The six-kingdom system of classification

This cladogram illustrates the evolutionary relationships among organisms in the six kingdoms. The branches portray ancestral populations of each group through time. Each node (circle) represents the point when two groups diverged from each other.

SISTEMATIK

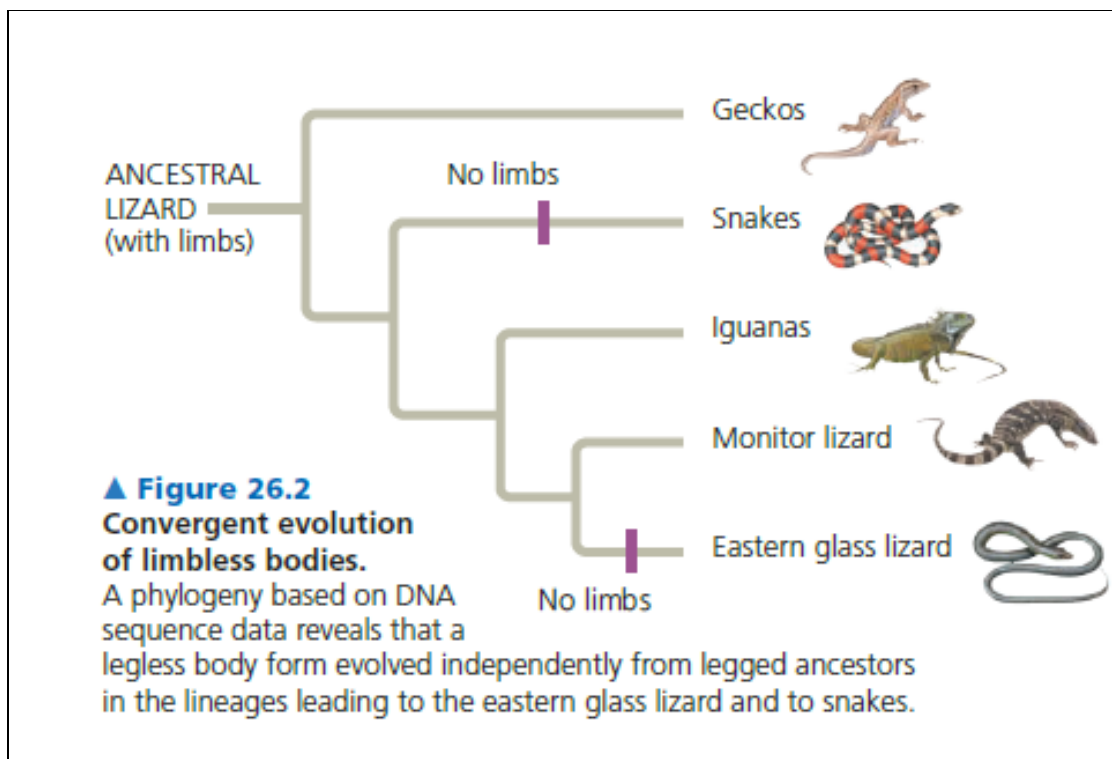
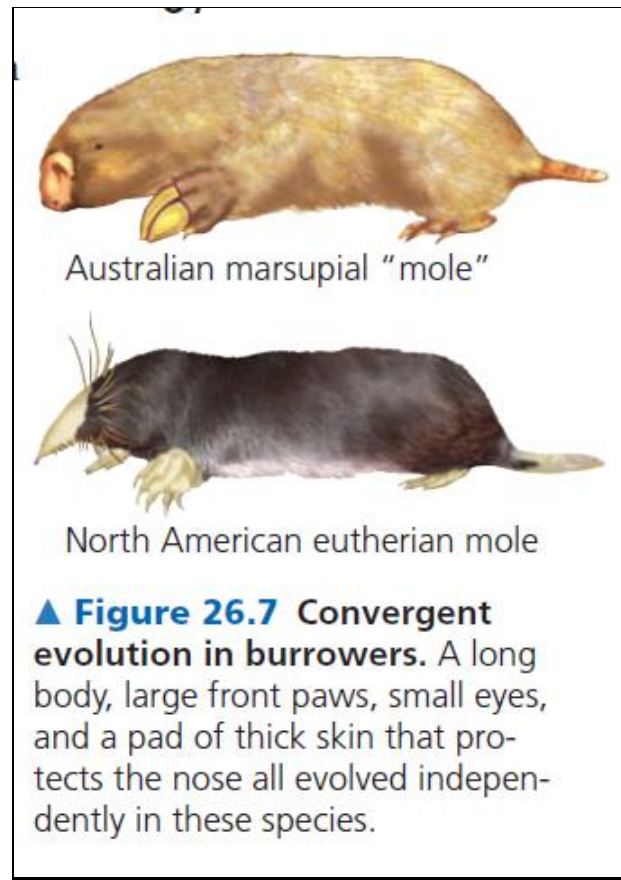
- Proses dinamik
 - Responsif pada data baru
 - Pengelasan berubah
 - menyimpang dari sistem hierarki
- Membina semua filogeni
 - Kaitkan pengelasan dengan evolusi
 - secara evolusi dari moyang sempunya (common ancestor)
- Populasi
 - terdiri daripada kesemua individu dari spesies yang sama
 - Hidup di kawasan tertentu
 - Mempunyai dimensi ruang (geographic range)
 - Dimensi masa
 - Berpisah (diverge) dari populasi lain
 - menjadi spesies baru

STRUKTUR HOMOLOG

- hubungan berdasarkan persamaan
 - struktur, fisiologi, perkembangan, kelakuan, trait molekul dan bukti fosil
- Ahli sains mencari homologi (ciri homolog)
 - dalam organisma yang berbeza
- Featur yang diwarisi dari struktur sama yang terdapat pada moyang sempunya
 - featur homolog.
 - Keadaan ini dikenali sebagai homologi
 - Tulang anggota (limb) mamalia
- Homologi
 - Kewujudan pada 2 atau lebih spesies, struktur turunan (derived) dari moyang sempunya yang terbaru (recent common ancestor)

EVOLUSI TUMPU (CONVERGENT EVOLUTION)

- Yu dan dolfin mempunyai bentuk badan serupa
 - Beradaptasi pada persekitaran yang serupa (akuatik) dan cara hidup (pemangsa) (predatory)
- Kepak rama2 dan kepak burung
 - Tidak berkongsi moyang sempunya yang berkepak
- Ciri atau sifat yang kelihatan seperti homolog tetapi didapati secara berasingan melalui evolusi tumpu dikenali sebagai
 - Homoplasi (homoplasy)



CIRI TURUNAN YANG DIKONGSI (SHARED DERIVED CHARACTERS)

- Organisma berkongsi banyak struktur homolog
 - Dianggap mempunyai pertalian rapat (closely related)
- Kongsi sedikit
 - Pertalian tidak rapat (less closely related)

Plesiomorfi (plesiomorphies)

- Ciri kuno yang dikongsi
- Wujud di spesies kuno (ancestral species)
 - kekal wujud dalam semua kumpulan yang berasal (descended) dari moyang ini
- Turus vertebra (Vertebral column)
 - Wujud dalam semua vertebrat
 - Ciri kuno (ancestral character)
- Apabila 2 populasi berpisah dan berevolusi berasingan
 - Trait homolog berubah
 - akibat mutasi, pemilihan semula jadi dan hanyutan genetik

Sinapomorfi (synapomorphies)

- Ciri turunan yang dikongsi (shared derived characters)
 - Spesies berkongsi ciri turunan
 - membentuk satu klad (clade)
 - Guna ciri turunan
 - Untuk cam titik permulaan, kumpulan mencapah

- 3 tulang kecil dalam telinga tengah
 - Cam cabang antara reptilia dan mamalia
 - Hanya mamalia ada tulang ini.

- Tapi, bila bandingkan dengan mamalia lain
 - 3 tulang telinga ini adalah ciri kuno yang dikongsi
 - Sebab semua mamalia memilikinya

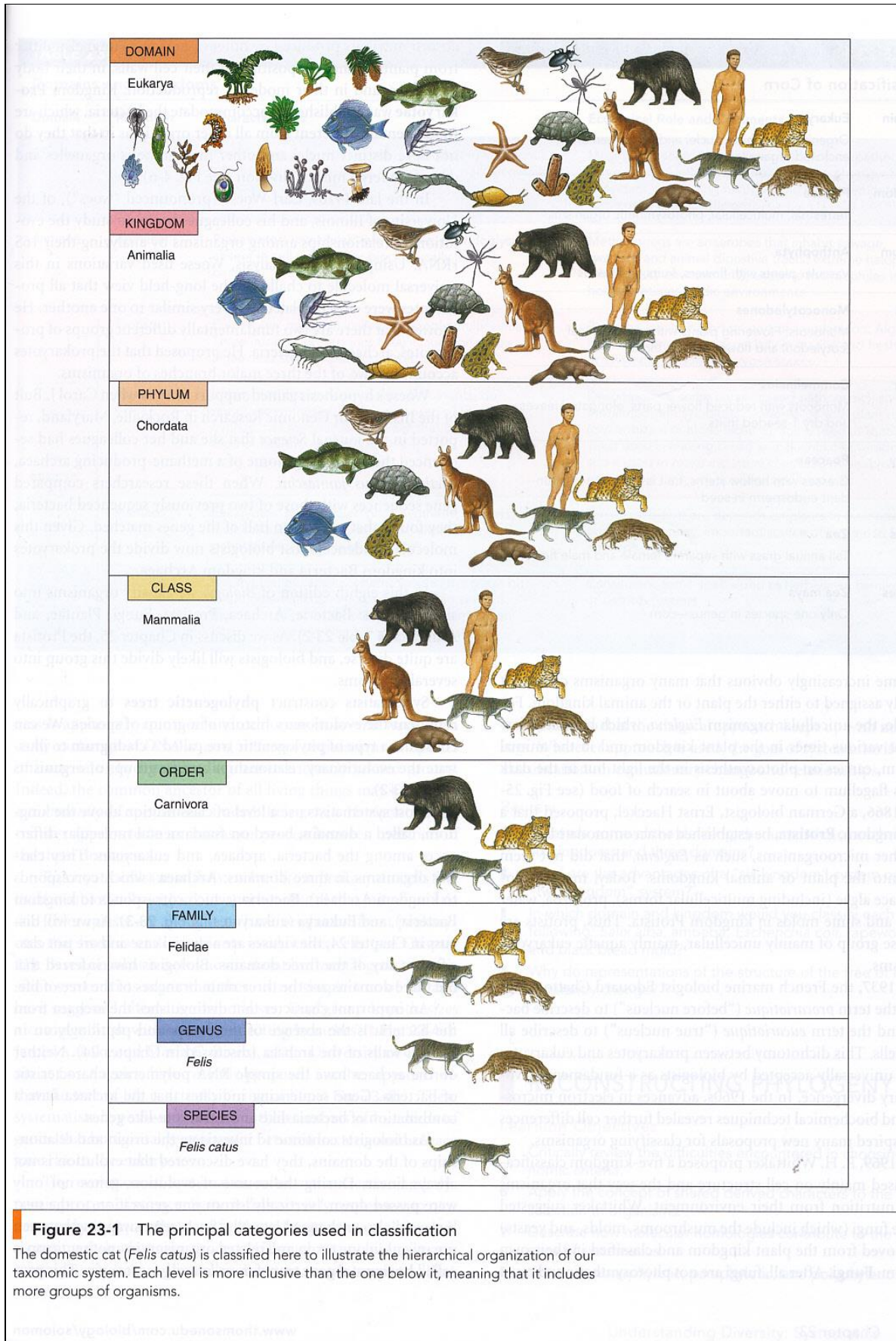
- Anjing, kambing dan dolfin
 - Bulu (hair) adalah trait kuno untuk mamalia
 - tidak boleh digunakan antara anjing dan kambing
 - kedua-dua ada bulu
 - Sebaliknya, tiada bulu adalah ciri turunan dalam mamalia

- Anjing, dolfin dan paus
 - Dolfin dan paus berkongsi ciri turunan

- Bukti, dolfin dan paus berevolusi dari moyang sempunya, yg tidak berkongsi dgn anjing.

PEMILIHAN KRITERIA TAKSONOMI

- Ikan & dolfi
 - jasad garis arus (streamline)
 - Ciri homoplastik (homoplastic)
 - Tidak menunjukkan hubungan rapat dari segi evolusi
- Dolfi berkongsi ciri turunan homolog (homologous derived characters)
 - Sinapomorfi
 - dengan mamalia seperti manusia
 - Kelenjar mamari (mammary), 3 tulang kecil di telinga tengah, Diafragma muscular
 - Jadi dolfi dikelaskan sebagai mamalia
- Dolfi, ikan, manusia
 - Berkongsi ciri kuno dikongsi (shared ancestral characters)
 - Saraf korda tubular dorsal (Dorsal tubular nerve cord)
 - Notochord (skeletal rod)
 - Lekah Insang rudimentari (Rudimentary gill slits)
- Ini semua ciri kuno yang dikongsi (shared ancestral characters) - (plesiomorphies)
 - Menandakan keturunan sempunya (common ancestry)
 - Asas untuk pengelasan
 - Pertalian adalah lebih jauh antara dolfi dan ikan daripada antara dolfi dan manusia
 - Ikan, manusia dan dolfi (filum Chordata)
 - Manusia dan dolfi – Mammalia



- Ciri taksonomi penting utk burung?
 - Bulu
 - Paruh
 - Kepak
 - Tiada gigi
 - Bertelur
 - Endoterma

Platipus paruh itik (Platypus duck-billed)

- mamalia kumpulan monotrem (monotreme)
 - Ada paruh, endoterma, tiada gigi dan bertelur
 - Tapi tidak dikelaskan sebagai burung
 - Mamalia tiada bulu burung (feather)
 - ciri untuk burung
 - Organisma dikelaskan berdasarkan kombinasi trait
 - bukan satu trait

Homologi Molekul

- Apabila wujud spesies baru
 - Tiada perbezaan fenotip
 - Contoh lalat buah (fruit flies)
 - Kelihatan serupa (identical)
- Tapi setengah DNA, protein dan molekul lain berbeza
 - Terhasil dari mutasi
 - makromolekul yang serupa dalam 2 jenis organisma dianggap homolog jika jujukan subunit serupa

SISTEMATIK MOLEKUL

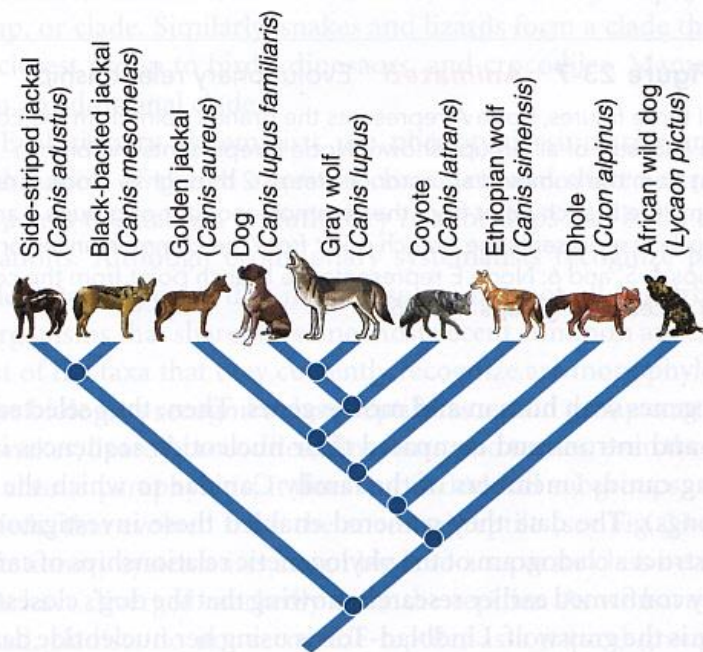
- Beri penumpuan pada struktur molekul
 - DNA, RNA dan jujukan amino asid
 - digunakan untuk banding makromolekul organisma yang dikaji
- Bilangan perbezaan dalam jujukan nukleotid (nucleotide) DNA atau RNA
 - menggambarkan berapa lama kumpulan berpisah dari moyang sempunya
 - Jadi makromolekul boleh digunakan
 - sebagai jam molekul
- RNA ribosom (RNA ribosomal)
 - Semua organisma ada ribosom
 - Berfungsi dalam sintesis protein
- Gajah Afrika & Gajah Indian
 - Guna kaedah molekul
 - Sekurang2nya ada 2 spesies gajah Afrika
 - Kedua-dua ada kod bar DNA yang jelas

Key Experiment

QUESTION: How is the dog related to other canids?

HYPOTHESIS: Analysis of molecular data from a variety of canids will clarify the evolutionary relationships of canids.

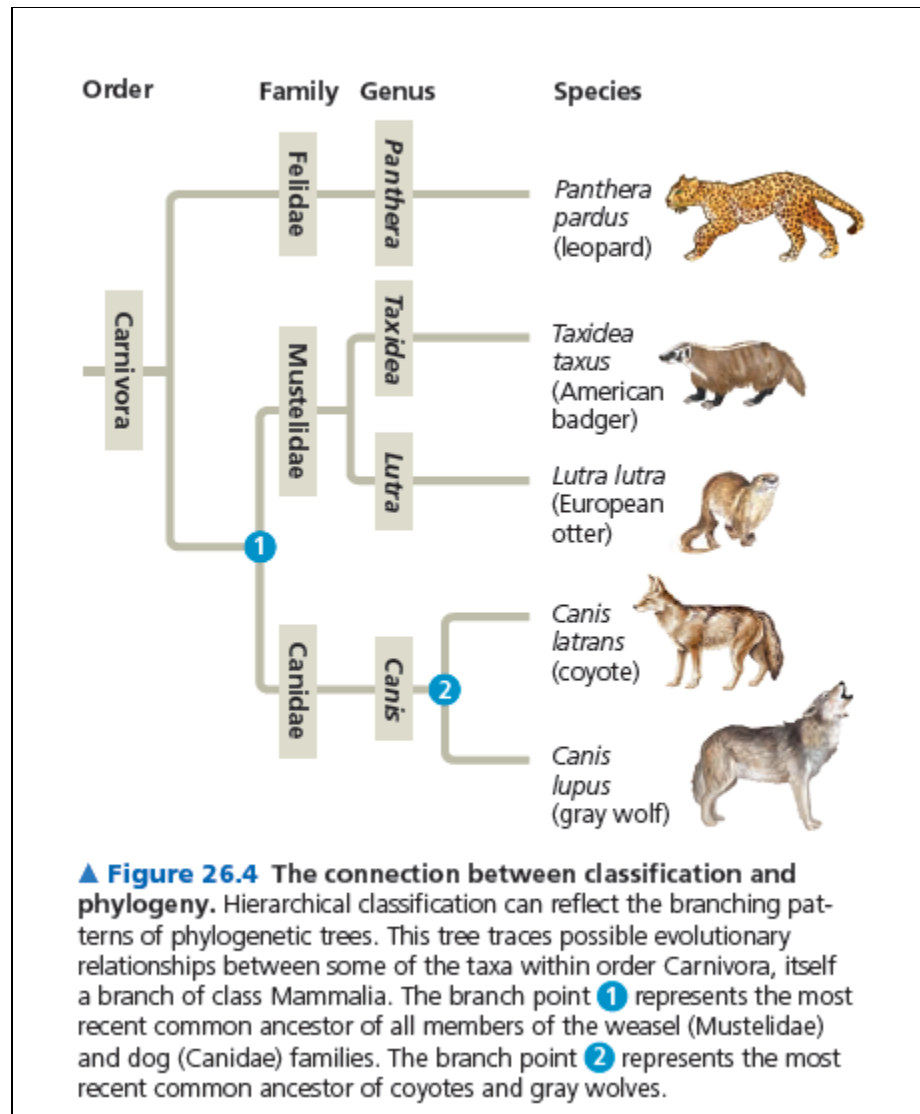
EXPERIMENT: Researcher Kerstin Lindblad-Toh and her colleagues sequenced the genome of the domestic dog. They compared coding regions of more than 13,000 dog genes with corresponding human and mouse genes. Then, they selected 12 exons and 4 introns and sequenced them in 30 out of 34 living canids.



RESULTS AND CONCLUSION: Analysis of the comparisons of exon and intron nucleotide sequences allowed these researchers to build a cladogram of Canidae species. The data indicated that the dog is most closely related to the gray wolf. (Sequence divergence of nuclear exon and intron sequences is 0.04% and 0.21, respectively.) The two African jackals are the most basal members of this clade (branch at left), suggesting an African origin for the canids.

Figure 23-6 Molecular phylogeny

Molecular similarities indicate that the dog is closely related to the gray wolf. Note that some biologists list the scientific name for the domestic dog as *Canis familiaris* and others, including the *Smithsonian Institution* and the *American Society of Mammalogists*, consider the dog a subspecies of the gray wolf and list its name as *Canis lupus familiaris*.



○ analisis RNA ribosom

- Fungi lebih rapat dgn haiwan dari tumbuhan
- Berkongsi moyang yang lebih terkini (a more recent common ancestor), kemungkinan flagellate protist

3 JENIS PENGELOMPOKAN TAKSONOMI

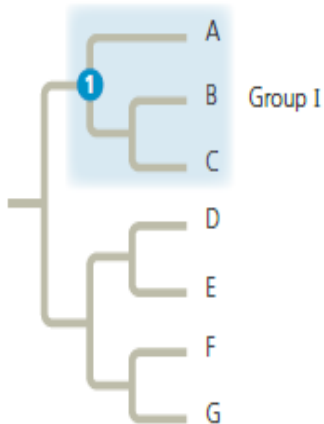
- Takson dikelompok berdasarkan hubungan evolusi dari
 - struktur
 - Data molekul dll

1. TAKSON MONOFILETIK (MONOPHYLETIC)

- Termasuk spesies moyang dan semua keturunan (descendant)
 - Mamalia bentuk takson monofiletik
 - kerana semua mamalia dipercayai berevolusi dari moyang sempurna dan
 - semua keturunan dari moyang ini adalah mamalia
- Takson/Kumpulan sister
 - Berkongsi moyang yang terbaru (a more recent common ancestor)

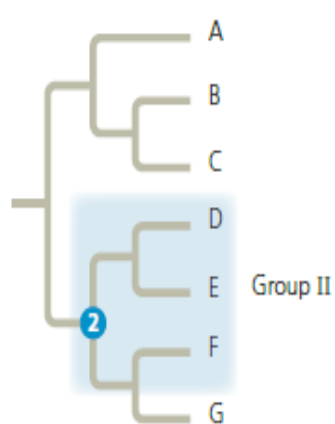
▼ Figure 26.10 Monophyletic, paraphyletic, and polyphyletic groups.

(a) Monophyletic group (clade)



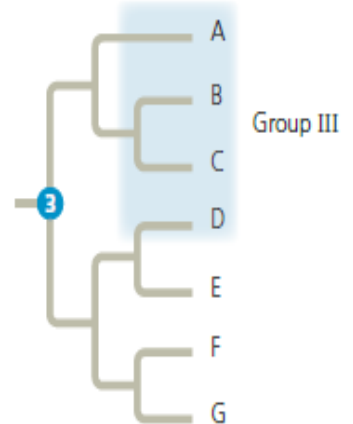
Group I, consisting of three species (A, B, C) and their common ancestor ①, is a monophyletic group (clade), meaning that it consists of an ancestral species and *all* of its descendants.

(b) Paraphyletic group



Group II is paraphyletic, meaning that it consists of an ancestral species ② and some of its descendants (species D, E, F) but not all of them (missing species G).

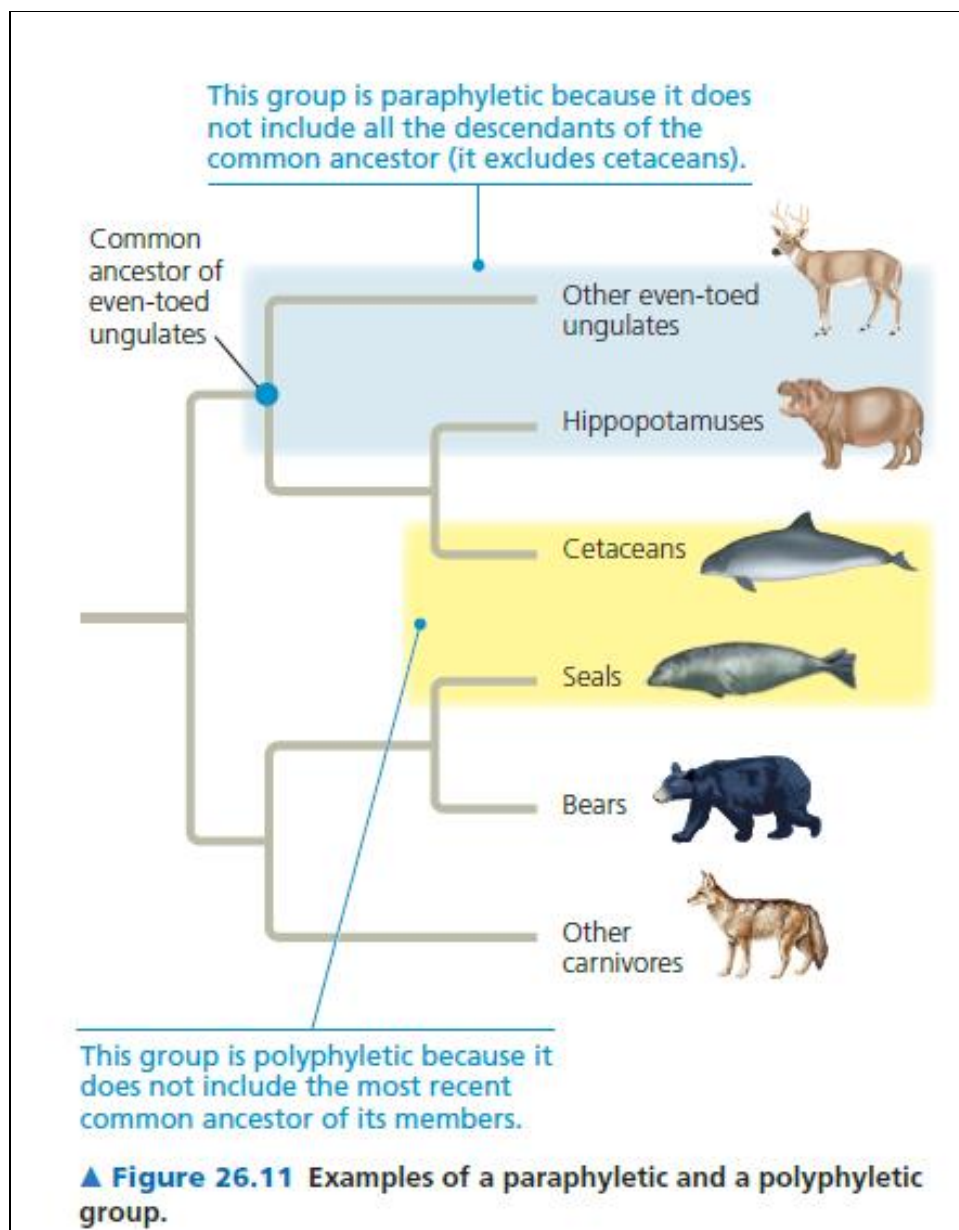
(c) Polyphyletic group



Group III, consisting of four species (A, B, C, D), is polyphyletic, meaning that the common ancestor ③ of its members is *not* part of the group.

TAKSON PARAFILETIK (PARAPHYLETIC)

- Kumpulan yang terdiri dari moyang sempurna dan sebahagian, bukan semua keturunan
 - Kelas Reptilia adalah parafiletik
 - Sebab tidak memasukkan semua keturunan moyang sempurna yang terbaru
 - Burung dianggap berkongsi moyang sempurna terbaru dengan reptilia



TAKSON POLIFILETIK (POLYPHYLETIC)

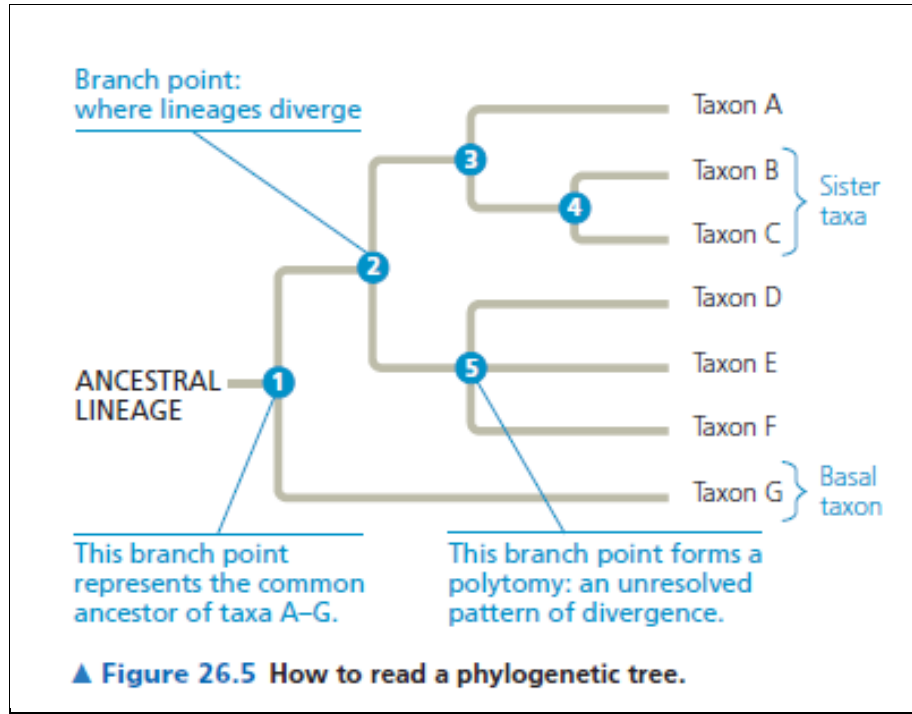
- Terdiri dari beberapa salur galur evolusi (evolutionary lines) yg tidak berkongsi moyang sempunya terbaru yang serupa
 - Tersalah kelaskan dalam kumpulan
 - Sebab berkongsi ciri homoplastik
 - evolusi tumpu (convergent)
- Takson ini tidak natural
 - gambaran yang salah tentang hubungan evolusi

PENDEKATAN KLADISTIK (CLADISTICS) ATAU SISTEMATIK FILOGENETIK

- ciri turunan yang dikongsi dianalisis
 - digunakan untuk membuat kesimpulan hubungan evolusi
 - Penekanan kepada keturunan sempunya (common ancestry)
 - Bukan persamaan fenotip
 - asas pengelasan
- Penilaian ciri
 - Struktur, Kelakuan, fisiologi, molekul
 - Ciri ini mesti homologous
- Dolfin dikelaskan sebagai mamalia
 - Tidak ikan
 - Sebab dolfin dan mamalia berkongsi ciri turunan yang tidak wujud dalam ikan
 - dolfin dan mamalia berkongsi moyang sempunya terbaru

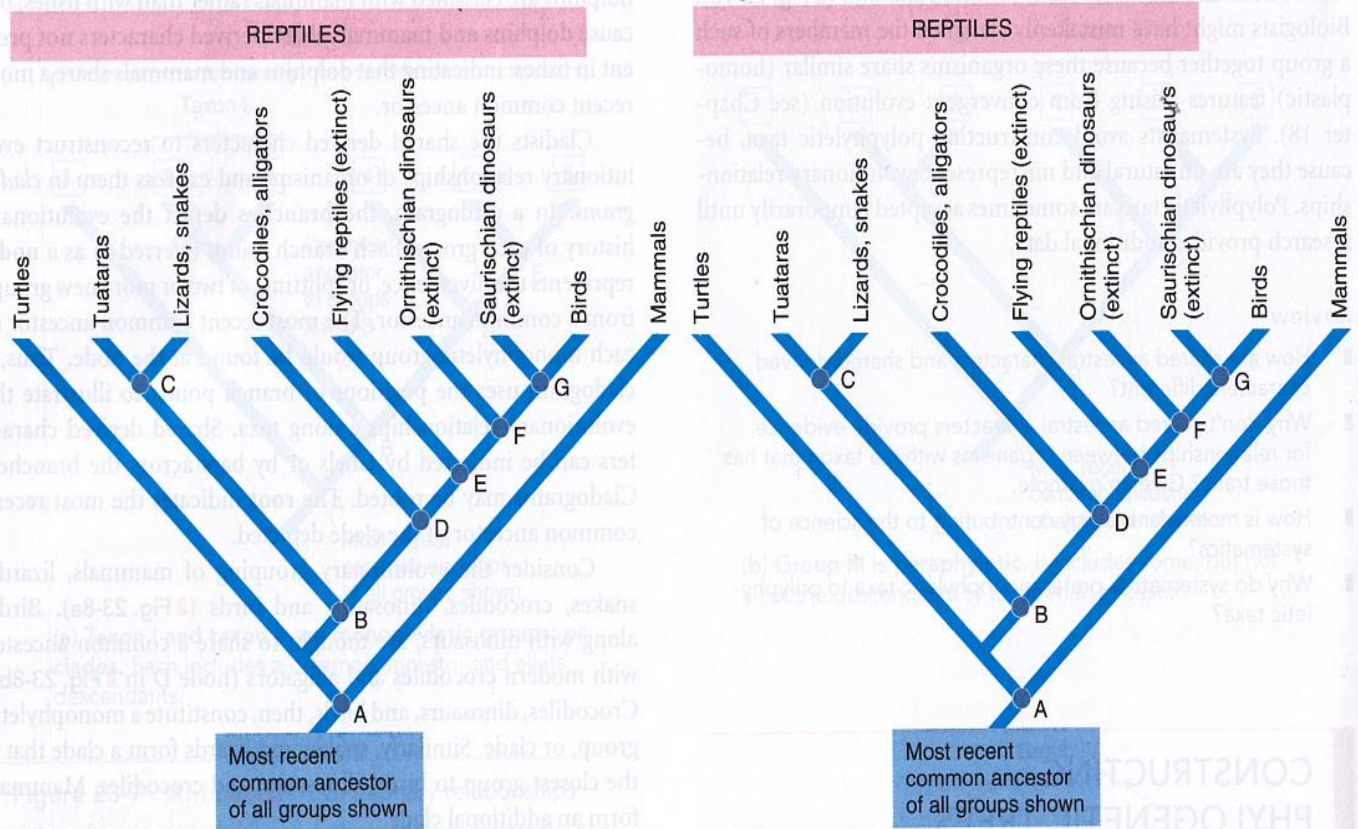
Hubungan evolusi

- dalam bentuk kladogram
 - Cabang menggambarkan sejarah evolusi
 - Nodus (titik percabangan) merupakan titik perpisahan



Key Point

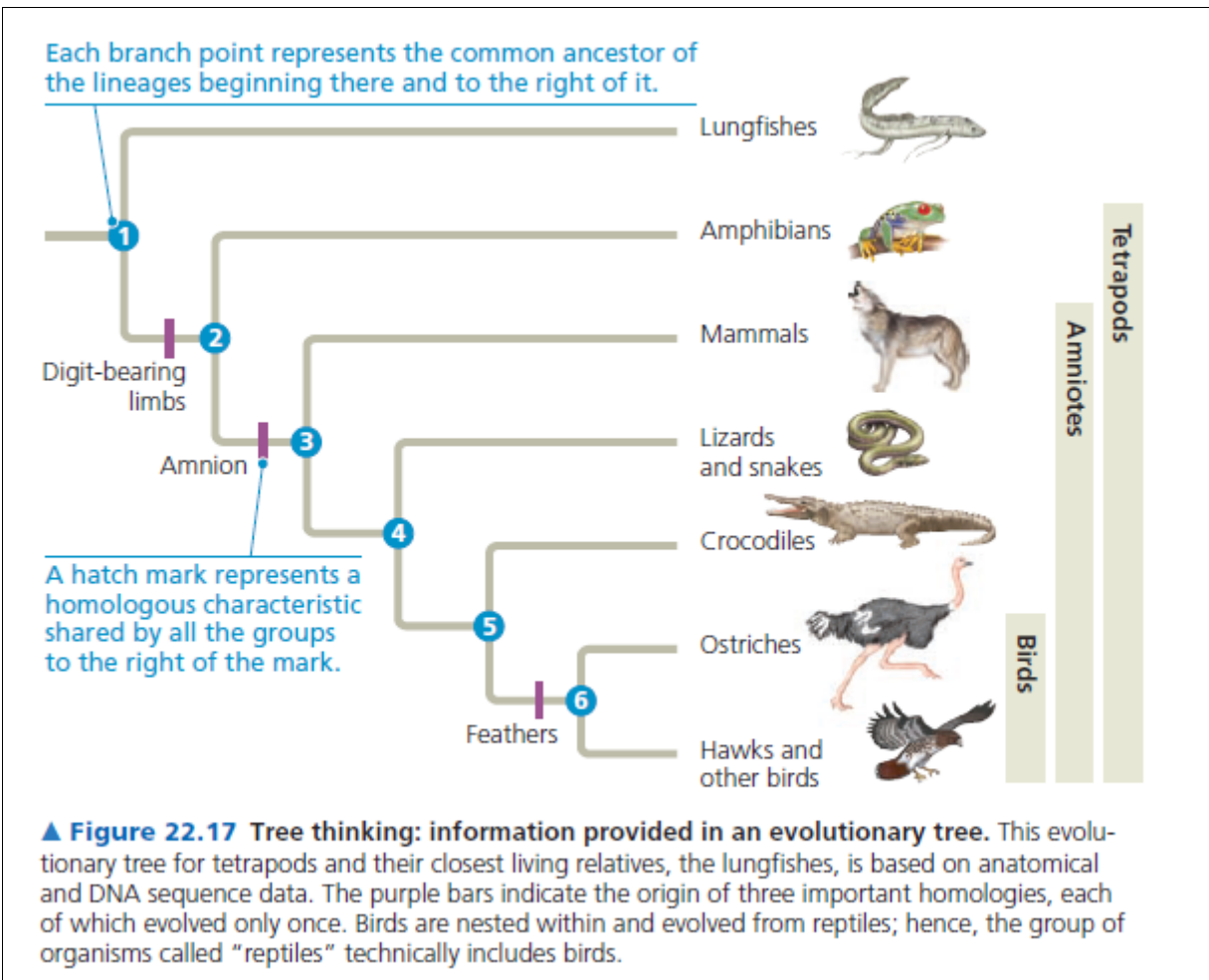
The cladistic approach, shown in (a), is preferred because it recognizes reptiles and birds as a monophyletic group.



(a) Cladists classify birds and reptiles together because they have a recent common ancestor and are a monophyletic group. The cladogram shows the branching points in the evolution of the major groups of reptiles. Node F represents the branching of two clades of dinosaurs and of birds from a common ancestor, and the subsequent branching of birds from the dinosaurs.

(b) The evolutionary systematics approach considers both common ancestry and extent of divergence that has occurred since two taxa split. Reptiles are a paraphyletic group. Lizards, snakes, and crocodiles are phenotypically most similar, but crocodiles, dinosaurs, and birds are most closely related because they evolved most recently from a common ancestor.

Figure 23-8 Two approaches to the classification of reptiles, birds, and mammals



ANALISIS KELOMPOK LUAR (OUTGROUP)

- Kaedah menganggar ciri turunan yang dikongsi (shared derived character)
- Kelompok Luar (Outgroup)
 - takson yang dianggap berpisah (diverge) lebih awal
 - dari takson yang dikaji (takson kelompok dalam (ingroup))
 - Kelompok luar menggambarkan anggaran keadaan moyang (ancestral)

BINA CLADOGRAM

- Pilih takson (individu, spesies atau genus)
 - lanselet (lancelet), lamprei (lamprey), Ikan matahari (sunfish), katak, cicak, beruang, cimpanzi (chimpanzee) dan manusia
- Pilih ciri homolog
 - Guna 7 ciri
 - Ada atau tiada
 - Atur keadaan ciri (character state)
 - susunan evolusi
- Lanselet dipilih sebagai kelompok luar (outgroup)
 - Berpisah awal (diverge earlier)
 - Keadaan ciri (character state) “tiada” = ciri kuno (plesiomorphic)
 - Keadaan ciri “ada” = ciri turunan (derived character)

KLADOGRAM

- Takson dikumpulkan oleh kewujudan ciri turunan
 - Untuk bentuk kumpulan monofiletik valid,
 - semua ahli mesti kongsi sekurang-kurangnya satu ciri turunan
- kesemua takson kecuali kelompok luar (lanselet)
 - mempunyai vertebra
 - Ketujuh-tujuh takson vertebrate membentuk klad valid

- Asas atau akar (root) menggambarkan
 - moyang sempurna untuk semua takson yang dikaji
- Nod A
 - Moyang kordat
 - Kelompok luar (lancelet) dan 7 vertebrat berevolusi (ubah ansur).
- Node B
 - Moyang vertebrat
- Manusia dan chimpanzee
 - berkongsi moyang sempurna terbaru pada nod G.
 - Disokong oleh ciri turunan (sinapomorfi)
- Node G
 - merupakan perpisahan terbaru
- Node A
 - perpisahan paling lama
- Manusia dan cimpanzi ke order Primate
- Manusia, chimpanzee & beruang ke Kelas Mammalia

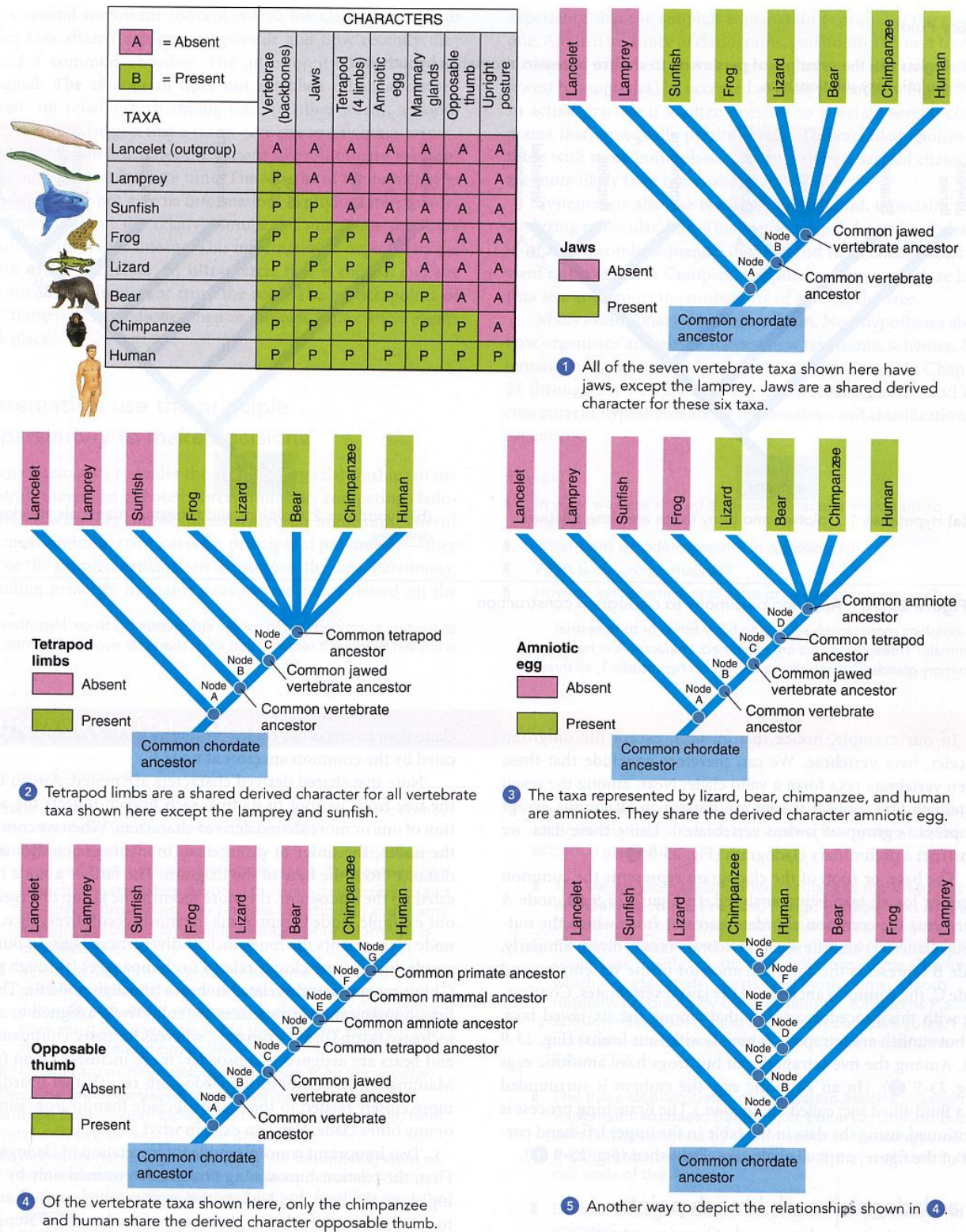
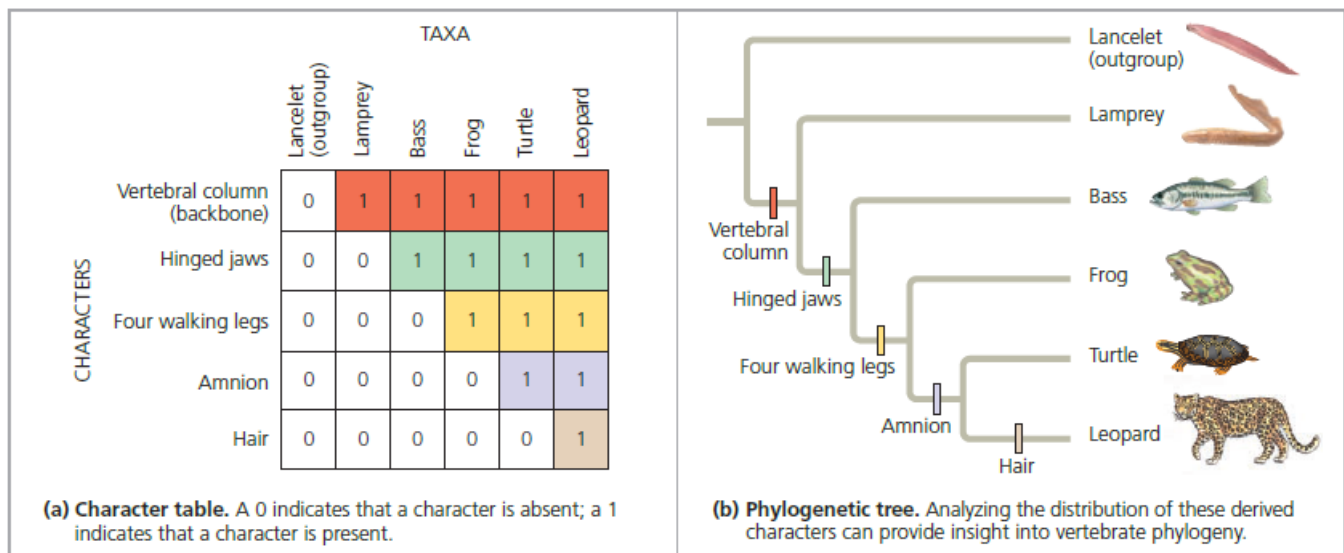


Figure 23-9 Animated Building a cladogram

In this example, the lancelet is the chosen outgroup that represents an approximation of the ancestral condition. Refer to the table as you follow

the steps in 1 through 4 to build a cladogram. In 5 we illustrate another way to build a cladogram showing the same relationships as in 4.



▲ **Figure 26.12 Constructing a phylogenetic tree.** The characters used here include the amnion, a membrane that encloses the embryo inside a fluid-filled sac (see Figure 34.25).

PRINSIP PARSIMONI (PARSIMONY)

- Untuk Pilih cladogram
 - Pilih yang paling mudah untuk mentafsir data
 - Paling mudah diterangkan
 - Dianggap paling betul
- Parsimoni memerlukan perubahan ciri paling sedikit
 - kladogram yang ada sedikit homoplasi
- juga guna Kaedah kebolehjadian maksimum (maximum likelihood)
 - Kaedah ini bergantung kepada kebarangkalian
 - jujukan nucleotide DNA & RNA berubah pada kadar konstan
 - komputer akan melaporkan kebarangkalian ini

Key Point

Biologists use the principle of parsimony to choose between alternative hypotheses of evolutionary relationships.

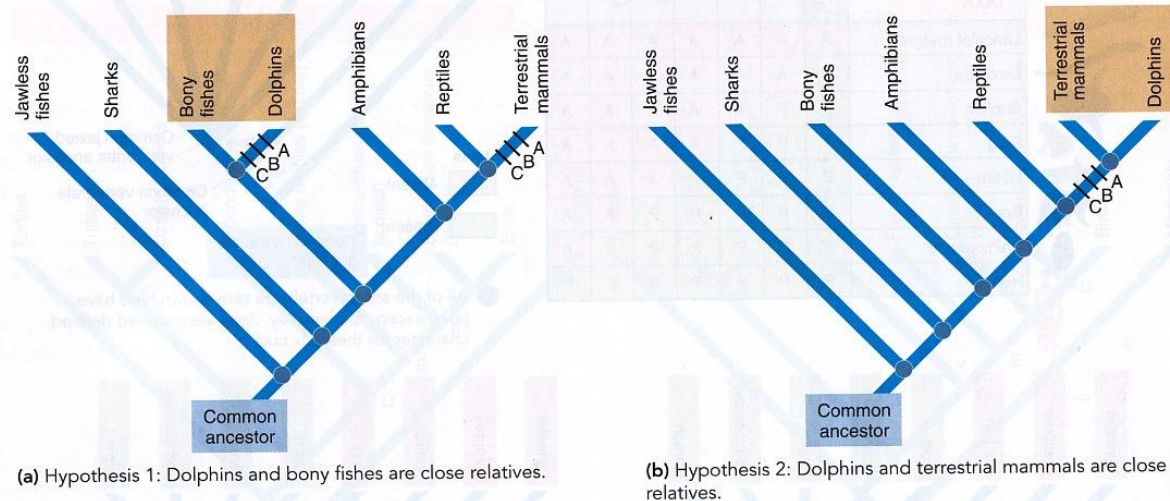


Figure 23-10 Applying parsimony to cladogram construction

Are dolphins more closely related to bony fishes or to terrestrial mammals? Three characters are examined: character A = hair; B = mammary glands; C = middle-ear bones. In hypothesis 1, all three

characters examined had to evolve independently twice. Hypothesis 2 is chosen because it requires that each character evolve only once.

SPEIASI DAN EVOLUSI MAKRO

- Hutan hujan Brazil
 - Beribu spesies serangga, amfibia
 - reptilia, burung & mamalia
- Great Barrier Reef (Australia)
 - span, karang, moluska, krustasea,
 - bintang laut (sea star) dan ikan
- Bilangan spesies
 - 10 – 100 juta
 - 99% sudah pupus
 - Organisma unisel
 - Moyang kepada semua spesies yang hidup sekarang
 - Kehidupan sekarang
 - Hasil evolusi 4 bilion tahun

APA ITU SPESIES

- Perkataan Latin bermaksud “jenis” (kind)

1. KONSEP SPESIES MORFOLOGI (MORPHOLOGICAL SPESIES CONCEPT)

- Berdasarkan perbezaan struktur
 - Linnaeus
- Boleh digunakan untuk organisma asexual & seksual
 - Kekurangan
 - Kriteria subjektif
 - Featur struktur yang digunakan
 - untuk membezakan spesies

2. KONSEP SPESIES BIOLOGI (BIOLOGICAL SPECIES CONCEPT)

- Diperkenalkan oleh Ernst Mayr, 1942
- Terdiri dari satu atau lebih populasi
 - Ahli populasi ini saling pembiakbakaan (interbreed) di semula jadi
 - Hasil nak yang subur (fertile)
 - Tidak saling pembiakbakaan dengan ahli spesies lain
 - Terasing secara pembiakan (reproductively isolated)
 - Halang terjadinya hibrid
 - Anak terhasil dari mengawan interspesifik

- Semua manusia adalah satu spesies
 - Biarpun tinggal di tempat yang berbeza
 - Boleh interbreed
- Manusia dan cimpanzi
 - Spesies berbeza
 - Biarpun tinggal di kaw. sama
 - Tidak boleh biakbaka (interbreed)
- Setiap spesies kolam gen (gene pool) masing-masing
 - Terasing dari spesies lain
 - Tiada pertukaran gen
 - Masalah
 - Hanya boleh digunakan untuk organisma yang membiak secara seksual
 - Bakteria & organisma yang membiak secara aseksual
 - Tidak biakbaka (interbreed)
 - Perlu dikelaskan berdasarkan ciri struktur dan biokimia
 - spesies yang pupus
 - Spesies yang berbeza
 - kadang-kadang boleh biak baka (interbreed)

3. KONSEP SPESIES EKOLOGI (ECOLOGICAL SPECIES CONCEPT)

- Ditakrifkan dalam bentuk niche ekologi
 - Bagaimana ahli sesuatu spesies
 - berinteraksi dengan persekitaran hidup
 - dan persekitaran tidak hidup
 - 2 spesies pokok oak
 - Berbeza dari
 - segi saiz
 - kemampuan tahan keadaan kering
 - tapi biakbaka (interbreed)
 - disebabkan pokok ini hidup di niche ekologi yang berbeza
 - dianggap sebagai spesies berbeza
 - boleh digunakan untuk
 - organisma seksual dan
 - aseksual

4. KONSEP SPESIES EVOLUTION (EVOLUTIONARY SPECIES CONCEPT) = KONSEP SPESIES FILOGENETIK (PHYLOGENETIC SPECIES CONCEPT)

- Dianggap spesies terasing
 - Telah menjalani evolusi sekian lama
 - hingga perbezaan signifikan dalam trait diagnostik wujud.
 - Tidak boleh digunakan
 - sekiranya sejarah evolusi sesuatu kumpulan taksonomi belum lagi dikaji secara mendalam.
 - Jadi masih guna konsep spesies biologi
 - Bilangan spesies juga bertambah
 - Subspesies atau varieti dari spesies biologi
 - akan dinaikkan menjadi spesies berbeza
 - di bawah konsep spesies evolusi
- Takrifan
 - Kumpulan individu yang terkecil
 - Berkongsi moyang sempunya
 - Membentuk satu cabang
 - Sejarah filogenetik dikesan
 - Dgn membandingkan ciri-ciri
 - Morfologi
 - Jujukan molekul

MEKANISME PENGASINGAN PEMBIAKAN

TABLE 20-1

Reproductive Isolating Mechanisms

Mechanism	How It Works
Prezygotic Barriers	Prevent fertilization
Temporal isolation	Similar species reproduce at different times
Habitat isolation	Similar species reproduce in different habitats
Behavioral isolation	Similar species have distinctive courtship behaviors
Mechanical isolation	Similar species have structural differences in their reproductive organs
Gametic isolation	Gametes of similar species are chemically incompatible
Postzygotic Barriers	Reduce viability or fertility of hybrid
Hybrid inviability	Interspecific hybrid dies at early stage of embryonic development
Hybrid sterility	Interspecific hybrid survives to adulthood but is unable to reproduce successfully
Hybrid breakdown	Offspring of interspecific hybrid are unable to reproduce successfully

- Halang interbreed antara 2 spesies yang berbeza
 - Kawasan hidup (range) bertindih
- Kekalkan integriti genetik
 - Aliran gen dihalang

HALANGAN PREZIGOT (PREZYGOTIC BARRIER)

- Mekanisme sebelum mengawan (mating) atau persenyawaan
 - Zigot interspesifik tidak dihasilkan

1. Pengasingan Temporal

- Membiak pada masa, musim dan tahun berbeza
 - *Drosophila pseudoobscura*
 - Aktif secara seksual pada waktu petang
 - *D. persimilis*
 - Aktif secara seksual pada waktu pagi
- *Rana sylvatica* (katak hutan)
 - Mengawan hujung March atau awal April
 - Suhu air sekitar 7.2 C
- *Rana pipiens* (katak bintang)
 - Mengawan pertengahan April
 - Suhu air 12.8 C

L & D. Klein/Photo Researchers, Inc.

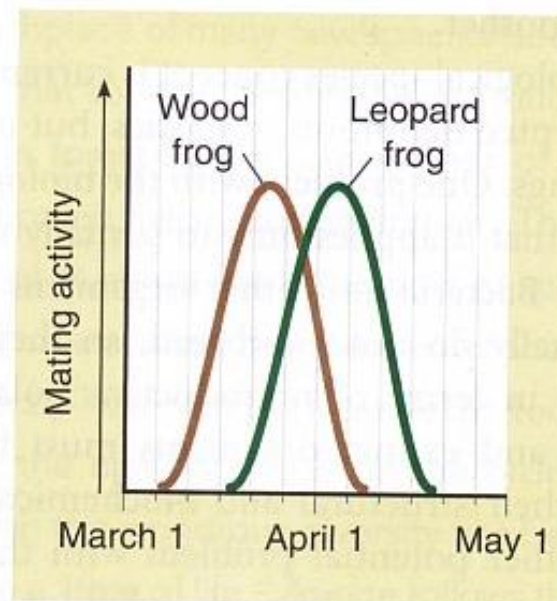


(a) The wood frog (*Rana sylvatica*) mates in early spring, often before the ice has completely melted in the ponds.

Rod Planck/Photo Researchers, Inc.



(b) The leopard frog (*Rana pipiens*) typically mates a few weeks later.



(c) Graph of peak mating activity in wood and leopard frogs. In nature, wood and leopard frogs do not interbreed.

2. Pengasingan Habitat

- Hidup dan membiak di habitat berbeza
 - 5 spesies flycatcher
 - *Empidonax minimus* (least flycatcher)
 - Hutan terbuka, ladang & kebun
 - *E. virescens* (Acadian flycatcher)
 - Hutan desidus (deciduous)
 - Pokok beech dan hutan paya
 - *E. alnorum* (alder flycatcher)
 - Belukar pokok alder
 - *E. flaviventris* (yellow-bellied flycatcher)
 - Hutan konifer
 - *E. traillii* (willow flycatcher)
 - Padang rumput bersemak

3. Pengasingan Kelakuan

- Kelakuan memikat (courtship behaviour)
 - Bowerbird



- Katak hutan dan Katak bintang
 - Penyuaaran (vocalization) yang khusus

4. Pengasingan Mekanikal

- Organ genital tidak serasi (incompatible) untuk persenggamaan (copulation)
- Perbezaan struktur yang menghalang mengawan antara spesies
 - Banyak tumbuhan berbunga
 - Perbezaan fizikal bahagian bunga
 - Disesuaikan dengan pollinator serangga
 - 2 spesies sage
 - *Salvia mellifera* (Black sage)
 - Lebah kecil
 - *S. apiana* (**white sage**)
 - Lebah besar

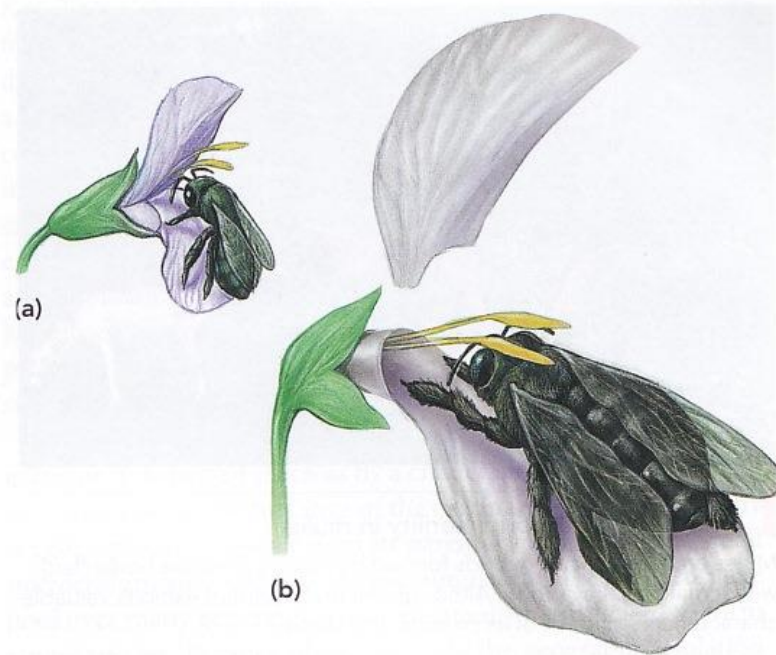


Figure 20-4 Mechanical isolation in black sage and white sage

The differences in their floral structures allow black sage and white sage to be pollinated by different insects. Because the two species exploit different pollinators, they cannot interbreed. **(a)** The petal of the black sage functions as a landing platform for small bees. Larger bees cannot fit on this platform. **(b)** The larger landing platform and longer stamens of white sage allow pollination by larger California carpenter bees (a different species). If smaller bees land on white sage, their bodies do not brush against the stamens. (In the figure, the upper part of the white sage flower has been removed.)

5. Pengasingan Gamet

- Perbezaan molekul dan kimia antara spesies
 - Telur dan sperma tidak serasi (incompatible)
 - Haiwan akuatik yang membebaskan telur dan sperma serentak dalam air
 - Jarang persenyawaan interspecific berlaku
 - Permukaan telur mengandungi protein spesifik yang mengikat hanya molekul komplementari di permukaan sel sperma dari spesies yang sama
 - Pengecaman molekul (molecular recognition)
 - Butir debunga (Pollen grain) dan stigma
 - Pengecaman molekul
 - Debunga tidak bercambah di stigma spesies lain

HALANGAN POSTZIGOTIK (POSTZYGOTIC BARRIERS)

- Kadang-kadang persenyawaan berlaku
 - tingkat kebarangkalian pembiakan gagal
 - Hibrid keguguran
 - Inviabiliti hibrid
 - Telur bullfrog disenyawakan secara buatan dengan sperma katak bintang
 - Hibrid mati di peringkat embrio
 - Sekiranya hibrid hidup
 - Ia tidak membiak
 - Lakuan memikat (courtship) tak serasi
 - Tidak boleh mengawan
 - Sterility hibrid
 - Masalah semasa meiosis
 - Gamet menjadi abnormal
 - Kerap berlaku pada spesies induk yang bilangan kromosom berbeza
 - Kuda betina ($2n=64$) + keldai jantan ($2n = 62$)
 - Baghal (mule)
 - $2n = 63$



John Eastcott / iya Momatuk / Earth Scenes / Animals Animals

Figure 20-5 Hybrid sterility in mules

Mules are interspecific hybrids formed by mating a female horse (*left*) with a male donkey (*right*). Although the mule (*center*) exhibits valuable characteristics of each of its parents, it is sterile.

SPESIASI (SPECIATION)

- Evolusi spesies baru
 - Kewujudan 2 spesies dari satu spesies
 - Populasi menjadi terasing secara pembiakan
 - Takung gen (gene pool) mula berpisah
 - Dari segi komposisi genetik
 - Populasi sangat berbeza dari spesies kuno (ancestral)
 - Tiada pertukaran genetik
 - Spesiasi berlaku

- **SPEIASI ALOPATRIK (ALLOPATRIC)**

- (Greek all = berbeza; patri = tanah asal)
- Satu populasi terasing secara geografi
 - Berevolusi melalui
 - pemilihan semula jadi
 - hanyutan genetik (genetic drift)
 - perubahan rawak kekerapan alel terjadi dari kesan nasib (chance) pada kejayaan hidup dan pembiakan individu dalam populasi membiak
 - kaedah paling biasa spesiasi

Pengasingan Geografi

- Permukaan bumi kerap berubah
 - Sungai tukar aliran
 - Glasier berhijrah
 - Gunung terbentuk
 - Jambatan daratan terbentuk
 - Asing populasi akuatik
 - Tasik besar mengurang
 - Menjadi kolam kecil yang terasing

- Death valley di California & Nevada
 - Tasik luas
 - Terdapat satu spesies pupfishes
 - Tasik kering
 - Kolam terasing
 - Berpisah kepada 20 spesies
 - Berbezaan habitat
 - Suhu tinggi
 - Kepekatan garam tinggi
 - Paras oksigen rendah



- Populasi kecil berhijrah atau diserakkan

- Menduduki kawasan baru
- Pulau Galapagos



Figure 20-7 Allopatric speciation of the Hawaiian goose (the nene)

Nene (pronounced "nay'-nay"; *Branta sandvicensis*) are geese originally found only on volcanic mountains on the geographically isolated islands of Hawaii and Maui, which are some 4200 km (2600 mi) from the nearest continent. Compared with those of other geese, the feet of Hawaiian geese are not completely webbed, their toenails are longer and stronger, and their foot pads are thicker; these adaptations enable Hawaiian geese to walk easily on lava flows. Nene are thought to have evolved from a small population of geese that originated in North America. Photographed in Hawaii Volcanoes National Park, Hawaii.

Tupai Kaibab

- Warna bulu (fur)
 - Sciurus aberti
 - S. kaibabensis
 - Terpisah secara pembiakan
- Populasi kecil arnab dilepaskan
 - ke Pulau Porto Santo, Portugal pada abad ke 15
 - Tiada persaingan dan predator
 - Membiak banyak
- Abad ke 19
 - Berbeza dengan moyang Eropah
 - Lebih kecil
 - Corak warna berbeza
 - Nokturnal
 - Tidak boleh mengawan dengan arnab tanah besar

Dalam masa 400 tahun

- Spesies baru arnab wujud
- Masa yang cukup pendek



Tom and Pat Leeson

(a) The Kaibab squirrel, with its white tail and gray belly, is found north of the Grand Canyon.



Kent and Donna Danner

(b) The Abert squirrel, with its gray tail and white belly, is found south of the Grand Canyon.

Figure 20-8 *Animated* Allopatric speciation in progress

- **SPEIASI SIMPATRIK (SYMPATRIC SPECIATION)**

- Greek sym=bersama; patri = tanah asal)
- Berpisah (divergence) 2 populasi
 - Dalam kawasan geografi serupa
- Biasa untuk populasi tumbuhan
 - 80% tumbuhan berbunga adalah poliploid
 - Kebanyakannya aloploid
 - Perubahan ploidi (ploidy)
 - Bilangan set kromosom dalam genom organisma

Poliploidi

- Memiliki lebih dari 2 set kromosom
- Faktor utama evolusi tumbuhan
- 2 jenis poliploidi
 - Aloploid
 - Poliploid dengan kromosom datang dari spesies yang berbeza
 - Autopoliploid
 - Poliploid yang mempunyai set kromosom berganda (multiple) yang berpunca (derived) dari satu spesies

Key Point

Changes in chromosome number have often led to speciation in plants.

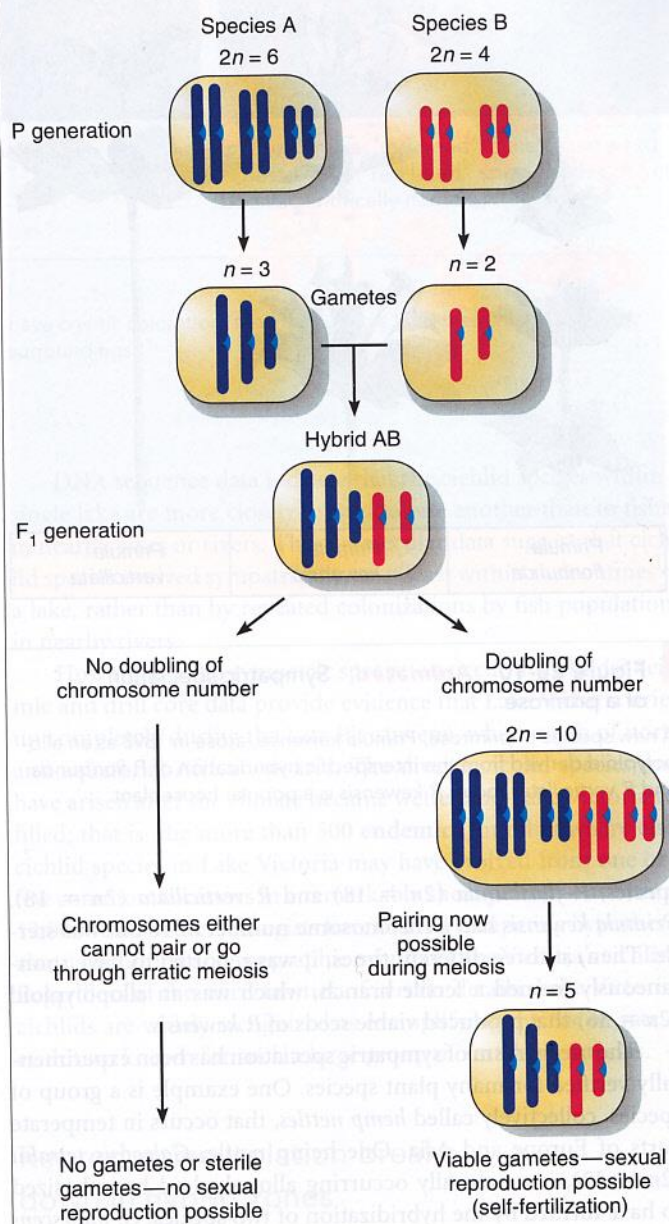


Figure 20-9 Sympatric speciation by allopolyploidy in plants

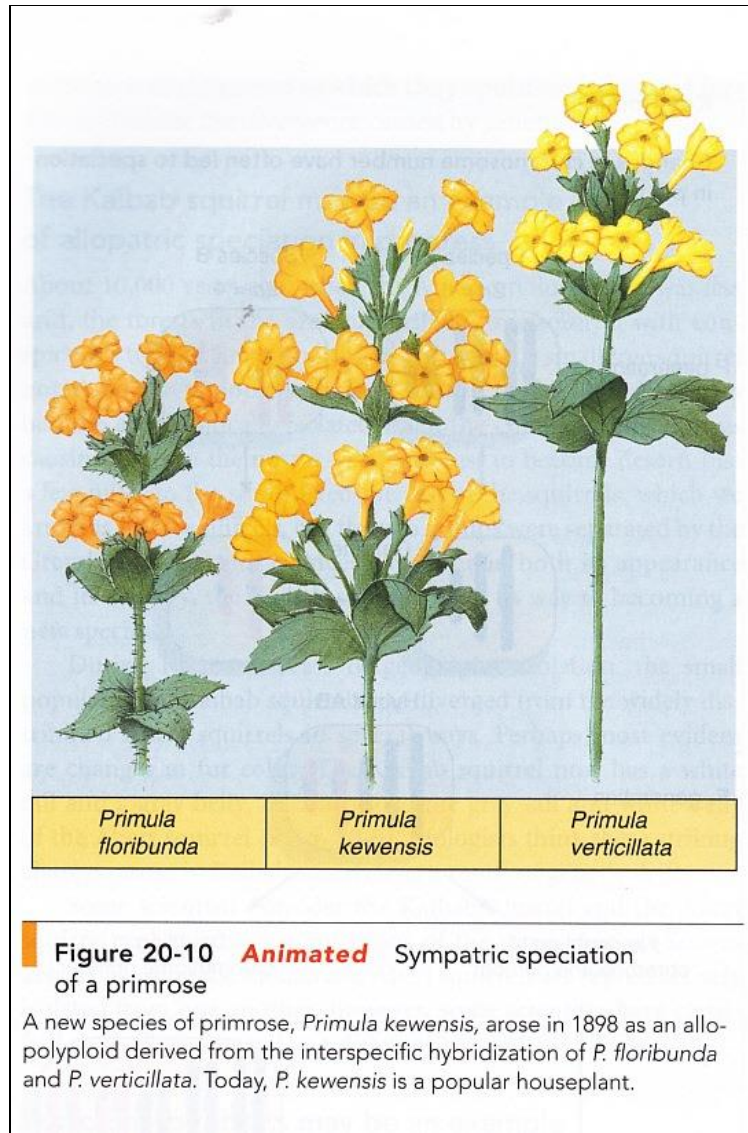
When two species (designated the P generation) successfully interbreed, the interspecific hybrid offspring (the F₁ generation) are almost always sterile (*bottom left*). If the chromosomes double, proper synapsis and segregation of the chromosomes can occur and viable gametes may be produced (*bottom right*). (Unduplicated chromosomes are

Alopoliploid

- Populasi alopoliploid terbentuk (established)
 - Tekanan selektif menyebabkan
 - Spesies baru pupus
 - Tak boleh bersaing
 - Wujud bersama (coexist) dengan induk
 - Bersaing baik dengan spesies induk
 - Spesies hidrid ganti induk

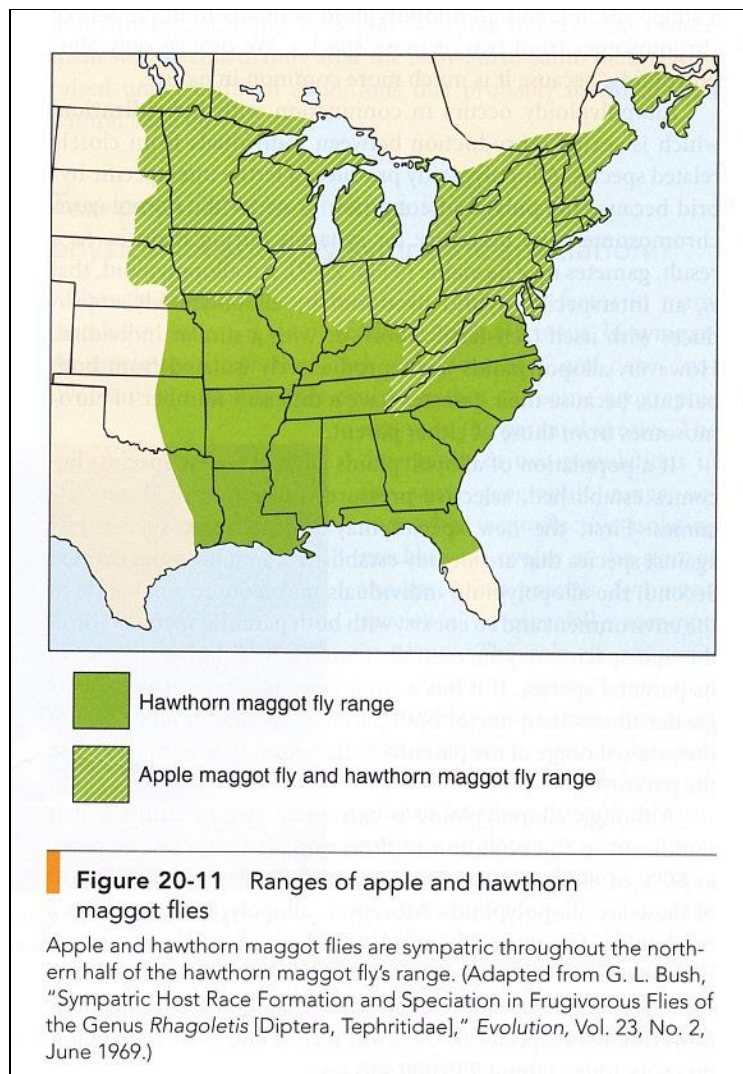
- Kew primrose (*Primula kewensis*)
 - Hibrid ($2n=18$ – mandul)
 - *P. floribunda* ($2n = 18$) dan *P. verticillate* ($2n=18$)

 - Alopoliploid
 - $2n=36$
 - Biji berdaya hidup (viable)

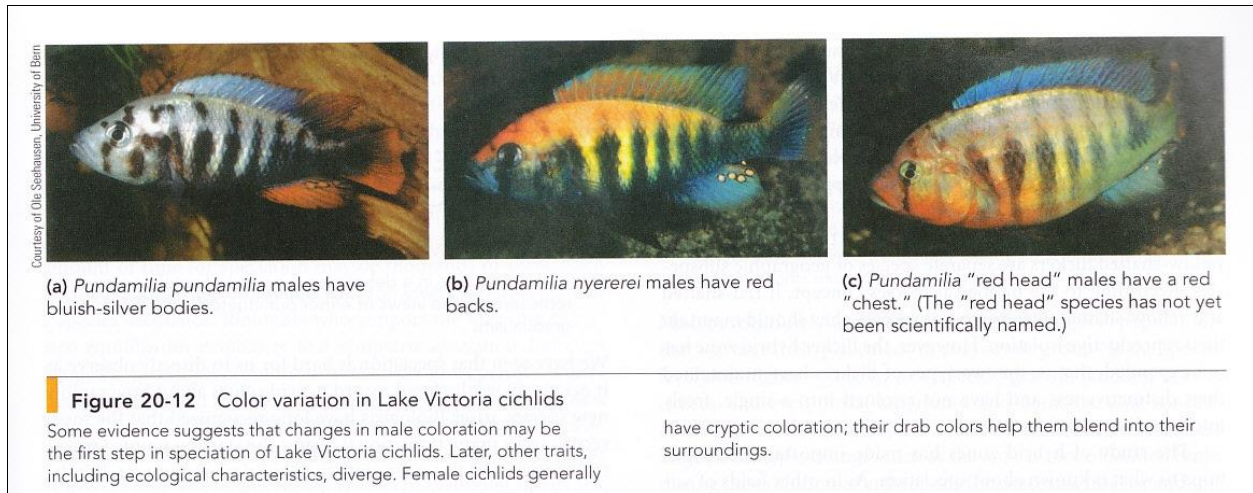


- Spesiasi simpatrik dalam haiwan
 - Hudson River Valley, New York
 - Fruit maggot flies (*Rhagoletis pomonella*)
 - Parasit pokok hawthorn
 - Beralih ke epal domestik
 - Dibawa masuk dari Eropah

- Kedua-dua populasi menduduki kaw. Geografi yang serupa
 - Tiada aliran gen
 - Makan, mengawan dan bertelur pada hos berbza
 - Terasing secara pembiakan
 - Tapi ahli entomologi
 - Hanya kenal satu spesies
 - Sebab nampak identikal



- Siklid (Cichlid) dari Tasik Afrika timur
 - Spesies berbeza
 - Tabiat makan
 - Bentuk rahang dan gigi
 - Makan alga
 - Bahan organik
 - Predator
 - Makan plankton
 - Pilihan makanan (food preference) ada kaitan dengan saiz
 - siklid kecil makan plankton
 - juga tentukan pilihan mengawan
 - kecil mengawan kecil
- Untuk siklid lain
 - Tidak berbeza saiz
 - Tapi warna dan kelakuan mengawan
 - Warna ikan jantan yang ketara
 - Pilihan ikan betina
 - Pemilihan seksual
 - Warna membaiki peluang untuk mengawan dan menurunkan gen
 - Evolusi spesies baru



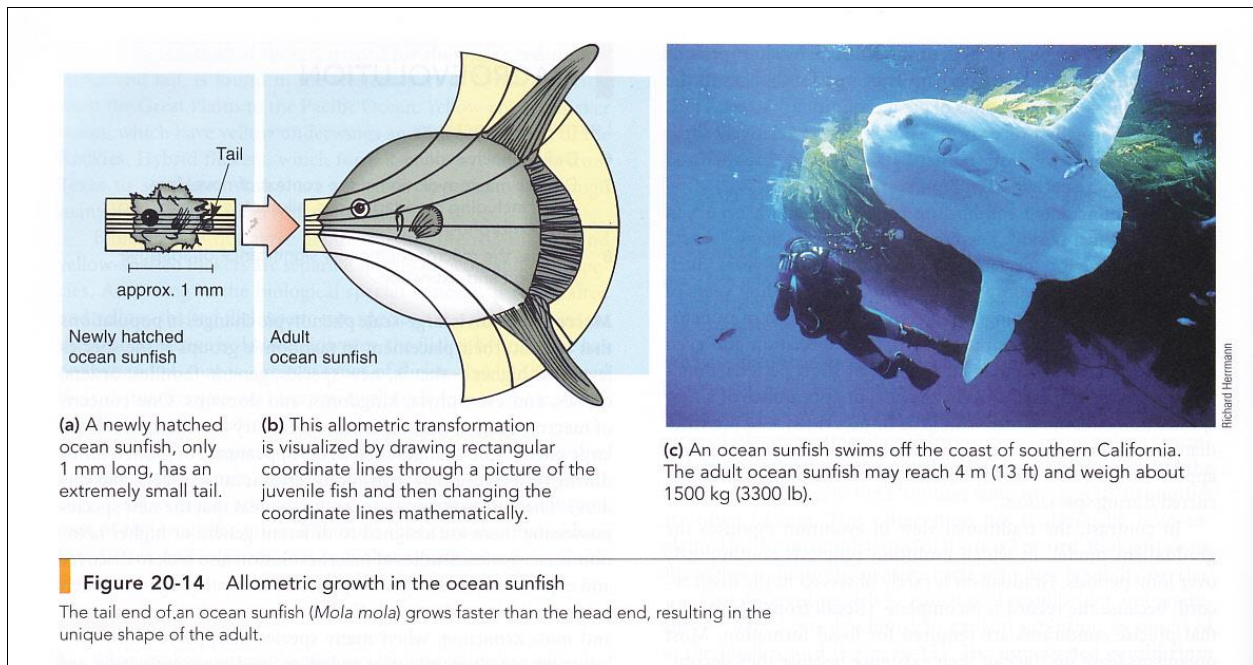
EVOLUSI MAKRO

- Perubahan fenotip secara besar-besaran
 - Dalam populasi
 - Spesies, genus, famili, order etc baru
- Menjelaskan
 1. Pembaharuan Evolusi (evolutionary novelties)
 - Anggota bersendi (Jointed limb)
 - Krustasia, serangga, labah-labah
 2. Penyebaran Menyesuai (Adaptive radiation)
 3. Pemupusan Besar-besaran (Mass extinction)

NOVELTI EVOLUSI

- Rekabentuk baru dari struktur yang sedia ada.
 - Perubahan pada corak asas
 - Hasil perkara unik
 - Kepak pada serangga
 - Bunga pada tumbuhan
 - Kepak berbulu (feathered) pada burung
 - Variasi struktur sedia wujud (pre-existing)
 - Pra-adaptasi
 - Peranan lama diubah ke peranan baru
- Bulu (feather)
 - Berevolusi dari sisik reptilia
 - Berfungsi sebagai insulate terma dalam burung primitif dan setengah dinosaur
 - Pre-adaptasi untuk terbang
 - Dengan modifikasi gradual
 - Feather berevolusi ke fungsi terbang dan juga fungsi termoregulatori

- Bagaimana novelti ini bermula
 - Perubahan semasa perkembangan
 - Gen regulatori kawal beratus gen lain semasa perkembangan
 - Perubahan sedikit gen regulatori
 - Perubahan struktur besar pada organisma
 - Kebanyakan organism
 - Pamer kadar perkembangan yg berbeza untuk bahagian badan yg berbeza
 - Perkembangan alometrik (Greek allo = beza dan metr = ukur)
 - Saiz kepada bayi manusia besar dibandingkan dengan jasad lain.
 - Semasa manusia membesar
 - Torso, tangan, kaki
 - Membesar cepat dari kepala
 - Pertumbuhan alometrik wujud dalam banyak organisma
 - Ketam fiddler jantan
 - Satu penyepit (claw) besar
 - Sunfish lautan
 - Ekor yg besar
 - Sekiranya kadar pertumbuhan berubah sedikit, perubahan besar pada bentuk organisma boleh berlaku
- Perubahan novel evolusi boleh berlaku
 - Spesies berubah semasa timing perkembangan



PAEDOMORFOSIS (PAEDOMORPHOSIS)

- Greek paed = kanak-kanak, morph = bentuk
- Beberapa spesies salamander
 - Dewasa mempunyai insang external dan sirip ekor
 - Featur yang hanya boleh ditemui pada peringkat larva

- Pengekalan struktur ini, bentuk paedomorfik
 - hidup kekal dalam air
 - Tak perlu bersaing dengan dewasa daratan
 - Terlepas dari predator
- Paedomorfosis
 - Terjadi disebabkan
 - Mutasi gen yang menghalang penghasilan hormon yang merangsang perubahan morfologi



Stephen Dalton/Photo Researchers, Inc.

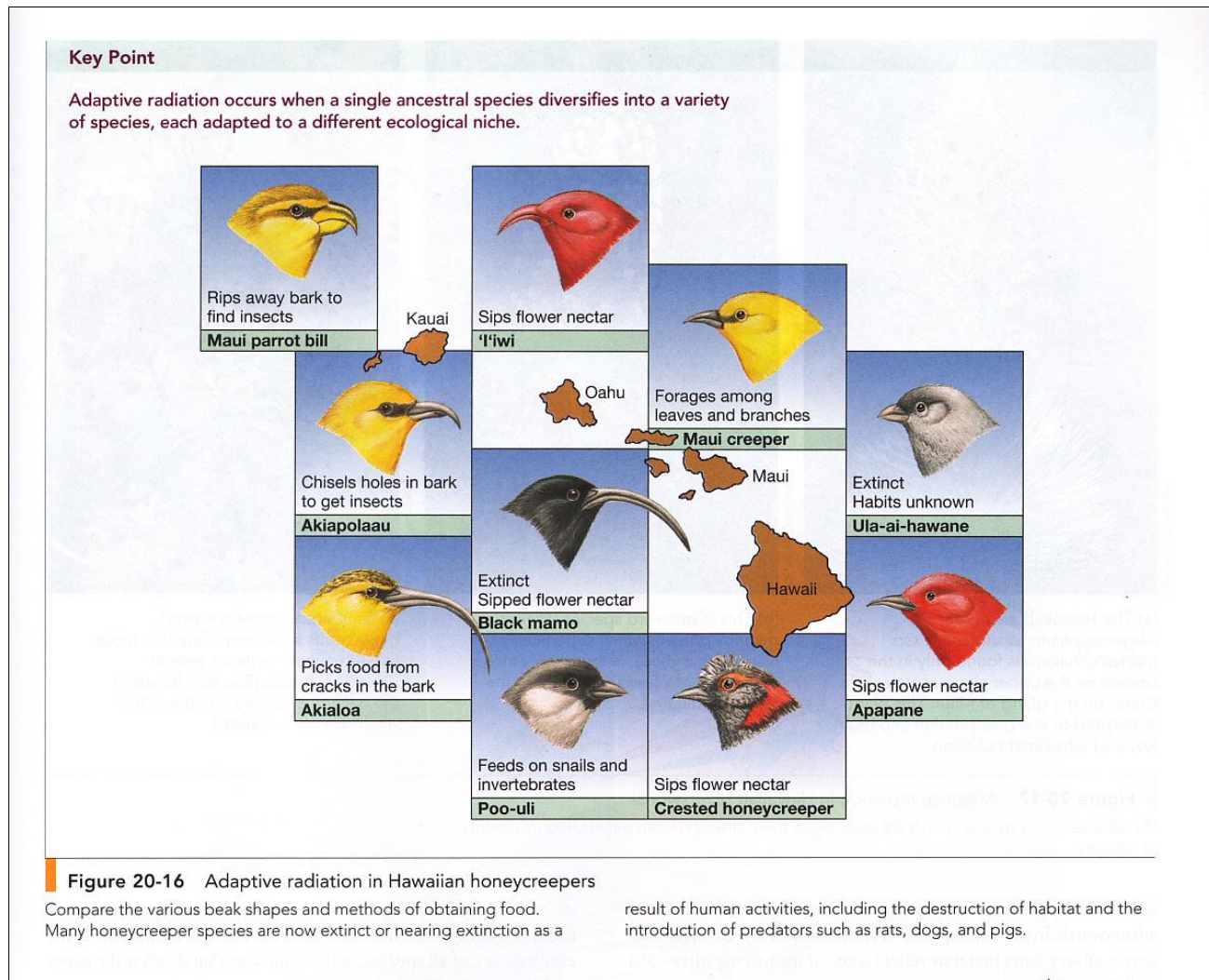
Figure 20-15 Paedomorphosis in a salamander

An adult axolotl salamander (*Ambystoma mexicanum*) retains the juvenile characteristics of external gills (feathery structures protruding from the neck) and a tail fin (*not visible*). Paedomorphosis allows the axolotl to remain permanently aquatic and to reproduce without developing typical adult characteristics.

PENYEBARAN MENYESUAI (ADAPTIVE RADIATION)

- Diversifikasi evolusi banyak spesies berkaitan
 - Dari satu atau beberapa spesies kuno (ancestral) dalam masa yang singkat
- Zon penyesuaian (adaptive zone)
 - Peluang ekologi baru
 - Tidak dieksploit oleh organisma moyang
 - Pada peringkat spesies
 - Zon penyesuaian sama dengan nik ekologi (ecological niches)
 - Zon adaptif termasuk
 - Nokturnal terbang menangkap serangga kecil
 - Grazing rumput semasa migrating merentas savana
 - Berenang di permukaan laut sambil menapis plankton
- Zon adaptif biasa di pulau dari benua
 - Bilangan spesies kecil
 - Burung honeycreeper di Hawaii
 - Moyang burung tiba di pulau
 - Burung lain sedikit
 - Generasi berkembang kepada banyak spesies baru

- Di tanah besar, zon dikuasi oleh burung lain
 - Finches, honeyeater, treecreeper dan woodpecker
 - Kepelbagaian paruh contoh penyebaran adaptif



- Paruh melengkung
 - Mendapatkan nektar dari bunga tiub
- Paruh pendek & tebal
 - Koyak kulit kayu untuk cari serangga
- Pokok silversword

- di kepulauan Hawaii
- 28 spesies tumbuhan yang mempunyai hubungan rapat
- Moyang yang tiba
 - Terdapat persekitaran yang pelbagai
 - Gunung gersang yang sejuk
 - Kawasan Aliran lava
 - Hutan kayu kering (woodland)
 - Hutan teduh berair
 - Paya basah
- Generasi seterusnya
 - Memperbagaikan (diversified) struktur dan fisiologi
 - Menduduki zon adaptif yang banyak
 - Kepelbagaian daun
 - Adaptasi pada jumlah cahaya dan kelembapan



(a) The Haleakala silversword (*Argyroxiphium sandwicense* ssp. *macrocephalum*) is found only in the cinders on the upper slope of Haleakala Crater on the island of Maui. This plant is adapted to low precipitation and high levels of ultraviolet radiation.

(b) This silversword species (*Wilkesia gymnoxiphium*), which superficially resembles a yucca, is found only along the slopes of Waimea Canyon on the island of Kauai.

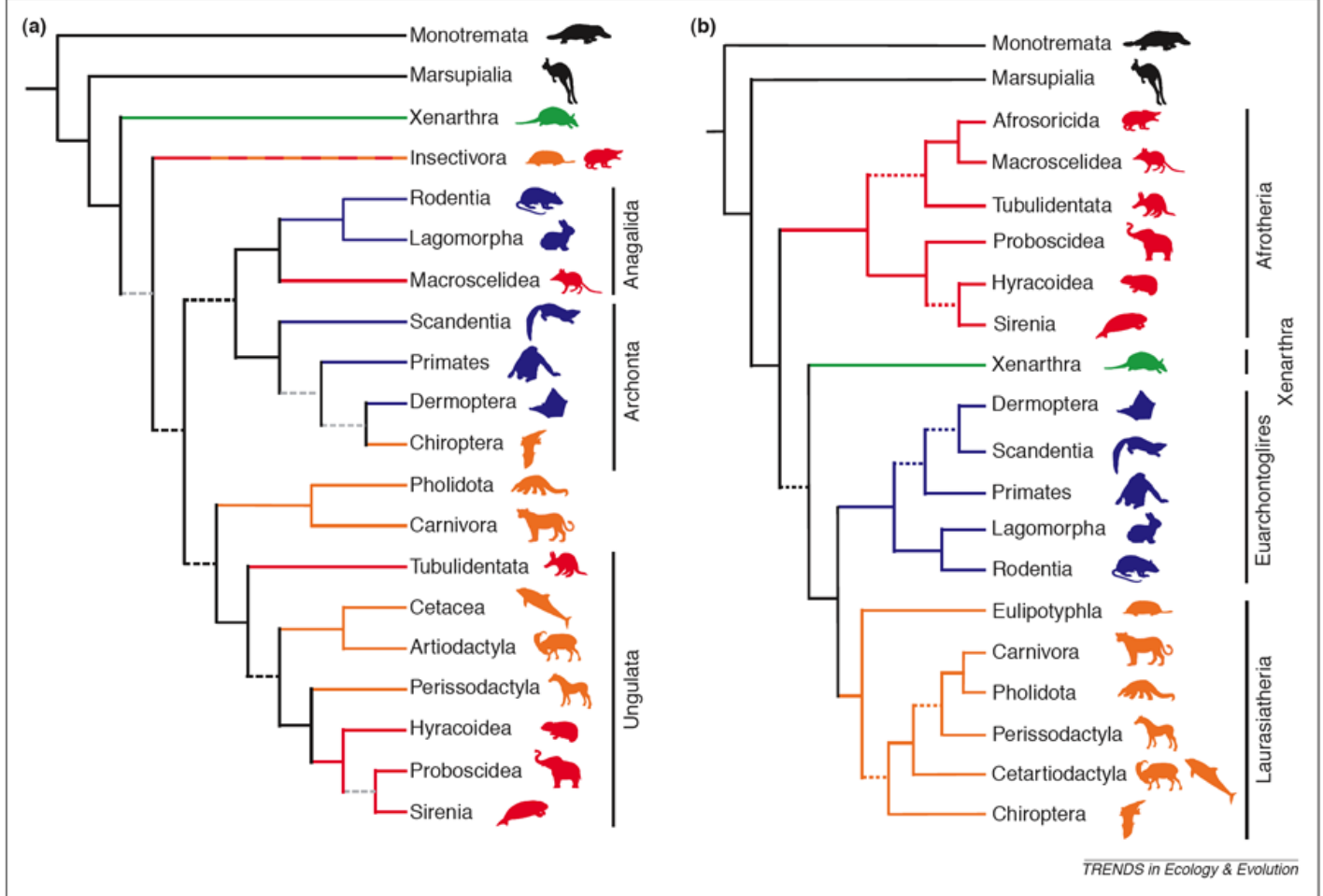
(c) *Daubautia scabra* is a small, herbaceous silversword found in moist to wet environments on several Hawaiian islands. (The fern fronds in the background give an idea of the small size of *D. scabra*.)

Figure 20-17 Adaptive radiation in Hawaiian silverswords

The 28 silversword species, which are classified in three closely related genera, live in a variety of habitats.

- Daun besar
 - Adaptasi tinggal di dalam hutan berair
- Kecil
 - Di kawasan gersang

- Mamalia
 - Untuk berjuta tahun
 - mamalia wujud sebagai Insektivor nocturnal yang kecil
 - Kepupusan dinosaur
 - Penyebaran adaptif
 - ke mamalia moden
 - Memperbagai dan mengeksploit zon adaptif yang pelbagai
 - selepas pupusnya dinosaur
 - Kelawar terbang
 - kuda berlari
 - monok yang mengorek
 - paus yang berenang
 - Berasal dari mamalia pemakan serangga yang kecil



Two cladograms derived from different scientific interpretations of evolutionary relationships of mammals based on morphological and genetic characters of species. Trends in Ecology and Evolution. 19: 430-438.

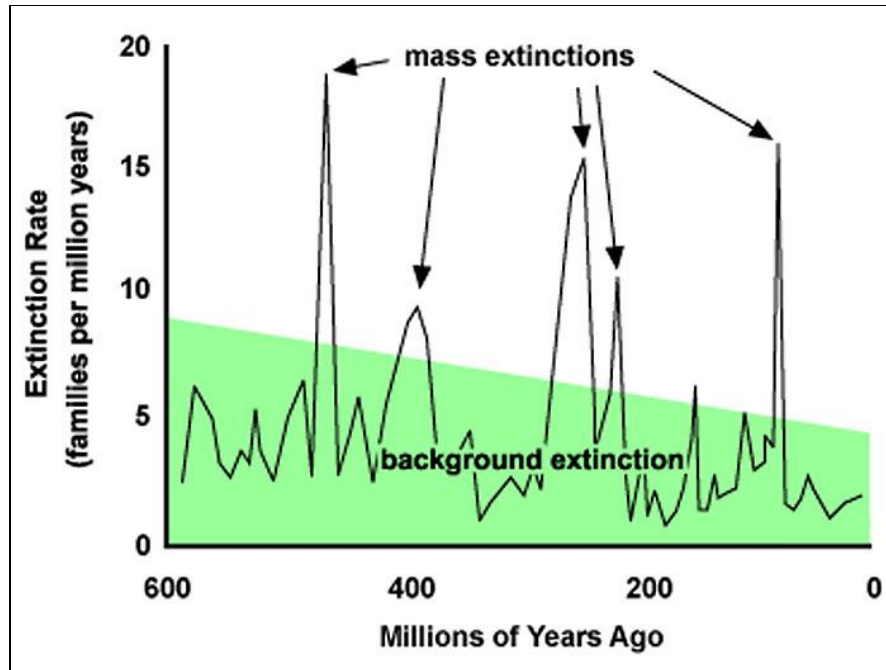
The left hand cladogram is based on evidence from morphology, while the right hand one is based on evidence from genetics. The two trees are similar, but they are not identical. See if you can identify how many ways these two cladograms differ. This is one of the main difficulties of phylogenetic systematics. The “true” evolutionary tree is lost in the distant past and all that scientists can do is find evidence for the best evolutionary hypothesis. Sometimes different data sets do not give the exact same results. Although we will never know for certain what the true evolutionary tree of any particular clade is the correct one, probability suggests that as more and more evidence is collected the resulting cladograms are closer and closer to the truth.

KEPUPUSAN

- Individu terakhir mati
 - Kehilangan kekal
- Berlaku secara berterusan
 - 1 spesies hidup, 2000 pupus
- Membenarkan evolusi
- Bila pupus
 - Zon adaptif dikosongkan (vacant)
 - Digantikan dengan spesies baru lain

2 JENIS KEPUPUSAN

- **KEPUPUSAN LATAR (Background Extinction)**
 - Kepupusan secara berterusan
 - Kepupusan kecil
- **KEPUPUSAN BESAR-BESARAN (Mass Extinction)**
 - 5 kali
 - Terbaru 65 juta tahun dahulu
 - Termasuk dinosaur



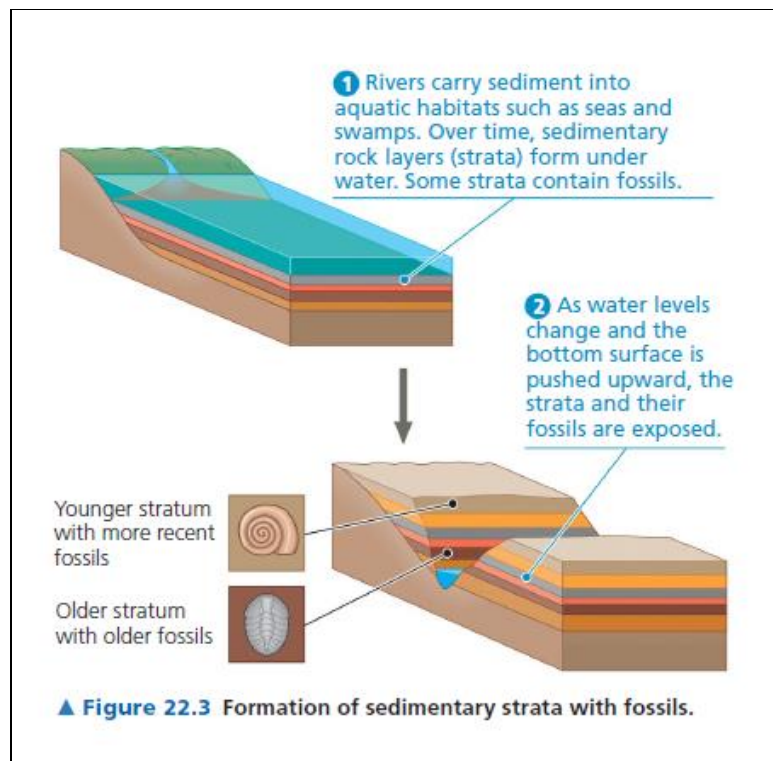
- Setiap pemupusan diikuti oleh penyebaran adaptif

PUNCA KEPUPUSAN

- Persekitaran
 - Perubahan iklim
 - Kesan pada hidupan
- Malapetaka (catastrophe)
 - Komet
 - Tsunami
 - Gunung berapi
- Persaingan antara spesies
- Manusia
 - Musnah habitat

BUKTI EVOLUSI

- **BUKTI 1 : REKOD FOSIL (FOSSIL RECORD)**
 - Istilah fosil (latin fissilis = yang digali)
- Tinggalan atau saki baki (trace)
 - Tertinggal di batuan sedimen (sedimentary)

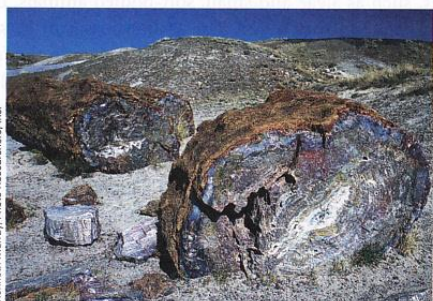


- Di jujukan batuan yang tidak diganggu
 - Dasar – lapisan tertua
 - Lapisan atas – lebih muda
- Sehingga kini
 - 300,00 spesies fosil telah dinamakan dan diperihal oleh ahli paleontologi



Carolina Biological Supply Company/
Phototake, New York City

(a) Although some fossils contain traces of organic matter, all that remains in this fossil of a seed fern leaf is an impression, or imprint, in the rock.



Kenneth Murray/Photo Researchers, Inc.

(b) Petrified wood from the Petrified Forest National Park in Arizona consists of trees that were buried and infiltrated with minerals. The logs were exposed as the mudstone layers in which they were buried weathered.



Alfred Pesiaku/Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.

(c) A 2-million-year-old insect fossil (a midge) was embedded in amber.



A. J. Copley/Visuals Unlimited

(d) A cast fossil of ancient echinoderms called crinoids formed when the crinoids decomposed, leaving a mold that later filled with dissolved minerals that hardened.



Scott Berner/Visuals Unlimited

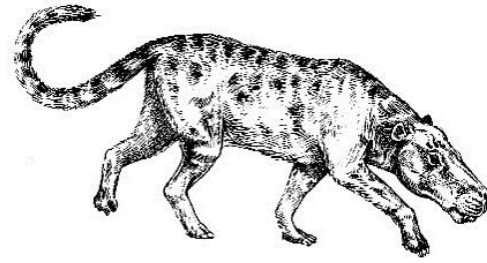
(e) Dinosaur footprints, each 75 to 90 cm (2.5 to 3 ft) in length, provide clues about the posture, gait, and behavior of these extinct animals.

Figure 18-7 Fossils develop in different ways

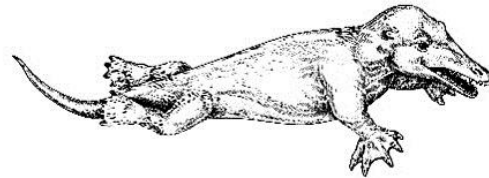
- Selain daripada batuan sedimen
 - Fosil dijumpai juga di
 - Paya gambut
 - Ambar (amber) – resin
 - Ais
 - Mamot berwul (wooly mammoth)
- Sedikit sahaja organisma menjadi fosil
 - Pembentukan fosil memerlukan
 - Keadaan proses perebutan perlahan atau dihalang
 - Boleh berlaku sekiranya organisma diliputi tanah halus secepat mungkin
- Rekod fosil
 - Berat sebelah (biased)
 - Banyak organisma akuatik
 - Sedikit organisma daratan
 - Organisma di hutan tropika cepat mereput
 - Fosil kurang
 - Organisma berbadan keras seperti tulang atau cengkerang

EVOLUSI IKAN PAUS

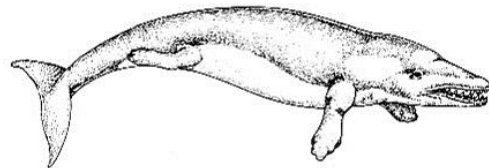
- Bukti menunjukkan Ikan paus dan Setasea (Cetacean : mamalia marin) lain berevolusi dari mamalia yang hidup di daratan (land-dwelling mammal)
- Bukti fosil – moyang itu adalah Mesonychian (mamalia 4 kaki)



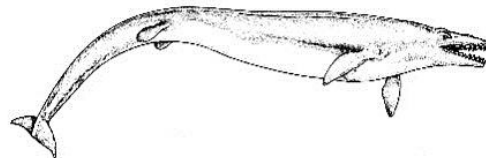
(a) *Mesonychid*, an extinct terrestrial mammal, may have been the ancestor of whales.



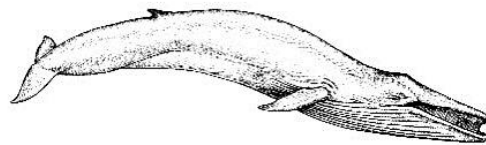
(b) *Ambulocetus natans*, a transitional form between modern whale descendants and their terrestrial ancestors, possessed several recognizable whale features yet retained the hind limbs of its four-legged ancestors.



(c) The more recent *Rodhocetus* had flexible vertebrae that permitted a powerful dorsoventral movement during swimming.



(d) *Basilosaurus* was more streamlined and possessed tiny nonfunctional hind limbs.



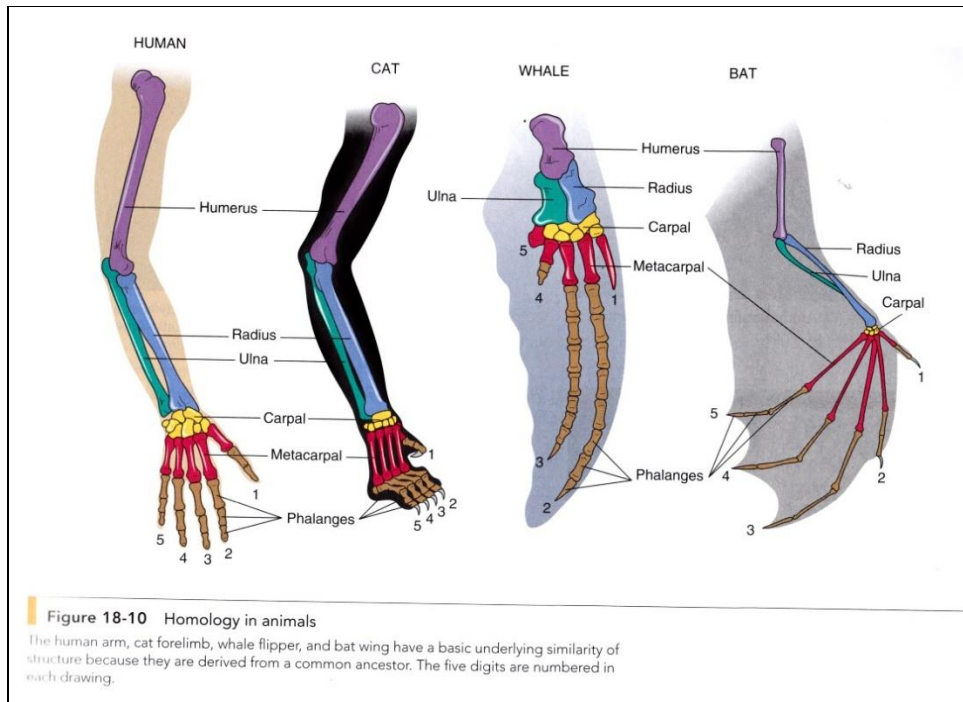
(e) *Balaenoptera*, the modern blue whale, contains vestiges of pelvis and leg bones embedded in its body.

Figure 18-8 Animated Fossil intermediates in whale evolution

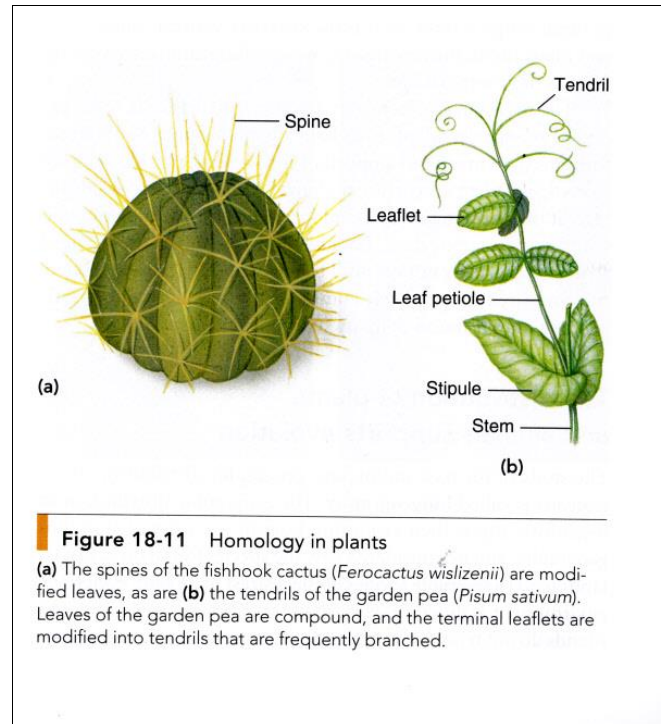
Figures are not drawn to scale. (a–d: Adapted with permission from D. J. Futuyma, *Science on Trial: The Case for Evolution*, Fig. 2, pp. 260–61, Sinauer Associates, Sunderland, MA, 1995.)

BUKTI 2 : ANATOMI PERBANDINGAN (COMPARATIVE ANATOMY)

- Organisma berbeza menampakkan mempunyai persamaan asas
- Featur homolog
 - Homologi
 - Lengan manusia, anggota depan kucing, sirip (flipper) paus dan kepak kelawar
 - Aturan tulang, otot and saraf yang serupa
 - humerus, radius & ulna, karpal (kumpulan tulang di pergelangan tangan) jari (metakarpal dan falanks (phalanges)
 - anggota ini digunakan untuk jenis pergerakan yang berbeza



- spina (spine) dan sulur paut (tendrils)
- homolog
 - daun yang berubah suai



EVOLUSI TUMPU (CONVERGENT EVOLUTION)



aardvark



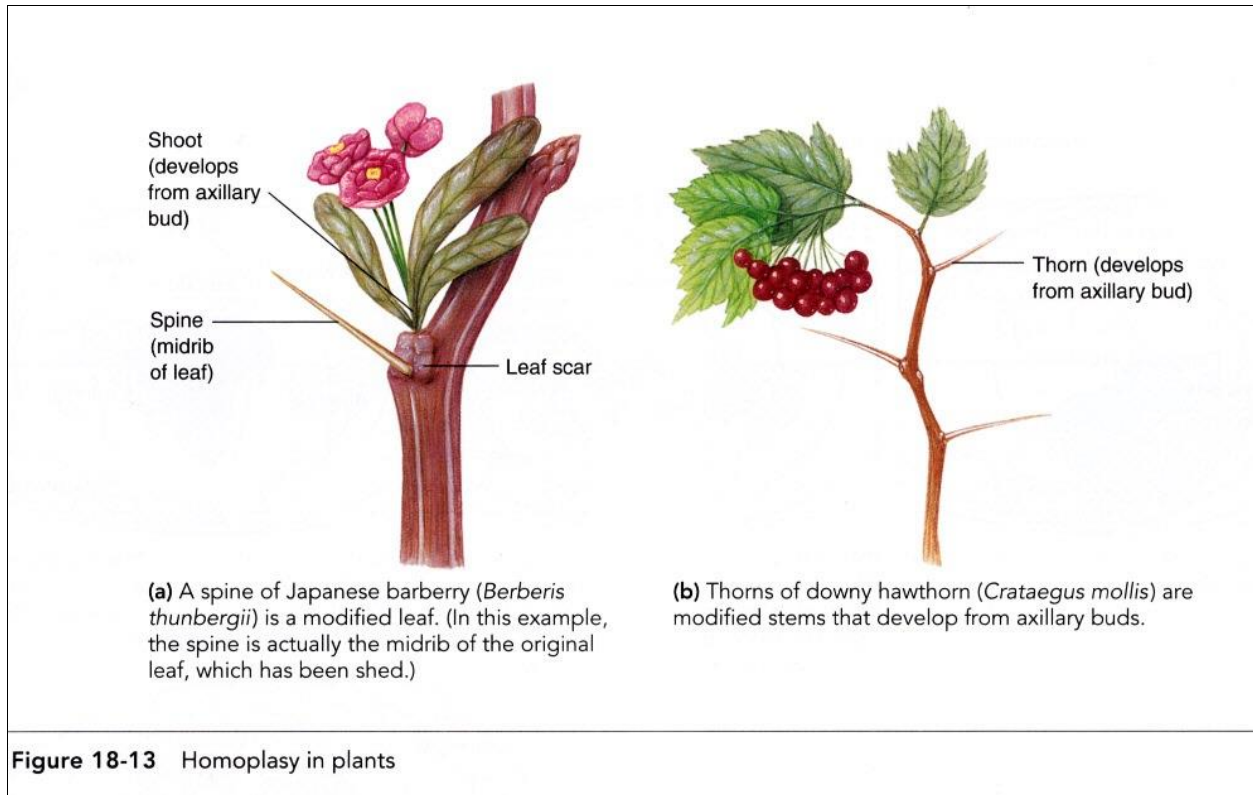
anteater



pangolin

- cakar (claw) yang kuat dan tajam
- muncung panjang
- lidah melekit
 - homoplastik
 - homoplasi

- Kepak burung & kepak serangga
- Spina & duri (thorn)
 - Homoplasi

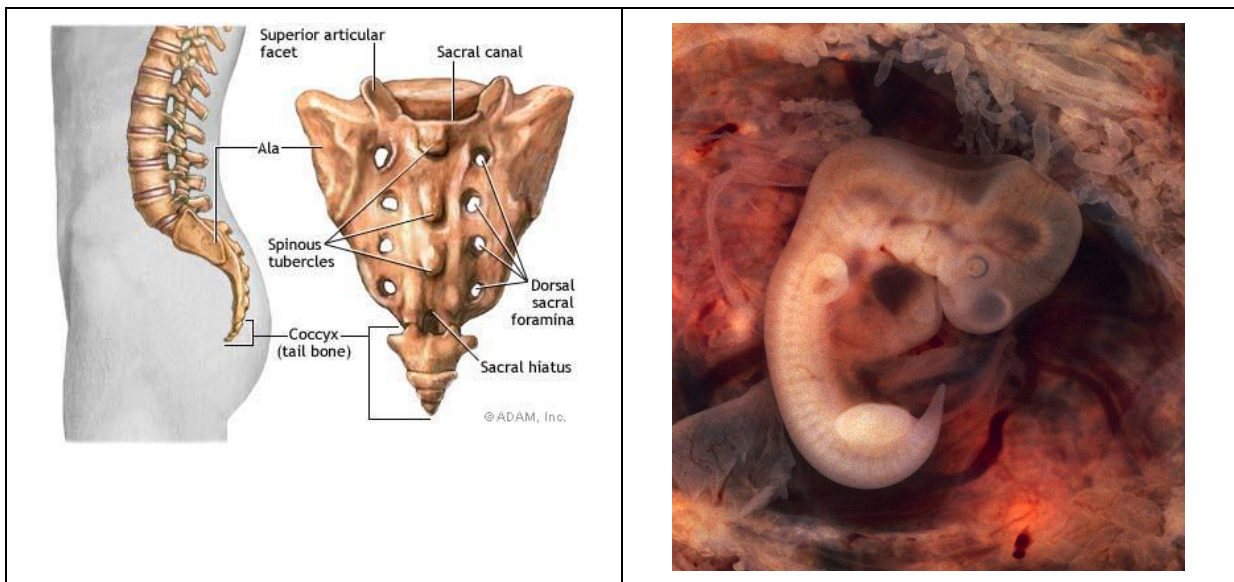


BUKTI 3 : STRUKTUR VESTIGIAL

- Organ yang tidak berfungsi
- Kecil dan tidak lengkap
- Dalam manusia - Lebih dari 100 struktur

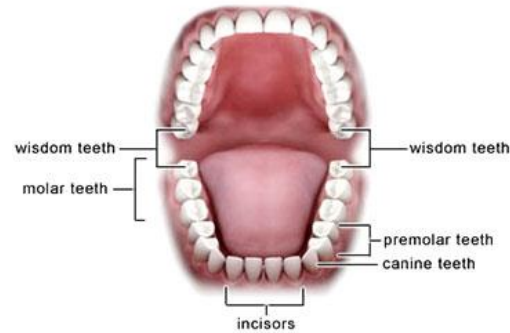
1. TULANG TONGKENG (COCCYX)

- Tailbone
 - Jelas pada embrio manusia pada umur 31-35 hari
- Fungsi pada moyang
 - Imbangan
 - Mobiliti
- 23 kes bayi dilahirkan dengan ekor semenjak 1884
 - 12 cm panjang



2. MOLAR KE 3 (WISDOM TEETH)

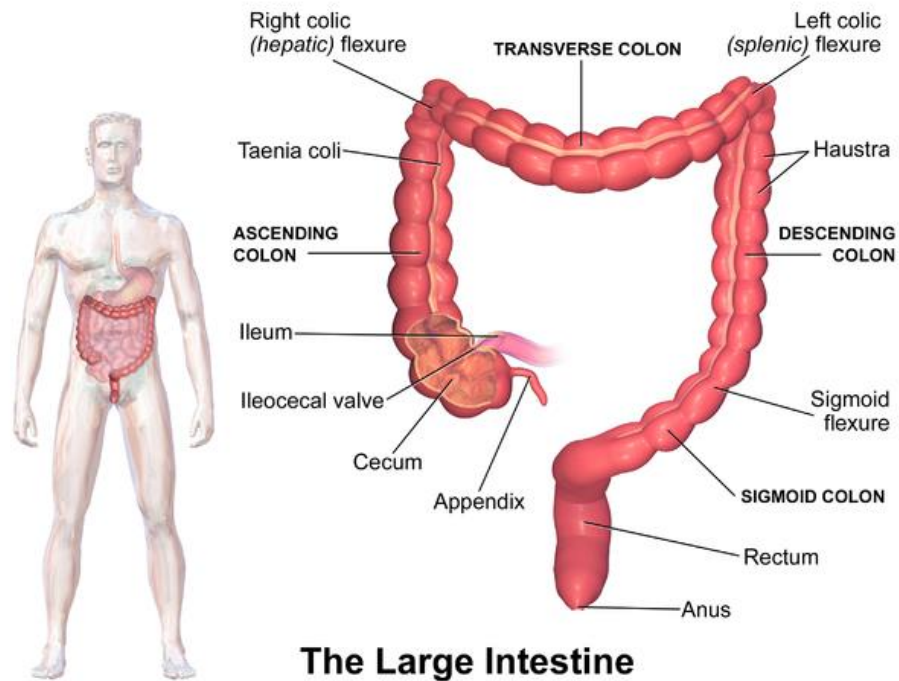
- Fungsi pada moyang
 - untuk menghancurkan tumbuhan
- Diet manusia berubah
 - Tengkorak menjadi kecil
 - Gigi semakin kurang
 - Molar ke 3 tak berfungsi
 - Tumbuh umur 20 tahun



● OTOT YANG GERAKKAN TELINGA

- Monyet boleh gerakkan telinga
 - Dapat mendengar bahaya
- Dalam manusia
 - Telinga tidak boleh digerakkan
 - Sebaliknya gerakkan kepala

- APENDIKS



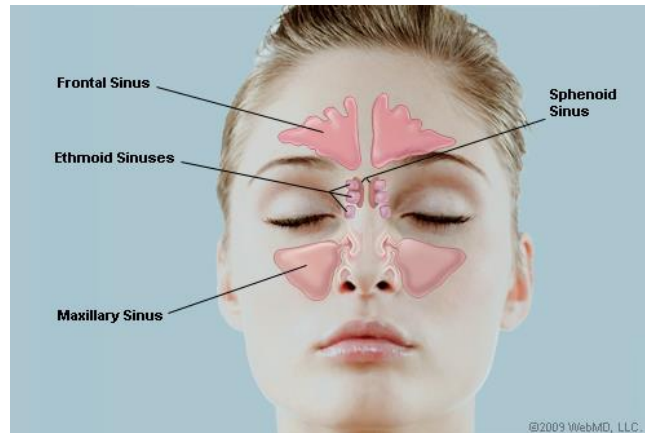
- Moyang – herbivor
 - Fungsi penghadaman
 - Hancurkan selulosa di usus
 - Peranan dalam pertahanan
 - Ada bakteri baik

5. SINUS

- Ruang udara di muka
- Mudah dapat jangkitan

Fungsi

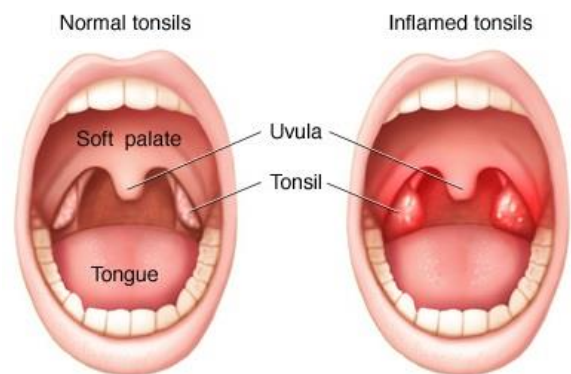
- Tidak jelas
- Lembapkan udara yg disedut
- perjelaskan suara



6. TONSIL

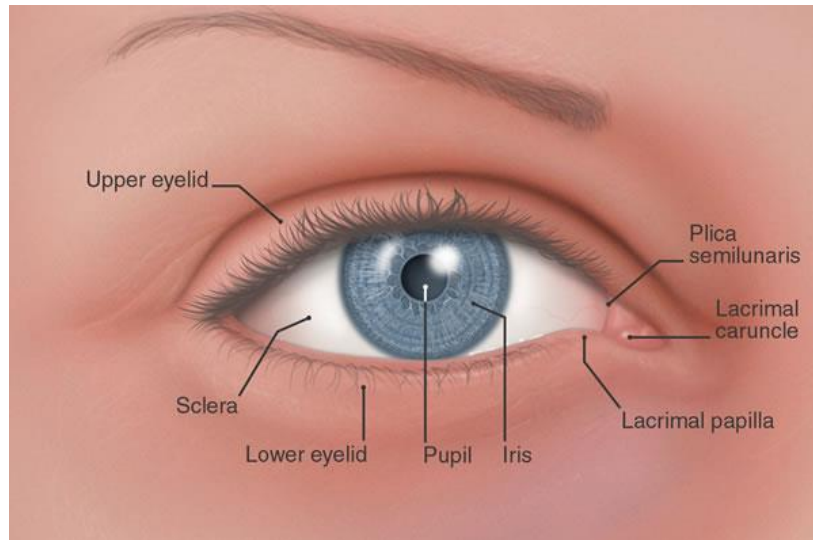
Dianggap sebagai pertahanan (tindak balas imun)

- Patogen yg ditelan atau disedut
- Tapi mudah dijangkiti



7. KELOPAK MATA KETIGA YANG LUTSINAR

- Plica semilunaris di sudut mata



- Tinggalan membran kelip (nictitating membrane)
 - Wujud di ikan, amfibia, reptilia, mamalia dan burung
 - Tidak pada kebanyakan primat
 - Lindung & lembap mata
 - Bergerak secara mendatar (horizontal)



KELAKUAN

1. MEREMANG (GOOSE BUMPS)

- **Arrector Pili**
 - **Gentian otot licin (smooth muscle fiber)**
 - **mengecut**
 - Sejuk atau tertekan (stress)
 - Dalam moyang
 - Fungsi
 - Menjadi besar dan menakutkan atau
 - Beri penebatan (insulation)



2. REFLEKS GENGAMAN TAPAK TANGAN PD BAYI (PALMAR GRASP REFLEX) UNTUK BAYI

- Sentuh jari atau objek,
 - akan cengkam
- Penting untuk moyang berbulu
 - Bayi berpaut pada bulu semasa bergerak



3. SEDU (HICCUP)

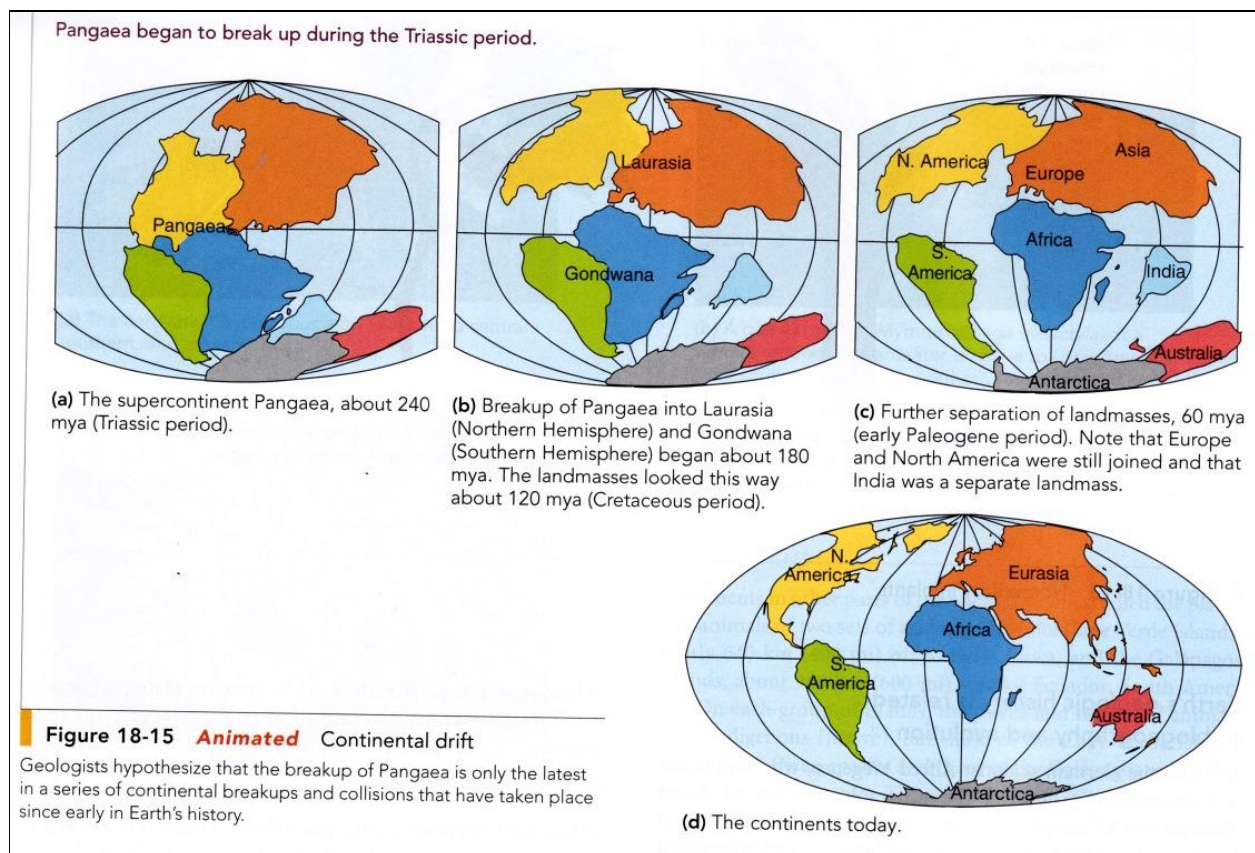
- tinggalan pernafasan amfibia
 - Berudu teguk air dan air melalui insang
- Paus & sawa
 - Tulang anggota belakang
 - Vestigial

- Burung tak terbang
 - Tulang kepak vestigial
- Haiwan tinggal dalam gua atau buat lubang (burrowing)
 - Buta
 - Tapi ada mata vestigial

BUKTI 4 : BIOGEOGRAFI (BIOGEOGRAPHY)

- Australia
 - Benua terasing
 - Organisma tersendiri (distinctive)
 - Mamalia bertelur (monotremes)
 - Mamalia berkantung (marsupial)
 - 200 juta tahun dahulu
 - Australia dan benua lain bercantum
 - Kemudian terasing

- Alfred Wegener, Ahli Sains German
- Cadangkan Pangaea pada tahun 1915
 - Superbenua
 - Pecah kepada beberapa benua
 - Hanyutan benua
 - Tidak tahu mekanisme penyebab
 -
- Kerak dunia terdiri dari 7 plat besar
 - Terapung atas mantel
 - Pergerakan plat kerak dikenali sebagai tektonik plat (plate tectonics)



- 2 plat bertemu, berlaku aktivitas geologi yang kuat
 - Gempa bumi dan gunung berapi
 - San Francisco, Mount Sains Helens
 - Pembentukan gunung
 - Gunung Himalaya
 - Plat India melanggar Plat Asia
- Bila berlaga
 - Satu plat tenggelam di bawah
 - Zon Benam (Subduction)
- Bila berpisah
 - Permatang lava (ridge of lava) terbentuk
 - Lautan Atlantik membesar
 - Terdapat zon lava yang membesar di Permatang Mid-Atlantik
- Bila Pangaea terbentuk masa lewat Permian
 - Semua spesies daratan ditemukan
 - Persaingan dan beberapa pemupusan
- Pangaea berpisah kepada beberapa benua
 - Populasi terasing secara geologi
 - mencapah (diverge)

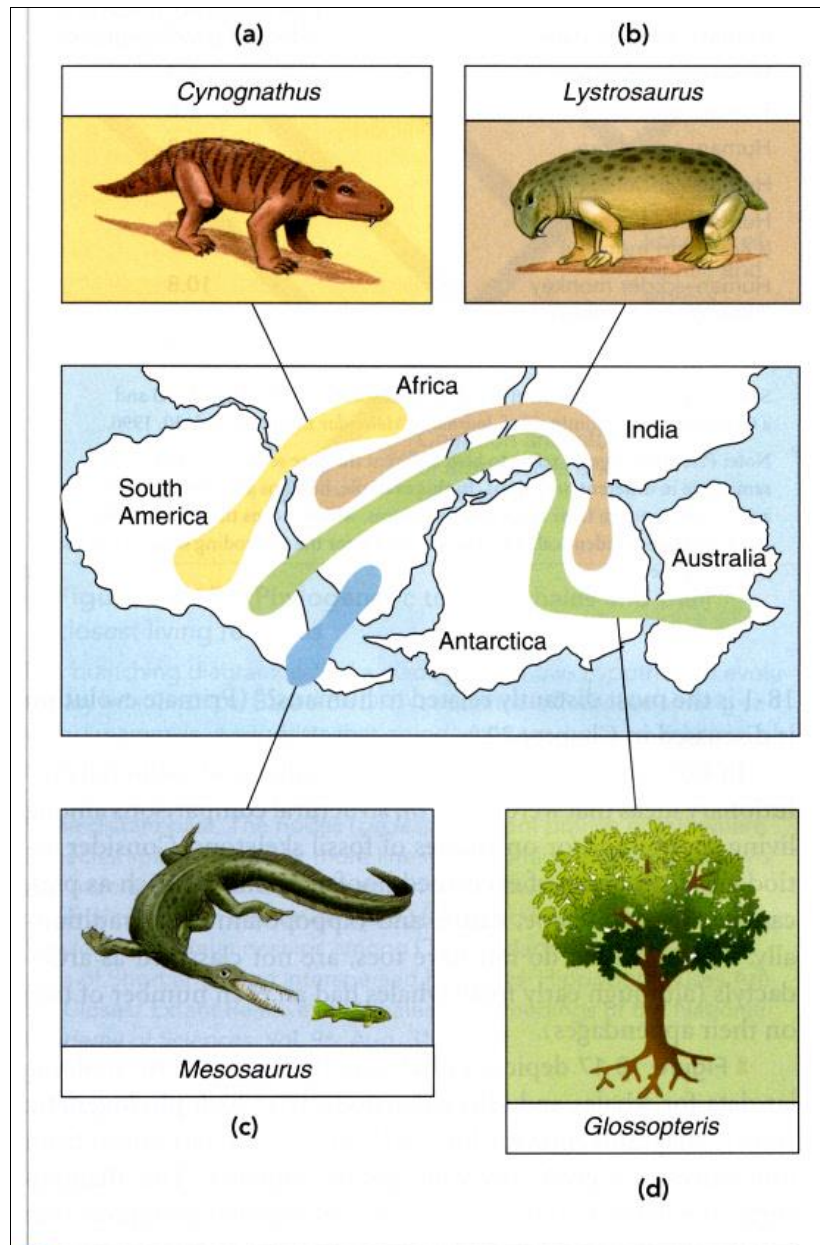


Figure 18-16 Distribution of fossils on continents that were joined during the Permian and Triassic periods (286 mya to 213 mya)

(a) *Cynognathus* was a carnivorous reptile found in Triassic rocks in South America and Africa. (b) *Lystrosaurus* was a large, herbivorous reptile with beaklike jaws that lived during the Triassic period. Fossils of *Lystrosaurus* have been found in Africa, India, and Antarctica. (c) *Mesosaurus* was a small freshwater reptile found in Permian rocks in South America and Africa. (d) *Glossopteris* was a seed-bearing tree dating from the Permian period. *Glossopteris* fossils have been found in South America, Africa, India, Antarctica, and Australia. (Adapted from E. H. Colbert, *Wandering Lands and Animals*, Hutchinson, London, 1973.)

BUKTI 5 : BIOLOGI PERKEMBANGAN (DEVELOPMENTAL BIOLOGY)

- Sawa ada tulang anggota belakang (limb) yang vestigial
- Ular, hilang langsung
 - Perubahan gen yang mengawal atur jujukan peristiwa secara teratur semasa perkembangan
 - Dalam sawa, kehilangan anggota depan dan pemanjangan badan dikaitkan dengan mutasi
 - Anggota depan tidak berkembang kerana tisu embrio sawa tidak bertindak balas pada isyarat internal yang mencetus pemanjangan kaki
- Perkembangan haiwan berbeza dikawal oleh jenis gen yang sama
- Menggambarkan sejarah evolusi yang dikongsi
- Vertebrat mempunyai corak perkembangan embrio yang serupa
- Berkongsi moyang sempunya
 - Semua embrio vertebrat mempunyai
 1. Otot bersegmen
 2. Kantung farinks (pharyngeal pouches)
 3. Jantung tiub (tubular heart)
 4. Sistem arteri yang dikenali sebagai lengkung aorta (aortic arches)

- Semua struktur ini perlu dan berfungsi dalam ikan yang membesar
- Tiada satu featur embrio ini berterusan pada reptilia, burung dan mamalia dewasa

6 : BIOLOGI MOLEKUL (MOLECULAR BIOLOGI)

- Persamaan dan perbezaan biokimia dan biologi molekul beri bukti hubungan evolusi
- Bukti molekul termasuk
 - Kod genetik universal
 - Jujukan amino asid dalam protein dan nukleotid dalam DNA
- Genetik kod universal
 - Semua organisma guna kod genetik yang serupa
 - Kod genetik menentukan triplet (jujukan 3 nukleotid dalam DNA)
 - Mengekod kodon tertentu (jujukan 3 nukleotid dalam mRNA)
 - Kodon kemudian kod amino asid tertentu
 - AAA di DNA
 - Mengekod UUU di mRNA
 - Mengekod asid amino fenilalanina (phenylalanine)
 - AAA mengekod fenilalanina
 - Untuk semua organisma
 - Bukti nyata organisma terhasil dari moyang sempunya

Jujukan DNA

- Lebih rapat, peratusan jujukan nukleotid tinggi
- Manusia lebih rapat dengan cimpanzi (peratusan perbezaan yang terendah)

TABLE 18-1

Differences in Nucleotide Sequences in DNA as Evidence of Phylogenetic Relationships

Primate Species Pairs	Percent Divergence in a Selected DNA Sequence
Human–chimpanzee	1.7
Human–gorilla	1.8
Human–orangutan	3.3
Human–gibbon	4.3
Human–rhesus monkey (Old World monkey)	7.0
Human–spider monkey (New World monkey)	10.8
Human–tarsier	24.6

Source: From M. Goodman et al., "Primate Evolution at the DNA Level and a Classification of Hominoids," *Journal of Molecular Evolution*, Vol. 30, 1990.

Note: *Percent divergence* refers to how different the base sequences are for the same gene in different organisms. In this example, humans and chimpanzees have a 1.7% difference in their DNA base sequences, which means that 98.3% of the DNA examined is identical. The data shown are for the noncoding sequence of the β -globin gene.

Percanggahan bukti molekul dengan data struktur

- artiodaktil (artiodactyl)
- mamalia berkuku berjari genap
- (even-toed hoofed mammal)
- babi, unta, rusa, antelop, lembu, badak air (hippopotamus)
- secara tradisi, paus yang tiada jari, tidak dikelaskan sebagai artiodaktil
- Perbezaan jujukan nukleotid DNA
- Paus lebih rapat dengan badak air

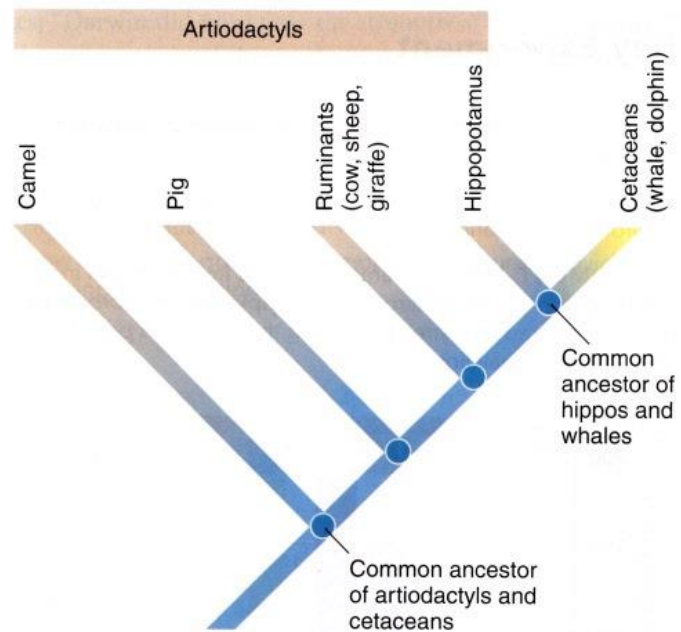


Figure 18-17 Phylogenetic tree of whales and their closest living relatives

This branching diagram, called a *cladogram*, shows hypothetical evolutionary relationships. Based on DNA sequence differences among selected mammals, it suggests that artiodactyls are the close relatives of whales, that the hippopotamus is the closest living artiodactyl relative of whales, and that artiodactyls and whales share a common ancestor in the distant past. The nodes (*circles*) represent branch points where a species splits into two or more lineages. (Ruminants are artiodactyls that have a multichambered stomach and chew regurgitated plant material to make it more digestible.) (Adapted from M. Nikaido et al., "Phylogenetic Relationships among Cetartiodactyls Based on Insertions of Short and Long Interspersed Elements: Hippopotamuses Are the Closest Extant Relatives of Whales," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 96, Aug. 31, 1999.)