

Dasar Klasifikasi Hewan Avertebrata

Drs. Sundowo Harminto, M.Sc.

Drs. Wisnu Wardhana, M.Si.



PENDAHULUAN

Modul 1 dari buku Taksonomi Avertebrata (2 SKS) berjudul “Dasar Klasifikasi Hewan Avertebrata”. Modul ini terdiri atas 3 kegiatan belajar sebagai berikut.

Kegiatan Belajar 1: Konsep Dasar Taksonomi dan Klasifikasi Hewan.

Kegiatan Belajar 2: Reproduksi dan Perkembangan Hewan Avertebrata.

Kegiatan Belajar 3: Protozoa dan Metazoa Sederhana (Porifera, Placozoa).

Kegiatan Belajar 1 menjelaskan tentang pengertian dan konsep dasar dari taksonomi dan klasifikasi hewan, Kegiatan Belajar 2 membahas tentang reproduksi dan perkembangan hewan avertebrata, dan Kegiatan Belajar 3 akan memberikan kepada Anda tentang berbagai hal dari biologi Protozoa dan Metazoa sederhana, seperti Porifera dan Placozoa.

Setelah mempelajari Modul 1, Anda diharapkan secara umum dapat menjelaskan konsep-konsep dasar taksonomi dan klasifikasi hewan Avertebrata, cara reproduksi dan perkembangan hewan Avertebrata, dan beberapa segi biologi dari Protozoa, Porifera, dan Placozoa. Secara khusus, Anda diharapkan mampu

1. menjelaskan tentang konsep dasar taksonomi dan klasifikasi hewan;
2. menjelaskan tentang reproduksi dan perkembangan hewan Avertebrata;
3. menjelaskan beberapa segi biologi dari Protozoa, Porifera, dan Placozoa;
4. membandingkan Protozoa dengan Porifera, Protozoa dengan Placozoa, dan Porifera dengan Placozoa.

Beberapa manfaat yang Anda peroleh setelah mempelajari materi kuliah Taksonomi Avertebrata adalah

1. anda dapat mengidentifikasi berbagai macam hewan avertebrata;
2. anda dapat mengklasifikasi hewan avertebrata sesuai dengan tingkat taksonnya.

Pernahkah Anda mendengar atau membaca istilah identifikasi, taksonomi, takson, klasifikasi, dan sistematika? Istilah klasifikasi mungkin pernah terdengar di telinga, tetapi sejauh mana Anda memahaminya? Juga, adakah persamaan dan perbedaan antara pola reproduksi dan perkembangan hewan-hewan avertebrata dan hewan-hewan vertebrata? Mengapa organisme yang disebut dengan Protozoa dipisahkan dari hewan-hewan Metazoa dalam klasifikasi hewan? Mudah-mudahan, setelah mempelajari Modul 1 dan ketiga kegiatan belajarnya, Anda menjadi paham tentang cara identifikasi hewan, seluk beluk pengelompokannya, serta pola reproduksi dan perkembangan hewan avertebrata sejak pembuahan sampai stadium dewasanya.

KEGIATAN BELAJAR 1

Konsep Dasar Taksonomi dan Klasifikasi Hewan

PENGERTIAN TAKSONOMI DAN KLASIFIKASI

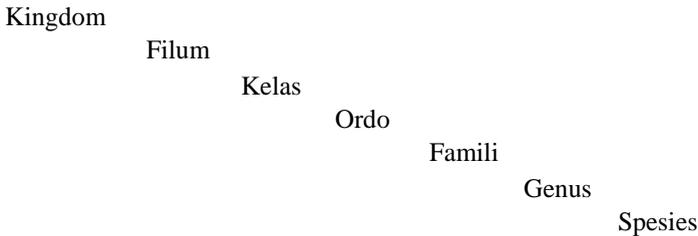
Dalam usaha pengelompokan organisme (mikroorganisme, tumbuhan, dan hewan), kita akan sering bertemu dengan istilah-istilah taksonomi, identifikasi, klasifikasi, bahkan juga sistematika. **Taksonomi** berasal dari bahasa Yunani, *taxis* berarti menyusun atau susunan dan *nomos* berarti peraturan atau tata cara. Makna taksonomi adalah peraturan untuk menyusun atau tata cara menyusun. Jadi, **taksonomi hewan** adalah suatu studi teoretis tentang pengklasifikasian atau penggolongan hewan setelah diidentifikasi, termasuk dasar-dasar, prinsip-prinsip, prosedur, dan aturan-aturannya, termasuk tata cara pemberian nama ilmiah. **Identifikasi hewan** berarti pengenalan terhadap hewan berdasarkan ciri atau karakter morfologinya.

Klasifikasi hewan berarti penggolongan hewan ke dalam kelompok-kelompok atau kumpulan-kumpulan tertentu berdasarkan hubungan kekerabatannya yaitu yang berkaitan dengan kontak (*contiguity*), kemiripan, atau keduanya. Berdasarkan uraian tersebut terlihat bahwa subjek dari klasifikasi adalah hewan, sedangkan subjek dari taksonomi adalah klasifikasi. Istilah lain yang mempunyai kemiripan dengan klasifikasi adalah **sistematika hewan**, yaitu studi ilmiah tentang jenis-jenis (spesies) dan keberagaman/keragaman/keanekaragaman hewan dan hubungan kekerabatan di antara hewan-hewan tersebut.

1. Klasifikasi Berdasarkan Hubungan Evolusi

Mungkin skema klasifikasi yang paling umum ditemukan adalah kerangka taksonomi yang dipergunakan oleh Carolus Linnaeus sejak tahun 1758. Kerangka tersebut bersifat hirarki (biasa disebut *Linnaean Hierarchy*), artinya setiap takson mempunyai susunan atau tersusun dari kelompok-kelompok takson yang lebih rendah. **Takson** adalah sebuah nama ilmiah dari kelompok atau spesies yang akan menghuni salah satu tingkatan dalam hirarki klasifikasi. Jadi, satu tingkatan (kategori) dalam hirarki ini berisi kelompok-kelompok yang lebih rendah tingkatannya, dan kelompok yang

lebih rendah tingkatannya ini berisi kelompok-kelompok yang lebih rendah lagi tingkatannya, demikian seterusnya sampai ke tingkat yang paling rendah, ialah spesies. Tingkat yang paling tinggi disebut *kingdom* (**kingdom**/kerajaan/dunia, dalam bahasa Indonesia), kemudian *phylum* (**filum**), dan selanjutnya *class* (**kelas**), *order* (**ordo**/bangsa), *family* (**famili**/suku), *genus* (**genus**/marga), dan *species* (**spesies**/jenis). Di antara kategori dalam hirarki ini dapat pula disisipkan subkelompok, misalnya pada filum Arthropoda, terdapat subkelas (*subclasses*) dalam kelas, subordo (*suborders*) dalam ordo, infraordo (*infraorders*) dalam subordo, dan famili-famili dalam superfamili (*superfamilies*), dan seterusnya. Urutan tingkatan takson tersebut sebagai berikut.



Kelompok hewan dalam satu filum memiliki tingkat kesamaan yang tinggi dalam hal morfologi, biokimiawi, genetik, perkembangan, dan kadang-kadang kesamaan perilaku. Selain itu, juga memiliki hubungan kekerabatan yang lebih erat jika dibandingkan dengan anggota hewan dari filum lain. Diperkirakan, bahwa semua hewan dalam suatu filum berasal atau berevolusi dari satu leluhur (nenek moyang). Implikasi evolusi tersebut tentunya juga berlaku untuk setiap tingkatan (kategori) taksonomi.

Tingkat taksonomi yang disebut spesies memiliki tambahan arti secara biologis. **Spesies** adalah unit yang paling dasar dalam biologi, yang didefinisikan sebagai satu kelompok individu yang sangat serupa dan mampu melakukan perkawinan di antara individu-individu tersebut (*inbreeding*) serta menghasilkan keturunan yang fertil. Secara teoritis, anggota satu spesies pasti terisolasi secara reproduktif dari anggota spesies lain atau dengan kata lain setiap spesies memiliki sebuah kelompok materi genetik (*a pool of genetic material/gene pool/genetic pool*) yang tidak dapat diakses oleh anggota dari spesies yang lain.

Sistem yang digunakan untuk menamakan hewan atau organisme lainnya disebut **sistem binomium** (*binomial system*) yang diperkenalkan dan dicanangkan oleh Linnaeus pada tahun 1758 dalam publikasinya yang berjudul *Systema Naturae*. Sistem binomium adalah tata cara penamaan ilmiah (*nomenklatur/nomenclature*) untuk sebuah spesies dari makhluk hidup/organisme. Nama ilmiah sebuah spesies (*species name*) terdiri dari dua kata, yaitu **nama generik** (*generic name*) dan **nama spesifik** (*specific name*). Baik nama generik (= nama genus) maupun nama spesifik (= nama penunjuk spesies) biasanya ditulis miring (*italicized in print*) atau digarisbawahi (*underlined in writing*). Nama genus dimulai dengan huruf kapital/huruf besar dan ditulis dalam bahasa Latin, juga demikian dengan nama spesifik ditulis dalam bahasa Latin tetapi tidak dimulai dengan huruf kapital, tetap dengan huruf kecil. Contoh nama ilmiah untuk salah satu siput air yang sering ditemukan di sawah adalah *Melanoides granifera*. Spesies yang masih berkerabat dengan *Melanoides granifera* adalah *Melanoides punctata* dan *Melanoides tuberculata*. Apabila nama genus telah dituliskan maka nama tersebut dapat disingkat untuk penulisan berikutnya. Misalnya, *Melanoides granifera*, *M. punctata*, dan *M. tuberculata* adalah gastropoda perairan tawar yang ditemukan di sawah. Ketiga siput tersebut termasuk dalam filum Mollusca, kelas Gastropoda, dan famili Thiaridae. Famili Thiaridae memiliki genus-genus (*genera*) lain selain *Melanoides*, misalnya *Brotia*; kelas Gastropoda memiliki famili lain selain Thiaridae, misalnya Ampullariidae, dan filum Mollusca memiliki kelas lain selain Gastropoda, misalnya Pelecypoda. Jadi, sistem taksonomi memang tersusun secara hierarki.

Nama ilmiah suatu organisme biasanya disertai dengan nama orang yang pertama kali mendeskripsikannya (= **nama author**). Dalam penulisannya, nama author diawali dengan huruf besar, tetapi *tidak* dicetak miring dan mungkin pula mengandung tanda kurung. Kadangkala nama author juga dilengkapi dengan tahun yang menunjukkan kapan pertama kali ia mendeskripsikan organisme tersebut. Genggeng atau *Nautilus* berongga merupakan Cephalopoda bercangkang luar yang cangkangnya sering ditemukan terdampar di pantai dan diberi nama *Nautilus pompilius* **Linnaeus, 1758**. Ini berarti *Nautilus* dideskripsikan pertama kali oleh Linnaeus pada tahun 1758 dan tidak berubah nama genusnya sejak diberi nama *Nautilus*. Sering dalam penulisannya nama author disingkat, misalnya Linnaeus disingkat menjadi L sehingga penulisannya menjadi *Nautilus pompilius* L. Apabila suatu organisme dideskripsikan pertama kali berada

pada genus yang berbeda dengan genus saat ini (= nama genus terbaru, hasil revisi), nama author ditulis dalam tanda kurung. Misalnya, siput *Nassa obsoleta* Say. Siput ini dideskripsikan pertama kali oleh seorang peneliti bernama Say. Hasil penelitian ulang (revisi) oleh peneliti yang berikutnya terhadap siput ini, ternyata ciri/karakter siput ini cukup jauh berbeda dengan anggota spesies lain dari genus *Nassa* tersebut, sehingga siput ini dipindahkan genusnya ke dalam genus lain yang dianggap lebih sesuai (genus *Ilyanassa*), sehingga penulisan nama ilmiah (spesies) siput ini menjadi *Ilyanassa obsoleta* (Say). Di sini kita mendapatkan bahwa siput yang sama mendapat dua buah nama yang berbeda. Nama yang sah (*valid name*) untuk spesies siput ini adalah nama yang terakhir, sehingga nama pertama (*Nassa obsoleta*) menjadi **sinonim** nama terakhir (*Ilyanassa obsoleta*). **Sinonimi** juga dapat terjadi jika peneliti yang berbeda domisili (wilayah geografisnya) melakukan pemberian nama berbeda untuk organisme yang sama ciri/karakter morfologinya. Sekarang ini sinonim sudah jarang terjadi karena komunikasi antarpeneliti menjadi lebih baik dengan tersedianya sarana komunikasi dan informasi yang modern.

Terkadang ada nama ilmiah yang sama dipakai oleh dua organisme yang berbeda karakternya. Ini yang disebut dengan **homonimi**. Jika hal ini terjadi, maka organisme yang pertama kali diberi nama akan memperoleh nama ilmiah tersebut sebagai nama yang sah, sedangkan organisme yang kemudian harus mengganti nama ilmiahnya (dan menetapkan nama ilmiah yang baru). Jadi, dalam pemberian nama ilmiah, berlaku **hukum prioritas** (*rule of priority, law of priority*) yang menyatakan bahwa tahun pengajuan nama ilmiah sebuah spesies/takson yang lebih awal, mendapat prioritas (memiliki hak lebih dahulu). Hukum prioritas ini berlaku baik pada nama-nama ilmiah yang bersinonim maupun yang berhomonim.

Idealnya, sebuah klasifikasi dalam taksonomi hewan harus mencerminkan kekerabatan secara filogenik, artinya kekerabatan sejarah evolusi dari kelompok-kelompok hewan yang berbeda. Semua anggota dari suatu kelompok taksonomi haruslah diduga berasal dari satu leluhur/nenek moyang/ satu rumpun; jadi pengelompokannya disebut **monofiletik**. Jika tidak, atau diduga lebih dari satu leluhur maka pengelompokannya adalah **parafiletik/ polifiletik**. Para ilmuwan biasanya menduga dengan memperkirakan data asal-usul dari kelompok hewan berdasarkan studi pola perkembangan, morfologi, dan karakteristik biokimiawi, maupun dari penelitian catatan fosil. Analisis perbandingan molekuler dari struktur

protein, seperti DNA dan RNA antarspesies dapat juga mengubah sudut pandang dalam klasifikasi. Akan tetapi, sejarah evolusi dari kelompok hewan yang berbeda tidak dapat diketahui secara pasti; mereka-reka atau menduga kemungkinan hubungan kekerabatan bukanlah hal yang mudah. Tidak ada prosedur baku untuk menentukan hubungan evolusi. Banyak ketidaksetujuan pada hal tersebut, ini tercermin dalam literatur yang diterbitkan pada 20-30 tahun belakangan ini. Pada dasarnya, masalah yang banyak diperdebatkan sekarang adalah menyangkut pentingnya kesamaan fenotipik antartakson, perbedaan fenotipik antartakson dan tingkat kemampuan seseorang untuk mengakui (suatu fakta) bahwa fenotip dapat menjadi suatu indikator yang salah arah untuk menjelaskan kesamaan dan perbedaan genetik.

Melalui proses konvergensi, hewan-hewan yang berkerabat jauh dapat menyerupai satu sama lain secara nyata. Sebagai contoh mata gurita (Cephalopoda, Mollusca) sangat mirip dengan mata manusia sehingga organ visual ini dipercaya bersifat analog dan homolog, tetapi sungguh tidak menunjukkan hubungan kedekatan evolusi antara vertebrata dan moluska tersebut.

Klasifikasi yang mencerminkan dugaan hubungan evolusi tidaklah statis, pemberian nama suatu spesies hewan atau kelompok hewan pada posisi tertentu dalam hierarki taksonomi bukanlah proses mutlak. Studi perkembangan awal suatu hewan misalnya, dapat menunjukkan informasi tentang pembentukan rongga tubuh hewan tersebut. Informasi tersebut dapat menghubungkan hewan tersebut dengan kelompok hewan lain yang sebelumnya telah dikategorikan. Studi molekuler dengan membandingkan gen-gen tertentu dapat memperbaiki pemahaman tentang kekerabatan antarhewan avertebrata. Hubungan filogenetik telah diperdebatkan lebih dari 100 tahun terakhir, perdebatan tersebut mungkin akan berlanjut panjang ke masa depan.

Klasifikasi juga dapat berubah ketika para biologiwani menemukan organisme yang memiliki karakter yang tidak dimiliki oleh kelompok yang ada dan sudah dikenali. Contohnya dua kelas hewan dari filum Arthropoda (Remipedia, Tantulocarida), satu kelas hewan dari filum Echinodermata (Concentricycloidea) dan dua buah filum hewan laut yang disebut “loriciferans” dan “cycliophorans” telah ditemukan dalam 25 tahun terakhir. “Cycliophorans” bahkan baru dideskripsikan untuk pertama kalinya pada tahun 1995.

Pada sekitar 250 juta tahun yang lalu (zaman Perm sampai Trias), hampir 95% spesies hewan hilang. Tetapi 250 juta tahun kemudian banyak spesies baru bermunculan (diduga berevolusi). Tidak seorang pun mengetahui secara tepat berapa jumlah spesies organisme di dunia. Sejauh ini diperkirakan jumlahnya berkisar antara 10 juta sampai 50 juta spesies. Manusia semakin yakin bahwa asal-usul semua makhluk berasal dari penciptaan yang maha kuasa. Konsep evolusi adalah buah pemikiran manusia yang diberi kemampuan berpikir kritis oleh yang maha kuasa Allah. Dari sekian banyak spesies tersebut, para ilmuwan baru dapat mengenali dan mengklasifikasi sekitar 1,5 juta spesies. Dari hasil itu, sekitar 40.000 spesies terancam punah dan 150 spesies lainnya sudah punah! Sampai saat ini, hewan-hewan avertebrata telah dikelompokkan ke dalam 30-an filum.

Beberapa macam studi tentang pengklasifikasian/taksonomi telah diperkenalkan oleh para ilmuwan, di antaranya ialah

- a. **Taksonomi Numerik** (*Numerical Taxonomy*) atau **Fenetik** (*Phenetics*)
Dalam pelaksanaannya, di sini para ahli fenetik mengumpulkan dan mengukur sebanyak mungkin karakter dari tiap kelompok hewan misalnya jumlah embelan (*appendages*), jumlah mata, warna, dan bagaimana tipe pembelahan (*cleavage*) telurnya, apakah pembuahan telur dilakukan secara eksternal atau internal, dan sebagainya, kemudian dengan menggunakan algoritma (aplikasi komputer) ditentukan kelompok mana yang serupa dan kelompok mana yang sangat berbeda. Pendekatan dengan fenetik ini kelihatannya tidak begitu kuat sehingga banyak pakar taksonomi yang lebih menyukai sistem klasifikasi yang mencerminkan hubungan evolusioner antarkelompok hewan tersebut.
- b. **Taksonomi Klasik** (*Classical Taxonomy*) atau **Sistematika Evolusioner** (*Evolutionary Systematics*)
Para ahli taksonomi klasik di sini menganalisis isu-isu homologi dan menetapkan karakter mana yang tepat sebagai informasi filogenetik. Sebagai contoh yang dapat menjelaskannya adalah hewan-hewan vertebrata, misalnya burung. Burung dianggap berasal atau berevolusi dari leluhur reptil, tetapi kemudian jauh menyimpang sehingga statusnya dapat menjadi kelas tersendiri (Kelas Aves). Sebaliknya, kelas Reptilia dianggap parafiletik karena ia mengeluarkan keturunan dari leluhur reptil yang asli, ialah burung dan mamalia. Sampai saat ini belum ada publikasi tentang hewan-hewan Avertebrata yang dapat menjadi contoh untuk menjelaskan adanya dugaan evolusi seperti hal-hal tersebut di atas.

c. **Sistematika Filogenetik** (*Phylogenetic Systematics*) atau **Kladistik** (*Cladistics*)

Para ahli kladistik memfokuskan diri pada karakter-karakter yang homolog dan berpendapat bahwa filogeni dibentuk dan dinilai dengan menggunakan program-program komputer, seperti halnya fenetik. Karakter-karakter morfologi seperti sistem peredaran air (*water vascular system*) yang diturunkan dari rongga mesoselom (*mesocoelom/mesocoel*) dianggap menjadi ciri khas kelompok Echinodermata.

2. **Klasifikasi Berdasarkan Habitat dan Cara Makan**

Hewan dapat dikategorikan/dikelompokkan berdasarkan habitat atau dapat pula berdasarkan cara makannya. Kategori ini mencerminkan derajat kesamaan ekologi dan bukan hubungan evolusi. Contohnya, ada kelompok **hewan terestrial** ditujukan untuk kelompok hewan yang hidup (berhabitat) di daratan. Sebaliknya, kelompok **hewan akuatik** adalah kelompok hewan yang hidup di perairan, baik di perairan tawar maupun di perairan asin/laut. Hewan laut dapat menghuni wilayah perairan pesisir, disebut **hewan intertidal** (hidup pada daerah pasang-surut dan terpapar dengan udara secara teratur); **hewan subtidal** (hidup di bawah garis surut normal sehingga tidak terkena udara, kecuali pada kondisi ekstrem); **hewan supratidal** (hidup di atas garis pasang normal sehingga jarang terkena air) atau **hewan pelagis** (hidup di perairan laut lepas). Sebagai tambahan, hewan juga dapat dikelompokkan menurut kemampuan atau ketidakkemampuannya dalam bergerak yaitu **hewan hidup bebas** (*free-living/motile/mobile*) yang mampu dan bebas bergerak, **hewan sesil** (*sessile/immobile/stationary*) yang tidak dapat bergerak bebas karena menempel pada suatu substrat, atau **hewan sedentari** (*sedentary*) yang memiliki kemampuan bergerak yang terbatas. Beberapa organisme perairan memiliki kemampuan gerak yang tidak berarti jika dibandingkan dengan pergerakan medium tempat hidupnya. Kelompok hewan seperti ini disebut **hewan planktonik** (*plankton* dalam bahasa Yunani berarti terpaksa terapung atau berkelana). Sebaliknya, **hewan nekton** tak bergantung kepada pergerakan medium tempat hidupnya sehingga mampu berenang bebas bahkan mampu melawan arus air. Dapatkah Anda memberikan contoh-contoh hewan avertebrata berdasarkan habitat (medium tempat hidup) dan kemampuan Bergeraknya tersebut ?

Hewan juga sering dikategorikan menurut cara memperoleh mangsa/sumber makanannya. Misalnya, sebagian spesies hewan ada yang bersifat

herbivora (pemakan tumbuhan), lainnya **karnivora** (pemakan daging) atau bahkan ada yang **omnivora** (pemakan segala). Sebagian spesies hewan malah ada yang menghisap partikel makanan berukuran kecil dari medium di sekitarnya; disebut **pemakan suspensi** (*suspension feeders*) atau spesies lainnya memakan sedimen dan mencerna komponen organik yang terkandung di dalamnya; spesies hewan ini disebut **pemakan deposit/sedimen** (*deposit feeders*). Selain itu, ada juga kelompok hewan **pemakan bangkai** (*scavengers*), yang memakan bangkai organisme (tumbuhan dan hewan) yang tidak mereka bunuh sendiri, tetapi bangkai tersebut sudah tersedia di alam. Contoh: kepiting hantu (*ghost crab*).

Anggota suatu spesies kadang hidup dalam hubungan yang sangat dekat dengan spesies lain sehingga membentuk asosiasi tertentu. Asosiasi simbiotik atau **simbiosis**, biasanya berhubungan dengan biologi makan dari satu atau kedua pihak (symbion) dalam membentuk hubungannya. Berdasarkan keberadaan simbiannya, asosiasi simbiotik dapat dibedakan menjadi **ektosimbion**, hidup dekat atau pada badan partisipan (pihak) lain dan **endosimbion**, hidup dalam jeroan tubuh partisipan lain. Ketika kedua partisipan masing-masing merasa diuntungkan, hubungan keduanya disebut **mutualisme**. Apabila keuntungan hanya terjadi pada satu partisipan dan partisipan lain tidak merasa dirugikan maka hubungan mereka adalah **komensalisme**, dan pihak yang diuntungkan disebut **komensal**. Juga, sebagian hewan ada yang bersifat parasitik, artinya hewan yang sepenuhnya bergantung pada inang/hospes untuk kelangsungan hidupnya. Hubungan ini disebut **parasitisme**. Hewan seperti ini umumnya hidup dalam darah atau jaringan tubuh inangnya. Parasit dapat memengaruhi aktivitas inang karena metabolisme parasit sepenuhnya tergantung dari inang, dan hubungan seperti itu disebut **obligat** bagi si parasit. Di sini, si inang berperan sebagai pihak yang dirugikan! Terakhir, adalah **predasi** (*predation*) yang berupa hubungan pemakanan antara hewan pemangsa (*predator*) dan mangsa (*prey*)nya.

Batasan antara mutualisme, komensalisme, parasitisme, dan predasi tidaklah selalu jelas. Contohnya, ada hewan parasit yang membunuh inang yang berperan sebagai predator. Misalnya, kutu ektoparasit atau cacing endoparasit pada singa. Parasit, bahkan ada yang memproduksi metabolit sekunder yang menguntungkan inang sehingga menjadi bersifat mutualisme. Jadi bentuk transisi dalam proses dugaan kemungkinan adanya evolusi dari satu bentuk asosiasi menjadi asosiasi lain sering ditemukan. Transisi tersebut, sekali lagi

membuat pengelompokan hewan ke dalam skema buatan manusia ini menjadi sulit.

3. Kriteria Klasifikasi

Banyak cara untuk mengelompokkan hewan-hewan yang ada di muka bumi. Ada yang mendasarkannya kepada persamaan dan perbedaan karakter morfologi, karakter fisiologi, ciri biokimiawi, kondisi ekologi, dan bahkan letak geografi. Di buku modul ini, pengelompokan hewan, khususnya hewan avertebrata, didasarkan kepada ciri morfologinya. Untuk hal tersebut, perlulah disepakati kriteria-kriteria klasifikasi apa saja yang diusulkan. Ada sekitar 8 kriteria klasifikasi/karakter utama yang selalu menjadi acuan, ialah (1) **jumlah sel penyusun tubuh**, (2) **simetri tubuh** (*symmetry*), (3) **jumlah lapisan lembaga tubuh** (*germ layers*), (4) **kesempurnaan saluran pencernaan**, (5) **rongga tubuh** (*coelom*), (6) **metamerisme/segmentasi**, (7) **rangka** (*skeleton*), dan (8) **embelan** (*appendages*). Karakter-karakter tersebut dapat digunakan sendiri-sendiri atau bersama-sama dalam memilah-milah hewan-hewan yang ada menjadi kelompok-kelompok atau takson tertentu dalam klasifikasi hewan.

Berdasarkan **jumlah sel penyusun tubuh**, hewan dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Semua hewan yang tubuhnya hanya terdiri atas satu sel dikelompokkan ke dalam **Protozoa**. Mereka biasa disebut hewan uniseluler (*unicellular*) atau aseluler (*acelular*). Sedangkan hewan yang memiliki tubuh yang tersusun oleh banyak sel (*multiseluler/multicellular*) dikelompokkan ke dalam Mesozoa, Parazoa, atau Metazoa. Mesozoa dan Parazoa walaupun tubuhnya tersusun dari banyak sel tapi sel-sel tubuhnya belum terdiferensiasi menjadi jaringan, sedangkan pada **Metazoa** sudah terdiferensiasi menjadi jaringan.

Simetri tubuh (*symmetry*) atau bayangan cermin juga merupakan salah satu kriteria yang digunakan dalam pengelompokan hewan. Hewan-hewan yang tidak memiliki simetri tubuh (disebut: asimetri/*asymmetry*) dikelompokkan ke dalam *grade* **Asimetri**. Contoh: *Amoeba* sp. Kelompok hewan yang tubuhnya tidak asimetri (berarti: ia memiliki simetri) dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, ialah *grade* **Radiata** (kelompok hewan yang tubuhnya bersimetri radial/*radial symmetry*) dan *grade* **Bilateria** (kelompok hewan yang tubuhnya bersimetri bilateral/*bilateral symmetry*). Jika tubuh hewan tersebut dapat dibelah oleh bidang-bidang datar ‘imajiner’ melalui jari-jari lingkaran tubuhnya dan menyebabkan belahan tubuh yang

satu merupakan bayangan cermin dari belahan tubuh yang lainnya maka hewan ini disebut memiliki simetri tubuh yang radial, dan ia dikelompokkan ke dalam *grade* Radiata. Contoh: Cnidaria, Ctenophora. Sedangkan kelompok hewan yang tubuhnya dapat dibagi menjadi dua yang sama besar (dengan belahan tubuh yang satu merupakan bayangan cermin belahan tubuh yang lainnya) oleh sebuah (dan hanya sebuah!) bidang datar ‘imajiner’ melalui sumbu/poros tubuhnya maka ia memiliki simetri tubuh yang bilateral dan dikelompokkan ke dalam *grade* Bilateria. Hewan-hewan yang tubuhnya bersimetri bilateral, misalnya cacing pipih Platyhelminthes, umumnya adalah hewan-hewan yang tingkatannya (kedudukannya dalam taksonomi hewan) lebih ‘tinggi’ daripada Radiata dalam klasifikasi hewan. (*Hal ini jangan dikaitkan dengan istilah ‘hewan tingkat rendah’ dan ‘hewan tingkat tinggi’ dalam buku-buku pelajaran. Dalam buku-buku pelajaran itu, yang disebut dengan hewan-hewan tingkat tinggi adalah Vertebrata, sedangkan hewan-hewan tingkat rendah adalah Avertebrata*). Jadi, hewan-hewan yang tergolong avertebrata memiliki 3 golongan simetri ialah asimetri, simetri radial, dan simetri bilateral. Jika seekor hewan memiliki tubuh yang simetri bilateral maka pada hewan ini dapat ditetapkan atau akan dapat dijumpai bagian tubuh sebelah **anterior** (bagian tubuh sebelah depan atau kepala), **posterior** (bagian tubuh sebelah belakang atau ekor), **ventral** (bagian tubuh sebelah bawah atau perut), dan **dorsal** (bagian tubuh sebelah atas atau punggung). Itulah sebabnya mengapa tubuh hewan yang simetrinya bilateral berpotensi untuk terjadinya proses **sefalisasi** (*cephalization*). Jadi, hewan yang bersimetri bilateral dalam perkembangan embrio selanjutnya cenderung akan memiliki kepala.

Lapisan lembaga (*germ layers*) mudah dipelajari pada perkembangan zigot atau sel telur yang telah dibuahi melalui tahapan morula, blastula, dan gastrula. Lapisan ini umumnya terbentuk pada proses invaginasi (*invagination*) pada tahap gastrula dengan membentuk tiga lapisan yang terdiri dari **endoderm**, **mesoderm**, dan **ektoderm**. Pada hewan-hewan avertebrata tingkat rendah, mesoderm tidak terbentuk, jika ada hanya berupa sekat/serabut yang disebut **mesoglea**. Jadi, kelompok hewan ini hanya memiliki dua lapisan lembaga saja; disebut hewan **diploblastik**. Kelompok hewan yang lebih tinggi umumnya sudah memiliki tiga lapisan lembaga dan disebut hewan **triploblastik**. Kelompok hewan triploblastik ini terbagi dua berdasarkan perkembangan blastoporusnya. Bila blastoporus nantinya akan berkembang menjadi mulut maka hewan tersebut dikelompokkan ke dalam

Prostostomia. Sebaliknya, apabila blastoporus berkembang menjadi anus maka ia akan dikelompokkan ke dalam **Deuterostomia**.

Pengelompokan hewan dapat juga ditinjau dari **kesempurnaan saluran pencernaannya**. Ada kelompok hewan yang memiliki saluran pencernaan ‘tidak sempurna’ karena hanya memiliki satu lubang usus yang disebut **mulut** (tanpa ada anus). Jadi, pada sistem pencernaan hewan ini hanya dijumpai mulut dan usus saja, sehingga masuknya makanan ke usus dan keluarnya sisa hasil metabolisme makanan dari usus hanya melalui sebuah lubang saja, dan sistem pencernaan seperti ini disebut **sistem dua arah** (*two way system*). Bahkan ada kelompok hewan yang tidak memiliki saluran pencernaan sama sekali. Hewan-hewan tingkat rendah umumnya memiliki saluran pencernaan tidak sempurna. Contoh: Cnidaria, Platyhelminthes. Pada kelompok hewan yang memiliki saluran pencernaan ‘sempurna’ sudah dijumpai adanya dua lubang usus ialah mulut dan anus sehingga masuknya makanan dan keluarnya sisa hasil metabolisme makanan melalui dua lubang yang berbeda, seolah-olah proses jalannya makanan dalam tubuhnya searah sampai keluar lagi. Sistem pencernaan seperti ini disebut **sistem searah** (*one way system*). Sistem pencernaan searah ini lebih efisien daripada sistem dua arah. Termasuk ke dalam kelompok terakhir ini adalah hewan-hewan yang kedudukannya lebih tinggi dalam klasifikasi atau dalam dugaan evolusinya.

Rongga tubuh (*coelom*) juga merupakan salah satu karakter yang dapat digunakan dalam pengelompokan hewan. Hewan-hewan yang tidak memiliki rongga tubuh (*aselom/acoelom*) dikelompokkan ke dalam **Acoelomata**. Rongga tubuh juga dapat terbentuk secara tidak sempurna dan rongga ini disebut rongga palsu (*pseudocoelom*). Rongga palsu ini terbentuk karena sel-sel tubuhnya meregang/bergerak/berpindah ke arah tepi sehingga terbentuklah rongga di tempat yang telah ditinggalkan sel-sel yang meregang tadi. Jadi, rongga terbentuk tanpa sengaja karena tiada pembatas rongga (peritoneum). Hewan-hewan yang memiliki rongga tubuh palsu seperti ini dikelompokkan ke dalam **Pseudocoelomata**. Sedangkan semua hewan yang memiliki rongga tubuh yang benar (*eucoelom* atau *coelom*) dikelompokkan ke dalam **Eucoelomata** atau **Coelomata** (Gambar 1.1).



Sumber: Pechenik, 1996

Gambar 1.1
Berbagai Tipe Rongga Tubuh

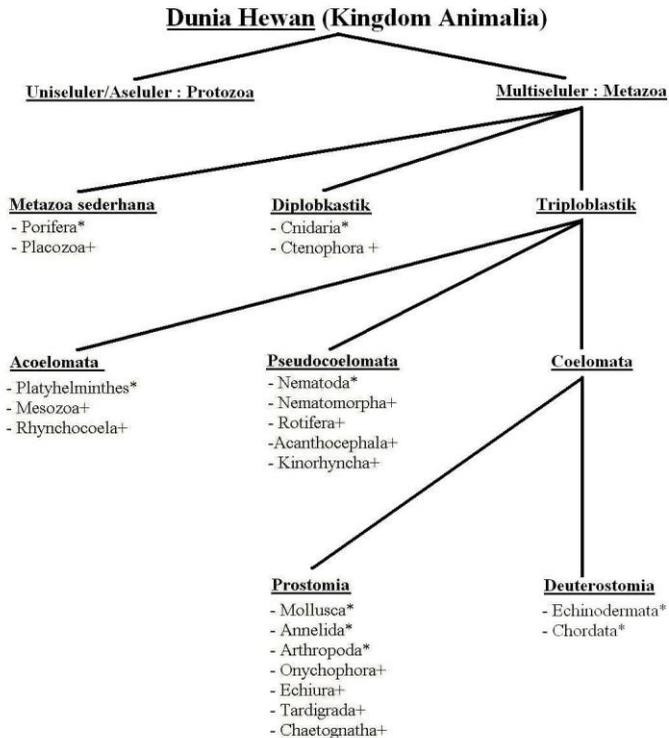
Segmentasi/metamerisme menyebabkan rongga tubuh hewan seolah-olah terbagi menjadi beberapa ruang/ruas yang dipisahkan oleh sekat-sekat. Segmentasi seperti ini dapat dijumpai pada kelompok hewan tingkat rendah sampai tingkat tinggi. Pada hewan tingkat rendah, setiap ruas tubuhnya disebut **segmen/metamer**. Pada hewan ini, akan dijumpai adanya organ-organ tubuh yang sama pada setiap segmen yang terdapat sepanjang tubuhnya. Ada hewan yang segmentasi tubuhnya terlihat secara internal saja, sehingga ia disebut hewan yang segmentasinya **internal**, tapi ada juga memperlihatkan segmentasi yang **eksternal**, bahkan ada yang bersegmentasi **internal-eksternal**. Contoh hewan yang segmentasi tubuhnya internal saja adalah Annelida primitif (Archiannelida), yang bersegmen internal-eksternal adalah cacing pita (Platyhelminthes) dan Annelida, sedangkan yang bersegmen eksternal saja adalah Arthropoda (misalnya krustasea dan insekta). Pada hewan yang bersegmen eksternal saja, organ-organ tubuhnya hanya dijumpai masing-masing sebuah atau sepasang untuk satu individu hewannya. Makin tinggi tingkat kedudukan suatu hewan dalam klasifikasi, segmentasinya akan hilang dan pada kelompok hewan vertebrata segmentasinya sudah sukar dilihat, jika pun ada, segmen tersebut disebut **somit**. Jadi, hewan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar ialah hewan yang bersegmen (internal, eksternal, internal-eksternal) dan yang tidak bersegmen.

Untuk melindungi organ dalam tubuhnya atau agar tubuhnya tetap tegak, tubuh hewan dilengkapi dengan rangka (*skeleton*). Berdasarkan hal ini hewan dapat memiliki rangka luar tubuh/eksoskeleton atau rangka dalam tubuh/endoskeleton. **Eksoskeleton** umumnya terbuat dari bahan kapur atau kitin, sedangkan **endoskeleton** terbuat dari kapur. Makin tinggi tingkat kedudukan

suatu hewan, rangkanya akan berupa endoskeleton. Berikanlah beberapa contoh hewan yang memiliki eksoskeleton maupun hewan yang memiliki endoskeleton!

Embelan (*appendages*) adalah anggota badan atau penjururan ke arah luar tubuh (*evaginasi/evagination*) yang berupa **tentakel**, **rambut**, **sayap**, **kaki**, **sirip**, dan sebagainya, yang umumnya digunakan sebagai alat gerak. Berdasarkan hal ini hewan dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok berdasarkan ada tidaknya bentuk atau tipe alat gerak tersebut. Contohnya serangga berbeda kelompoknya dari ikan karena alat geraknya atau anggota badannya yang berbeda. Contoh lain misalnya, Flagellata adalah kelompok hewan yang bergerak dengan flagel, sebaliknya Ciliata adalah kelompok hewan yang bergerak dengan silia. Jadi, jelaslah bahwa embelan suatu kelompok hewan, juga merupakan salah satu kriteria pembeda dengan kelompok hewan yang lainnya.

Berdasarkan kriteria-kriteria klasifikasi tersebut di atas, di bawah ini dipaparkan skema pengelompokan dunia hewan (Kingdom Animalia) yang ditunjukkan oleh Gambar 1.2. di bawah ini.



Gambar 1.2
Pengelompokan Dunia Hewan (Kingdom Animalia)

*Keterangan Gambar : **) Filum mayor

+) Filum minor



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan apa arti klasifikasi hewan dan apa bedanya dengan taksonomi?
- 2) Hal-hal apa saja yang dapat digunakan sebagai kriteria dalam penggolongan hewan?
- 3) Dalam penggolongan hewan, selain karakter taksonomi adakah karakter lain yang dapat dipergunakan, kalau ada manakah yang lebih baik?
- 4) Bagaimana tata cara penamaan ilmiah untuk suatu spesies hewan?
- 5) Apa arti dari istilah-istilah berikut ini?
 - a. Filogenik
 - b. Konvergensi
 - c. Monofiletik
 - d. Spesies
- 6) Tuliskan urutan tingkatan takson (hirarki) hewan dari yang tertinggi ke terendah!
- 7) Hewan yang uniseluler kadang-kadang disebut juga hewan yang aseluler. Beri penjelasannya!
- 8) Bedakan antara hewan terestrial, hewan akuatik, dan hewan intertidal!
- 9) Klasifikasikan hewan-hewan yang ada di dunia berdasarkan cara memperoleh mangsa/sumber makanannya!
- 10) Pengelompokan hewan yang ada di muka bumi oleh para ilmuwan didasarkan kepada kriteria utama yang telah disepakati. Sebutkan kriteria klasifikasi hewan yang menjadi acuan tersebut!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) **Klasifikasi** adalah penggolongan hewan ke dalam kelompok tertentu berdasarkan kekerabatannya, yaitu yang berhubungan dengan kontiguitas, kemiripan atau keduanya, sedangkan **taksonomi** merupakan studi teoretis tentang penggolongan organisme, termasuk dasar-dasar, prinsip-prinsip, prosedur, dan aturan-aturannya. Dari kedua batasan tersebut terlihat bahwa klasifikasi adalah praktik mengenai

penggolongan organisme dan taksonomi adalah teori mengenai hal yang sama.

- 2) Kriteria penggolongan hewan pada umumnya didasarkan pada jumlah sel tubuh, simetri tubuh, jumlah lapisan lembaga, kesempurnaan saluran pencernaan, tipe rongga tubuh, segmentasi, posisi rangka pada tubuh, dan embelan.
- 3) Selain kriteria taksonomi, penggolongan hewan dapat didasarkan pada hal lain yang bukan berhubungan evolusi, misalnya habitat, cara hidup, cara makan, dan sebagainya. Penggolongan hewan yang didasarkan pada hal-hal terakhir itu menghasilkan penggolongan organisme yang tidak mencerminkan keeratn hubungan kekerabatan antarmasing-masing anggotanya.
- 4) Penamaan ilmiah untuk suatu spesies adalah secara binomium (menggunakan dua kata/bagian), masing-masing yaitu nama generik dan nama spesifik (penunjuk spesies), yang gabungan dari keduanya menunjukkan nama spesies. Nama spesies tersebut biasanya ditulis miring (*italicized*) atau digarisbawahi (*underlined*) dalam penulisan, misalnya *Melanoides granifera* atau Melanoides granifera.
- 5)
 - a. Filogenik, artinya sejarah evolusi dari kelompok-kelompok organisme yang berbeda.
 - b. Konvergensi, artinya hewan yang berkerabat jauh dapat menyerupai satu sama lain secara dekat. Contohnya adalah mata gurita (Mollusca: Cephalopoda). Mata gurita sangat mirip dengan mata manusia, tetapi organ visual ini dipercaya bersifat analog dan homolog, serta tidak menunjukkan hubungan kedekatan evolusi antara hewan moluska dan vertebrata.
 - c. Monofiletik adalah pengelompokan organisme di mana semua anggota dari suatu kelompok taksonomi haruslah berasal dari satu nenek moyang. Misalnya Metazoa berasal dari Protozoa.
 - d. Spesies adalah unit yang paling dasar dalam biologi, yang didefinisikan sebagai satu kelompok individu yang sangat serupa dan mampu mengadakan perkawinan di antara individu-individu tersebut (*inbreeding*) serta menghasilkan keturunan yang fertil.
- 6) Urutan tingkatan takson dari tingkat yang paling tinggi ke tingkat yang lebih rendah adalah Kingdom, Filum, Kelas, Ordo, Famili, Genus, dan Spesies.

- 7) Hewan uniseluler adalah hewan yang tubuhnya terdiri dari hanya satu sel. Contoh yang kita kenal adalah hewan Protozoa. Hewan ini seolah-olah tak berorgan tubuh karena semua aktivitas hidupnya dilakukan oleh satu-satunya sel tubuhnya tersebut, padahal sebenarnya setiap aktivitas hidupnya didukung oleh organel (= organ-organ tubuh renik) tertentu. Misalnya, *proses reproduksi* didukung oleh organel tertentu dalam sel tubuhnya yang disebut *mikronukleus* sehingga banyak yang mengakui bahwa Protozoa adalah **aseluler** (*acellular/bukan sebuah sel*), melainkan suatu makhluk hidup yang sempurna. Inilah yang mendasari mengapa hewan Protozoa disebut juga sebagai hewan aseluler.
- 8) Hewan terestrial adalah hewan yang berhabitat di daratan, hewan akuatik adalah hewan yang hidup di perairan, dan hewan intertidal adalah hewan yang berhabitat di wilayah pasang-surut.
- 9) Sedikitnya ada 6 kelompok hewan berdasarkan cara memperoleh makanannya, ialah hewan herbivora, hewan karnivora, hewan omnivora, hewan pemakan suspensi, hewan pemakan deposit/sedimen, dan hewan pemakan bangkai.
- 10) Kriteria klasifikasi tersebut adalah jumlah sel tubuh, simetri tubuh, jumlah lapisan lembaga, kesempurnaan saluran pencernaan, rongga tubuh, segmentasi, rangka, dan embelan.



RANGKUMAN

Taksonomi adalah studi teoretis tentang pengklasifikasian atau penggolongan suatu organisme, termasuk dasar-dasar, prinsip-prinsip, prosedur, dan aturan-aturannya. Urutan tingkatan takson yang utama adalah Kingdom, Filum, Kelas, Ordo, Famili, Genus, dan Spesies.

Klasifikasi hewan didefinisikan sebagai penggolongan hewan ke dalam kelompok tertentu berdasarkan kekerabatannya yaitu yang berhubungan dengan kontiguitas (kontak), kemiripan, atau keduanya. Klasifikasi dapat berdasarkan hubungan evolusi, habitat, cara hidup, dan sebagainya.

Sistematika didefinisikan sebagai studi ilmiah tentang jenis-jenis (spesies), keberagaman organisme, dan kekerabatannya di antara organisme tersebut.



TES FORMATIF 1 _____

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Sebelum diberi nama ilmiah, sampel hewan (organisme) yang diteliti harus diidentifikasi. Identifikasi berarti studi tentang
 - A. organisme berdasarkan ciri atau karakter morfologi
 - B. pengklasifikasian atau penggolongan organisme
 - C. penggolongan organisme ke dalam kelompok-kelompok tertentu berdasarkan hubungan kekerabatannya
 - D. jenis-jenis (spesies) dan keberagaman organisme dan hubungan kekerabatan di antara organisme tersebut

- 2) Hewan Radiata dan hewan Bilateria dipisahkan dalam klasifikasi berdasarkan....
 - A. jumlah sel penyusun tubuh
 - B. simetri tubuh
 - C. jumlah lapisan lembaga
 - D. kesempurnaan saluran pencernaan

- 3) Manakah yang bukan takson dari opsi jawaban soal di bawah ini :
 - A. Animalia
 - B. *Nautilus pompilius*
 - C. Mollusca
 - D. spesies

- 4) Para ilmuwan memperkirakan asal-usul kelompok hewan berdasarkan....
 - A. studi pola perkembangan
 - B. morfologi
 - C. karakteristik biokimiawi
 - D. jawaban A, B, dan C benar

- 5) Yang disebut hewan intertidal adalah hewan yang berhabitat....
 - A. daratan
 - B. perairan
 - C. pasang-surut
 - D. laut-dalam

- 6) Hewan yang hidup di perairan laut lepas disebut....
 - A. hewan pelagis
 - B. hewan akuatik

- C. hewan supratidal
D. hewan subtidal
- 7) Hewan sedentari (*sedentary*) adalah hewan yang....
A. memiliki kemampuan gerak yang bebas
B. memiliki kemampuan gerak yang terbatas
C. sama sekali tak dapat berpindah karena ia sesil
D. tak dapat melawan arus dalam pergerakannya
- 8) Hewan perairan yang kemampuan geraknya tidak berarti jika dibandingkan dengan pergerakan medium tempat hidupnya adalah ..
A. hewan planktonik
B. hewan sesil
C. hewan pelagis
D. hewan sedentari
- 9) Hewan yang memakan dan mencerna komponen organik yang terkandung di dalam substrat disebut ...
A. hewan pemakan bangkai
B. hewan pemakan suspensi
C. hewan pemakan sedimen
D. hewan pemakan segala
- 10) Berdasarkan sumber makanannya, hewan pemakan sedimen disebut
A. herbivora
B. pemakan deposit
C. pemakan suspensi
D. omnivora

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Reproduksi dan Perkembangan Hewan Avertebrata

A. REPRODUKSI DAN PERKEMBANGAN AVERTEBRATA

Kelangsungan hidup suatu spesies sangat bergantung dari kemampuannya untuk berkembang biak atau memperbanyak diri. Hampir semua adaptasi tingkah laku, morfologi atau fisiologi diperkirakan berperan dalam kesuksesan reproduksi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Jadi, sebenarnya semua organisme menjalani hidup untuk berkembang biak. Semua proses reproduksi selalu mengikutsertakan **diferensiasi sel** yaitu pengkhususan fungsi sel yang diatur secara genetis. Banyak hal yang diketahui tentang ekspresi gen berasal dari studi perkembangan hewan avertebrata.

Hewan avertebrata menunjukkan keanekaragaman yang tinggi dalam pola reproduksi dan perkembangannya, jauh melebihi apa yang dimiliki oleh hewan vertebrata. Kebanyakan dari hewan vertebrata mengalami pembuahan internal dan menunjukkan derajat perawatan pada anaknya. Semua vertebrata adalah deuterostomia karena pada dasarnya pembelahan terjadi secara radial dan intermediet, serta mulut tidak terbentuk dari blastoporus. Variasi dari pola deuterostomia dikarenakan adanya perbedaan pada jumlah kuning telur (*yolk*). Hal ini menjadi lain apabila mengacu pada perkembangan hewan avertebrata. Di antara hewan-hewan avertebrata terdapat perbedaan yang mencolok pada (1) ekspresi jenis kelamin, (2) tapak pembuahan (bila ada), (3) pola pembelahan sel, (4) tahapan di mana nasib sel ditentukan, (5) jumlah lapisan jaringan yang terbentuk, (6) mekanisme pembentukan mesoderm (apabila ada), (7) perkembangan rongga tubuh, (8) mekanisme perkembangan rongga tubuh, dan (9) asal mulut dan anus (apabila ada).

1. Reproduksi Aseksual

Reproduksi hewan avertebrata dapat terjadi secara seksual atau aseksual. Reproduksi seksual selalu mengikutkan penyatuan materi genetik dari dua genom. Sebaliknya reproduksi aseksual adalah reproduksi tanpa mengikutkan penyatuan materi genetik dari dua genom. Dengan kata lain, pada reproduksi

aseksual tidak terjadi pembuahan. Waktu terjadinya reproduksi seksual maupun aseksual diatur atau dipengaruhi oleh berbagai faktor di luar tubuh (eksternal) dan di dalam tubuh (internal).

Reproduksi aseksual umumnya adalah proses replikasi; pada individu yang telah bermutasi, reproduksi aseksual akan menghasilkan keturunan yang sama pola genetiknya dengan induknya. Bentuk reproduksi aseksual tidak dapat menambah keanekaragaman genetik dalam suatu populasi. Di lain pihak, melalui reproduksi aseksual, satu individu dapat berperan dalam meningkatkan jumlah populasi secara cepat, tidak termasuk saingan potensial dan menambah populasi dengan genotip yang menguntungkan.

Reproduksi aseksual tidak memerlukan pembentukan sel telur oleh betina. Pada spons/*sponges* (Porifera), hidra (Hydrozoa), ubur-ubur (Scyphozoa), Bryozoa, Thaliacea, dan beberapa Ascidia maupun Protozoa, reproduksi aseksual dapat dilakukan melalui pertunasan. Protozoa melakukan reproduksi aseksual dengan cara mereplikasi selnya melalui pembelahan biner. Reproduksi aseksual pada Trematoda terjadi melalui pembelahan ameiosis pada tahap larva. Hal ini meningkatkan kemungkinan satu genotip untuk dapat menemukan inang yang sesuai. Larva kutu (kelas Insecta) pemakan jamur bereproduksi aseksual dengan menghasilkan larva-larva yang sama secara genetik dalam tubuh mereka sehingga meningkatkan kemungkinan suatu genotip untuk menemukan jamur yang sesuai. Pada kelompok lain, seperti hewan karang (Anthozoa), Ctenophora, cacing planaria (Turbellaria), Rhyncocoela, cacing tabung (Polychaeta), bintang laut (Asteroidea), dan bintang mengular (Ophiuroidea) dapat melepaskan sebagian anggota tubuhnya dan membiarkannya agar dapat tumbuh menjadi individu baru yang lengkap secara morfologi.

Produksi telur sangat terkait erat dengan reproduksi aseksual secara ameiosis pada beberapa spesies avertebrata. Pada beberapa spesies Arthropoda dan Rotifera, reproduksi aseksual berlangsung secara **partenogenesis** (*parthenogenesis*) yaitu telur berkembang menjadi individu dewasa tanpa dibuahi. Proses ini berlangsung tidak sesederhana yang dibayangkan. Pada beberapa rayap (kelas Insecta) dan kutu Arachnida (kelas Arachnida), betinanya tidak dapat bertelur tanpa melakukan perkawinan walaupun jantan tidak berperan dalam memberi materi genetik pada telur dan keturunannya. Proses seperti ini disebut **pseudogami** (“kawin palsu”). Hal serupa terjadi pada banyak spesies kumbang, perbedaannya dengan rayap atau kutu Arachnida adalah bahwa betina dari kumbang ini kawin dengan

kumbang jantan dari spesies lain yang bersekutu. Walaupun tidak ada pelepasan gamet, telur tidak akan berkembang apabila tidak ada kontak dengan sperma.

Pada kelompok avertebrata lain, reproduksi aseksual dapat mengikutsertakan meiosis sehingga pasangan kromosom dan segregasi dapat berlangsung, dan kombinasi genetik baru dapat terbentuk walaupun tidak ada masukan materi genetik dari salah satu individu pasangan. Hal tersebut terjadi pada beberapa spesies Protozoa dan Nematoda. Keduanya bersifat parasitik atau hidup bebas, tetapi paling sering ditemukan pada Arthropoda, khususnya Insecta dan Arachnida. Reproduksi aseksual sangat umum terjadi pada avertebrata; malahan reproduksi tanpa pembuahan merupakan cara reproduksi utama pada kebanyakan spesies. Perlu dicatat bahwa reproduksi aseksual, dengan beberapa pengecualian, hanya memerlukan keberadaan satu individu saja. Individu ini kemudian akan melakukan proses replikasi seperti membelah, berfragmentasi, dan sebagainya.

2. Reproduksi Seksual

a. Pola seksual

Walau banyak hewan avertebrata bereproduksi secara aseksual, reproduksi secara seksual yang membutuhkan penyatuan gamet haploid sering juga terjadi. Ada yang bersifat **monesis** (*monoecious*/berumah satu), artinya organ kelamin jantan dan betina berada pada satu individu hewan (= hewan hermafrodit). Walaupun demikian, biasanya gamet jantan tidak dapat membuahi gamet betinanya dalam pola seksual ini, sehingga diperlukan gamet jantan dari individu lain yang sejenis untuk membuahi gamet betinanya. Jadi, dua individu ikut serta dalam melakukan proses ini. Pola genetik dari keturunan selalu tidak sama dengan pola genetik induknya. Kedua induk biasanya berbeda jenis kelamin sehingga sering disebut sebagai **diesis** (*dioecious* / berumah dua) atau **gonokoristik** (*gonochoristic*). Dengan kata lain, satu individu dapat menjadi jantan atau betina secara bersamaan (hermafrodit bersamaan) atau dalam urutan (hermafrodit berurutan).

Hermafrodit sangat umum ditemukan pada hewan avertebrata. Sebagai contoh, tiram *Crassostrea virginica* menunjukkan urutan hermafrodit yakni kerang muda tumbuh sebagai jantan dan selanjutnya berubah menjadi betina serta dapat berganti jenis kelamin pada tahun-tahun berikutnya. Kebanyakan hewan yang **hermafrodit berurutan** hanya sekali mengubah jenis

kelaminnya dan biasanya berubah dari jantan ke betina. Keadaan tersebut dikenal sebagai **hermafrodit protandri** (*protos*: pertama, *andros*: jantan).

Berbeda dengan hewan avertebrata yang dapat berubah jenis kelaminnya seiring dengan penambahan usia, banyak hewan avertebrata lain seperti Ctenophora dan Cestoda bersifat **hermafrodit bersamaan**. Pembuahan sendiri -- meskipun dapat terjadi -- amat jarang pada kelompok hermafrodit ini, contohnya pada Cestoda. Keuntungan dari hermafrodit bersamaan adalah ketika dua individu dewasa bertemu akan dapat berlanjut pada perkawinan. Hal tersebut sangat menguntungkan pada hewan yang sesil (menetap), seperti teripid (Crustacea: Cirripedia). Pola reproduksi hermafrodit bersamaan jarang bahkan tidak pernah ditemukan pada hewan vertebrata. Mungkin sistem reproduksi dan tingkah laku dari hewan vertebrata yang lebih maju sudah sangat kompleks sehingga individu dengan dua jenis kelamin malah tidak menguntungkan.

Keuntungan dari hermafrodit berurutan mungkin kurang terlihat. Perubahan kelamin berdasarkan umur dapat menghalangi pembuahan sendiri pada spesies hermafroditik. Secara genetik, akan lebih efisien untuk menjadi jenis kelamin tertentu ketika muda dan berubah pada saat dewasa. Satu sel protozoa membutuhkan materi pembentuk yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan satu ovum sehingga lebih mudah untuk membentuknya.

b. Keanekaragaman gamet

Gamet pada hewan avertebrata menunjukkan keanekaragaman struktur. Sebagian hewan avertebrata memproduksi telur yang tidak dapat dibuahi atau tidak dapat berkembang lebih lanjut. Telur-telur ini disebut **telur perawat** (*nurse eggs*) yang nantinya akan berperan sebagai sumber makanan bagi embrio. Telur perawat sangat sering ditemukan pada Gastropoda. Sperma juga menunjukkan keanekaragaman yang tinggi. Banyak hewan avertebrata hanya menghasilkan sebagian kecil sperma yang normal yaitu memiliki kromosom haploid dan dapat membuahi telur. Sperma tersebut disebut **sperma eupiren** (*eupyrene*). Sperma lain tidak dapat langsung berperan dalam perkembangan karena memiliki kelebihan atau kekurangan kromosom, bahkan pada kasus yang ekstrem sperma tersebut tidak memiliki kromosom sama sekali. Sperma seperti ini disebut **sperma apiren** (*apyrene*). Sperma apiren sering ditemukan pada Gastropoda dan Insecta. Fungsi dari sperma

apirene dan sperma atipikal (*atypical*) lainnya belum diketahui sampai sekarang.

c. *Penyatuan gamet*

Semua perkembangbiakan seksual dimulai dengan pembuahan sel telur yang haploid oleh sel sperma. Masalahnya adalah bagaimana menyatukan sel sperma dengan sel telur tersebut. Hewan avertebrata dapat memperlihatkan bagaimana penyatuan kedua sel kelamin tersebut dapat terjadi. Di darat atau perairan tawar, pembuahan sel telur dapat terjadi secara internal, dengan pengecualian tertentu. **Pembuahan internal** dapat dilakukan dengan beberapa cara. Jantan pada beberapa spesies hewan avertebrata dilengkapi dengan penis, di mana sel sperma dapat dipindahkan langsung ke dalam bukaan organ genital betina. Pada kasus **pembuahan hipodermik**, misalnya pada Turbellaria, Hirudinaria, Gastropoda, dan Rotifera, sel sperma dipaksakan masuk melewati dinding tubuh betina. Pada dua kasus tersebut transfer sel sperma dinyatakan secara langsung.

Kadangkala jantan dari spesies tertentu tidak mempunyai organ kopulasi, tetapi pembuahan internal masih dapat terjadi secara tidak langsung. Pemindahan sel sperma secara tidak langsung dapat ditemukan pada beberapa hewan avertebrata. Biasanya sperma dikemas dalam kemasan dengan kompleksitas yang beraneka ragam. Kemasan berisi sperma ini disebut **spermatofor** yang dieksresikan oleh kelenjar khusus yang hanya ditemukan pada hewan jantan. Pada avertebrata darat, spermatofor biasanya digunakan oleh siput Pulmonata (Gastropoda), Onychophora, dan Arthropoda darat, termasuk Insecta dan Arachnida. Spermatofor tersebut ditransfer ke betina dengan berbagai cara. Pada pseudoskorpio (Arthropoda: Arachnida) misalnya, jantan dapat meletakkan spermatofor pada substrat yang cocok tanpa kehadiran betina. Spermatofor tersebut dapat ditemukan oleh betina secara kimiawi (kemotaksis) atau pada beberapa spesies dengan mengikuti jejak, seperti sutra yang ditinggalkan oleh jantan. Setelah betina menemukan spermatofor, ia kemudian memasukkannya ke dalam bukaan genitalnya sambil mengeluarkan sperma dari dalam spermatofor. Mekanisme ini sangat cocok bagi spesies yang memiliki tingkah laku berkelahi atau bersifat kanibal bila bertemu satu sama lain.

Pada spesies lain dari Arachnida, fungsi spermatofor sangat jelas. Jantan secara paksa akan menundukkan betina, membuka bukaan genitalnya dan menempatkan spermatofor di tanah. Kemudian, jantan mengambilnya dengan

menggunakan kelisera (*chelicera*), memasukkan spermatofor ke dalam bukaan genital betina dan menutupnya, kemudian pergi. Jelas bahwa spermatofor adalah pengganti fungsional untuk organ kopulasi dalam pemindahan sel sperma ke betina.

Pada Cephalopoda, kerumitan spermatofor dan cara transfernya dari jantan ke betina menyaingi avertebrata darat. Spermatofor berisi sperma berbentuk seperti tabung besar yang memiliki sistem pengeluaran yang kompleks baik secara osmotik maupun mekanik. Spermatofor dalam jumlah besar disimpan dalam kantong yang disebut **kantung needham** (*Needham's sac*) yang terbuka ke dalam rongga mantel. Spermatofor pada spesies tertentu bisa mencapai panjang 1 meter dan berisi 1000-an sel sperma. Biasanya, si jantan akan mengambil satu atau lebih spermatofor dari kantung needham dan memasukkannya dalam bukaan mantel si betina yang letaknya bersebelahan dengan bukaan genital. Organ untuk memasukkan spermatofor tersebut biasanya berupa lengan yang telah terspesialisasi dan disebut **hektokotilus** (*hectocotylus*). Pada beberapa spesies Cephalopoda, hektokotilus dapat lepas setelah dimasukkan ke dalam bukaan mantel betina. Hektokotilus yang terlepas ini dulu dikira cacing parasit yang hidup pada Cephalopoda betina.

Spermatofor juga banyak digunakan oleh hewan avertebrata yang hidup di perairan tawar atau laut, misalnya Rotifera, Polychaeta, Oligochaeta, Hirudinaria, Gastropoda, Cephalopoda, Crustacea, Phoronida, Pogonophora, dan Chaetognatha. **Pembuahan internal** pada sebagian spesies, spermatofor dilepaskan secara bebas dan sampai ke betina secara kebetulan. Spesies yang menggunakan metode transfer ini biasanya hidup berdekatan (komunal) sehingga sperma yang terbuang tidak sebesar yang diperkirakan. Spermatofor yang mengapung digunakan oleh hewan betina beberapa spesies Gastropoda, Polychaeta, Phoronida, dan Pogonophora. Namun demikian, lebih sering hewan jantan langsung mengantarkan spermatofor ke hewan betina.

Pada hewan laut yang lain, pembuahan internal juga dapat terjadi tanpa adanya kopulasi secara fisik atau pengemasan sperma. Hal ini dapat terjadi karena garam dalam air laut mempunyai konsentrasi yang hampir sama dengan konsentrasi garam-garam di dalam sel dan jaringan sehingga sel sperma dapat dilepaskan secara bebas dan berpindah ke genital betina melalui arus air. Banyak hewan laut seperti Bryozoa, Echinodermata, Bivalvia, Porifera, dan Cnidaria menggunakan mekanisme seperti ini.

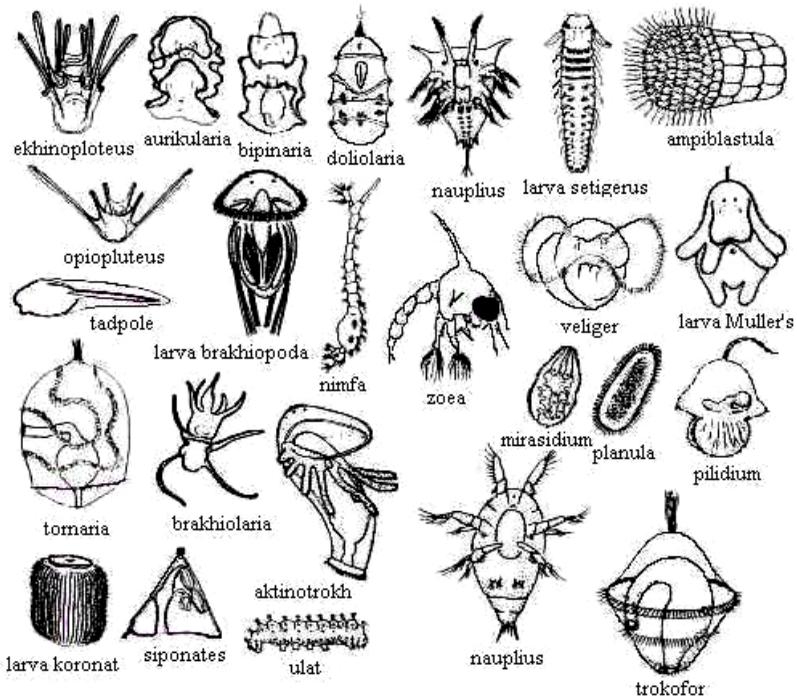
Di antara hewan-hewan avertebrata laut, penyatuan gamet dapat pula terjadi tanpa adanya mekanisme struktural dan tingkah laku yang rumit yang biasanya menyertai pembuahan internal. Di luar tubuh, pembuahan dapat terjadi (**pembuahan eksternal**) dengan koordinasi yang tepat antara pelepasan sel sperma dan sel telur di sekitar perairan. Pembuahan eksternal seperti ini sangat sering dijumpai dalam lingkungan laut.

d. Bentuk larva

Hasil dari pembuahan gamet betina oleh gamet jantan pada hewan avertebrata perairan, umumnya berkembang menjadi larva yang hidup mandiri dan dapat berenang bebas sebagai plankton. Larva, kemudian tumbuh dan sel-sel tubuhnya berdiferensiasi secara keseluruhan dalam air menjadi hewan dewasa. Larva biasanya ke luar dari betina setelah melalui masa pengeraman atau menetas dari telur. Larva avertebrata, terutama yang hidup di air umumnya memiliki silia di permukaan tubuhnya. **Silia** digunakan sebagai alat gerak atau sebagai pengumpul makanan. Silia tidak cocok untuk larva Arthropoda yang memiliki eksoskeleton dari bahan tanduk/kitin. Pada larva seperti ini, pergerakan dan pengumpulan makanan dilakukan oleh anggota tubuh khusus yang lain. Silia juga tidak ditemukan dalam perkembangan cacing nematoda menuju tahap dewasa. Dari seluruh hewan avertebrata perairan laut, hanya larva dari kelompok Urochordata dan Chaetognatha yang tidak memiliki silia.

Perubahan yang kompleks antartahapan dalam suatu siklus kehidupan biasanya terjadi dalam perubahan yang drastis baik secara morfologi, fisiologi, dan ekologi yang biasa disebut **metamorfosis**. Semakin jauh perbedaan antara tahap larva dan dewasa, semakin besar derajat adaptasi yang dimiliki organisme tersebut dan semakin dramatis pula tahapan metamorfosisnya. Awalnya, siklus hidup yang kompleks dipercaya sebagai salah satu syarat kelangsungan hidup avertebrata laut, tidak terhadap yang hidup di daratan. Pernyataan seperti ini tidak seluruhnya benar, hal ini ditunjukkan oleh hewan serangga. Persentase spesies serangga yang menunjukkan pola hidup **holometabola** atau menjalani metamorfosis sempurna dalam siklus hidupnya, telah meningkat jumlah spesiesnya dari 10% (325 juta tahun yang lalu) menjadi 63% (200 juta tahun yang lalu), dan saat ini telah menjadi 90% dari seluruh spesies hewan yang ada. Keuntungan adaptif dari siklus hidup yang kompleks seperti ini pastilah sangat besar.

Larva sebagian besar hewan avertebrata bersifat **lesitotrofik** (*lechitos*: kuning telur; *trophein*: makan); mereka hidup dari cadangan makanan berupa kuning telur yang melekat pada tubuhnya. Perkembangan tersebut sering ditemukan pada avertebrata, khususnya avertebrata laut yang hidup di daerah dingin atau perairan dalam. Keadaan seperti itu sangat jarang ditemukan pada daerah subtropis dan tropis serta perairan dangkal. Di habitat perairan dangkal, larva biasanya telah memiliki saluran pencernaan sehingga dapat memakan berbagai spesies plankton. Larva pemakan plankton seperti ini dinamakan **planktotrofik**.



Sumber: Pechenick, 1996

Gambar 1.3
Ragam Bentuk-bentuk Larva pada Hewan Avertebrata

e. *Penyebaran sebagai komponen siklus hidup*

Sebagian besar hewan perairan tawar, laut, maupun darat memiliki tahapan penyebaran dalam masa hidupnya. Hewan avertebrata di perairan laut yang hidup sesil, biasanya penyebarannya dilakukan pada tahapan larva yang bersifat planktonik. Seberapa jauh penyebaran hewan tersebut dari tempat asalnya sangat tergantung dari berbagai faktor. Beberapa faktor yang memengaruhi penyebaran hewan sesil di laut, antara lain adalah berapa lama hewan tersebut dapat mempertahankan tahapan larva, kecepatan, dan arah arus air tempat larva tersebut hidup, dan predator.

Avertebrata perairan tawar harus dapat beradaptasi dengan kondisi yang sering berubah. Beberapa kelompok hewan seperti Porifera, Tardigrada, Bryozoa, Crustacea, dan Rotifera seringkali menghindari tempat dengan kondisi yang buruk untuk penyebarannya. Umumnya mereka membentuk tahapan yang tahan terhadap kondisi lingkungan yang buruk dalam siklus hidupnya. Tahapan tersebut dapat berupa **gemula** (*gemmules*) pada Porifera, **telur dorman** (*dormant eggs*) pada Crustacea atau Rotifera, dan **statoblast** (*statoblasts*) pada Bryozoa. Pada Rotifera, Tardigrada, dan Protozoa, juga dapat masuk ke dalam tahapan kriptobiotik (“tidur”) selama masa dehidrasi. Ketika kondisi lingkungan membaik, tahapan “tidur” berakhir dan mereka aktif kembali.

Untuk avertebrata yang hidup teresterial, bentuk dewasa yang menetap sangat jarang ditemukan karena keringnya udara dan tekanan yang rendah. Tak heran penyebaran dilakukan oleh hewan dewasa, sedangkan tahap larvanya menetap. Pengecualian pada Arachnida atau laba-laba pembuat sarang. Pada banyak spesies, setelah laba-laba muda ke luar dari kepompong mereka akan memanjat ke ranting terdekat dan membiarkan diri mereka terbawa oleh angin. Penyebaran seperti ini disebut **membalon** (*ballooning*). Arus angin akan menyebarkan laba-laba muda tersebut beratus-ratus kilometer jauhnya dari sarangnya.

Pemilihan habitat yang dilakukan oleh individu yang menyebar untuk tahap menetapnya sangat berpengaruh dalam kemungkinan individu tersebut untuk bertahan dan mencapai usia reproduksi. Di antara hewan avertebrata laut dengan larva yang berenang bebas, tekanan seleksi acak melawan metamorfosis menuju dewasa sangatlah substansial. Larva yang menyebar pada sebagian spesies sangat selektif dalam memilih tempat. Apabila mereka tidak menemukan lingkungan yang cocok, mereka dapat menunda metamorfosis untuk jangka waktu yang lama (sampai berbulan-bulan) untuk

beberapa spesies Mollusca, Echinodermata, dan Arthropoda. Lingkungan yang diasosiasikan dengan metamorfosis biasanya berhubungan dengan komponen lingkungan tahap dewasa, seperti sumber makanan dan mangsa atau juga jumlah individu dewasa dari spesies yang sama.

Tahap larva menetap pada serangga teresterial berperan sebagai mesin makan, sedangkan tahap dewasanya merupakan agen penyebaran. Tidak heran larva dari berbagai spesies telah beradaptasi untuk hidup dalam inang dan dewasanya juga diduga (mungkin) berevolusi untuk menempatkan telur-telur mereka dalam habitat manakala larva akan tumbuh dan bertahan dengan baik.

B. BEBERAPA POLA REPRODUKSI AVERTEBRATA

Seperti telah dijelaskan di muka, reproduksi hewan avertebrata dapat terjadi secara seksual atau aseksual. **Reproduksi seksual** selalu mengikutkan penyatuan materi genetik dari dua genom/organ seksual, ialah organ kelamin jantan dan organ kelamin betina. Sebaliknya, **reproduksi aseksual** adalah reproduksi tanpa adanya penyatuan materi genetik dari dua genom karena tidak ada keikutsertaan materi dari organ-organ kelamin. Dengan kata lain, pada reproduksi aseksual tidak terjadi pembuahan. Hal ini terjadi oleh ketiadaan hewan jantannya di alam. Umumnya, hewan-hewan tingkat rendah yang primitif melakukan perkembangbiakannya dengan cara aseksual.

Ada yang berpendapat bahwa reproduksi dengan cara **partenogenesis** (*parthenogenesis*) tergolong reproduksi seksual. Alasannya ialah walaupun partenogenesis tidak melibatkan materi genetik dari organ kelamin jantan, cara ini masih melibatkan materi genetik organ kelamin/seks betina karena individu baru terbentuk darinya (genom betina). Oleh karena itu, reproduksi hewan secara partenogenesis masih tergolong reproduksi seksual, sebab sudah melibatkan organ kelamin (betina) dalam pembentukan individu baru. Pada buku modul ini, reproduksi secara partenogenesis digolongkan ke dalam reproduksi aseksual karena walaupun melibatkan organ kelamin betina, telur si betina tersebut berkembang melalui replikasi atau secara ameiosis untuk menjadi individu baru, dan tentu saja pola genetik individu baru ini akan sama dengan pola genetik induknya.

Di bawah ini secara singkat dijelaskan berbagai pola reproduksi dari beberapa kelompok hewan-hewan avertebrata yang menunjukkan kekhasan masing-masing.

Protozoa:

Pola reproduksi Protozoa terkenal keunikannya. Walaupun sebagian besar melakukan reproduksi secara aseksual (membelah dua, disebut pembelahan biner/*binary fission*), sebagian lagi melakukan reproduksi seksual (konjugasi/*conjugation*). Proses **konjugasi** dilakukan jika proses reproduksi aseksual sudah mengalami kejenuhan sehingga diperlukan penyegaran inti sel. Inti sel inilah yang menjadi motor penggerak reproduksi, baik dalam reproduksi aseksual maupun reproduksi seksual. Contohnya adalah pada *Paramecium*. Setelah inti sel segar kembali maka proses reproduksinya kembali ke aseksual lagi.

Porifera:

Seperti halnya Pola reproduksi Protozoa, hewan-hewan Porifera juga melakukan reproduksi secara aseksual dan seksual. Dalam reproduksi aseksual, mereka melakukan regenerasi dan membentuk tunas atau **gemula** (*gemmules*). Gemula adalah tunas-tunas internal yang bersilia (= calon generasi baru), yang akan dilepaskan melalui oskulum jika kondisi lingkungan hidupnya kurang baik, sehingga diharapkan mereka dapat menjadi generasi penerus dan meneruskan hidupnya di tempat lain yang lebih baik. Reproduksi seksual dilakukan dengan pembuahan (penyatuan gamet jantan dan betina). Gamet jantan (sperma) dan gamet betina (ovum) dihasilkan oleh sel-sel berflagel yang disebut **koanosit** (*choanocytes*).

Cnidaria:

Pola reproduksi pada Cnidaria dikenal 2 generasi dalam siklus hidupnya, ialah **generasi polip** dan **generasi medusa**. Individu dari generasi polip adalah sesil (menempel pada substrat), sebaliknya generasi medusa adalah perenang aktif. Pada Hydrozoa, generasi polip adalah bentuk dewasanya, dan secara aseksual akan membentuk tunas-tunas muda sebelum dilepas menjadi individu-individu baru atau koloni baru. Tunas-tunas medusa dibentuk dari polip reproduktif (**gonangium**), sedangkan larva planula Scyphozoa yang menempel pada substrat (skifistoma/*scyphistoma*), berkembang menjadi **strobila** (tunas-tunas medusa yang dibentuk secara aseksual). Generasi medusa Scyphozoa adalah bentuk dewasanya. Pada Anthozoa tidak dikenal adanya generasi medusa. Generasi polip adalah bentuk dewasanya dan bereproduksi secara aseksual dengan membentuk tunas dan dengan fragmentasi.

Reproduksi seksual pada Hydrozoa adalah dengan membentuk testes dan ovarium pada dinding tubuhnya. Setelah fertilisasi, larva akan meninggalkan induknya dan menempel pada substrat menjadi individu baru atau koloni baru. Reproduksi seksual pada Anthozoa adalah dengan pembentukan **gonad** pada dinding sekat rongga tubuhnya. Seperti halnya Hydrozoa, larva Anthozoa akan berenang dan kemudian menempel pada substrat membentuk koloni baru. Pada Scyphozoa, gonad dibentuk oleh medusa. Larva planula Scyphozoa ini akan menempel pada substrat dan tumbuh secara aseksual menjadi strobila.

Platyhelminthes:

Cacing pipih adalah kelompok hewan tak berongga (aselom). Cacing ini bereproduksi secara aseksual dan seksual. Umumnya, cacing pipih ini berumah satu (**monesis/monoecious**) yang berarti terdapat 2 gonad yang berbeda dalam satu tubuh individu hewannya. Reproduksi seksual ditandai dengan penyatuan gamet jantan dan betina di dalam tubuhnya (fertilisasi internal). Fertilisasinya dapat dilakukan sendiri oleh satu individu atau oleh dua individu (bersilangan). Reproduksi aseksual hanya dapat dilakukan oleh kelompok Turbellaria dengan cara fragmentasi, walaupun cacing ini juga dapat melakukan reproduksi seksual. Regenerasi tubuh yang telah terfragmentasi ini akan menjadi individu-individu baru.

Dalam daur hidup cacing Trematoda dari kelompok Digenea terdapat dua fase reproduksi, ialah fase seksual (saat cacing berada pada tubuh inang utama, misalnya manusia) dan fase aseksual (saat larva cacing ini berada pada tubuh inang perantara, misalnya ikan). Yang unik, pada Trematoda dari kelompok Monogenea tidak dikenal adanya inang perantara.

Pada cacing pita (Cestoda), bagian badan yang penting dalam proses reproduksi adalah rangkaian ruas-ruas tubuh yang disebut proglotid. Pada proglotid terdapat organ kelamin jantan (testis) dan betina (ovarium), yang dapat melakukan fertilisasi sendiri atau bersilangan. Ovum yang telah dibuahi dan siap dilepaskan ke luar tubuh inang utama terdapat pada ruas terakhir bagian posterior. Seperti halnya cacing Trematoda, reproduksi pada cacing pita (Cestoda) juga dapat secara seksual dan aseksual. Inang utama cacing pita umumnya adalah vertebrata dan inang perantaranya berupa berbagai jenis avvertebrata dan vertebrata.

Aschelminthes/Nematoda:

Cacing giling berongga tubuh palsu (pseudoselom) dan semua organ internalnya berada di rongga ini. Cacing Nematoda berumah dua (**diesis/dioecious**) yang berarti organ kelamin jantan dan organ kelamin betinanya dimiliki oleh individu cacing yang berbeda. Hewan yang diesis umumnya bereproduksi secara seksual, bahkan cacing yang jantan secara morfologis berbeda dari cacing betinanya. Pembuahan dilakukan secara internal. Reproduksi aseksual jarang dikenal, dan jika ada, dilakukan dengan cara fragmentasi, yang kemudian setiap potongan melakukan regenerasi untuk menjadi individu baru.

Annelida:

Dalam taksonomi, kedudukan cacing Annelida lebih tinggi daripada cacing pipih dan cacing giling karena ia telah memiliki rongga tubuh yang terbentuk dengan sengaja (euselom). Umumnya, cacing ini diesis dan bereproduksi secara seksual. Pada beberapa kelompok Polychaeta, ia melakukan **epitoki** (*epitoky*) berupa pemutusan segmen tubuh bagian posteriornya (disebut: **epitok/epitoke**) dari bagian anterior (disebut **atok/atoke**). Segmen *epitoke* berisi gamet-gamet yang telah masak. Gamet-gamet kemudian keluar dari segmen, gamet jantan membuahi gamet betina di perairan laut. Jadi, fertilisasi berlangsung eksternal. Pada beberapa spesies, pertunasan secara aseksual terjadi ketika proses epitoki berlangsung.

Berbeda dengan Polychaeta, semua cacing Oligochaeta adalah hermafroditik. Beberapa segmen tubuhnya menghasilkan gamet-gamet, pertukaran gamet dilakukan oleh dua individu cacing yang berkawin, fertilisasi biasanya internal. Telur-telur yang telah dibuahi, kemudian akan dibungkus oleh **kokon** (*cocoon*) yang disekresi oleh satuan beberapa segmen yang telah bermodifikasi yang disebut **klitelum** (*clitellum*). Dalam kurun waktu tertentu, cacing-cacing muda kemudian muncul dari kokon. Jadi, daur hidup cacing Oligochaeta ini tanpa melalui stadium larva. Beberapa spesies yang hidup di darat bahkan melakukan partenogenesis, ketika telur berkembang menjadi individu baru tanpa pembuahan. Reproduksi aseksual biasanya dilakukan oleh cacing Oligochaeta perairan tawar dengan cara pembelahan transversal kemudian masing-masing potongan beregenerasi.

Kelompok cacing Annelida yang lain adalah cacing Hirudinea. Ia juga bersifat hermafroditik, fertilisasinya internal. Pada Hirudinea ini tidak dikenal adanya reproduksi aseksual.

Mollusca:

Walaupun beberapa gastropoda adalah partenogenesis, umumnya moluska adalah **diesis** dan bereproduksi secara seksual saja. Beberapa gastropoda lainnya dan beberapa bivalvia adalah hermafrodit protandri. Reproduksi aseksual pada moluska tidak dikenal. Fertilisasi eksternal biasa dikenal pada Pelecypoda/Bivalvia, Aplacophora, dan Polyplacophora. Beberapa kelompok moluska lainnya melakukan fertilisasi secara internal, misalnya pada Cephalopoda. Hewan jantannya memiliki lengan yang telah bermodifikasi yang disebut **hektokotilus** (*hectocotylus*). Lengan ini berguna untuk mentransfer sperma (spermatofora / *spermatophores*) ke lubang oviduk (bukaan kelamin) hewan betinanya.

Arthropoda:

Pola reproduksi Arthropoda adalah hewan diesis. Reproduksi pada Arthropoda umumnya dilakukan secara seksual. Beberapa spesies Insecta dan Branchiopoda melakukan **partenogenesis** (reproduksi aseksual) karena ketiadaan hewan jantannya di alam.

Pada udang jantan, dua pasangan kaki renang (pleopod) yang paling depan bermodifikasi menjadi **gonopod**, organ ini berfungsi menyalurkan sperma ketika berkawin. Pasangan pleopod pada udang betinanya selain berfungsi untuk berenang, juga untuk tempat melekatnya telur-telur yang telah dibuahi sebelum menetas menjadi larva (benur).

Pada Insecta (serangga), dijumpai tahap-tahap perkembangan larva (ulat) yang disebut **instar**. Dalam daur hidupnya, serangga mengalami perubahan bentuk yang disebut **metamorfosis**. Terdapat tiga macam metamorfosis pada serangga. Metamorfosis sempurna (**holometabola**) terjadi bila serangga ini mengalami 4 stadium dalam daur hidupnya ialah telur, larva, pupa, dan dewasa. Contoh yang terkenal adalah kupu-kupu. Metamorfosis tak sempurna (**hemimetabola**) bila hanya mengalami 3 stadium saja, ialah telur, nimfa, dan dewasa. Contohnya ialah belalang. Serangga yang tergolong ke dalam kelompok Apterygota, bahkan tidak mengalami proses metamorfosis sama sekali (**ametabola**).

Echinodermata:

Reproduksi aseksual biasa dilakukan beberapa spesies Asterozoa dan Ophiurozoa. Beberapa spesies Holothurozoa menunjukkan **replikasi aseksual**. Dalam proses replikasi ini, secara berkala tubuhnya membelah

transversal, dan tiap-tiap belahan akan beregenerasi membentuk individu baru. Hal ini membuktikan bahwa Echinodermata masih memiliki kemampuan regenerasi yang besar. Umumnya kelompok Echinodermata adalah hewan yang diesis, reproduksinya seksual dan fertilisasinya eksternal. Simetri larvanya bilateral; hal inilah yang menyebabkan Echinodermata termasuk ke dalam golongan Bilateria.

Chordata non-Vertebrata:

Yang dimaksud dengan Chordata non-Vertebrata adalah Chordata dari kelompok Acrania. Banyak pakar yang menyebutkan kelompok ini adalah Protochordata (Chordata tingkat rendah) dan masih dianggap Avertebrata. Kelompok Chordata tingkat tinggi (kelompok Craniata) adalah Vertebrata. Walaupun Protochordata ini dalam taksonomi hewan termasuk golongan hewan yang paling tinggi kedudukannya di antara semua Avertebrata, masih ada anggota-anggotanya yang melakukan reproduksi secara aseksual. Sebagai contoh adalah *Salpa* (kelas Thaliacea). Dalam daur hidupnya, akan dijumpai individu-individu dari generasi seksual (**blastozoid**) dan generasi aseksual (**oozoid**). Tunikata/*unicates/sea squirts* (kelas Ascidiacea) juga menunjukkan reproduksi aseksual dengan bertunas (*budding*) berselang-seling dengan reproduksi seksual. Hampir semua anggota dari kelas Larvacea adalah hermafroditik, tetapi reproduksinya tetap seksual, seperti halnya dengan Cephalochordata. Meskipun ikan lanset (*lancelets/fishlike marine chordates*) dari kelompok Cephalochordata ini adalah **diesis**, tetapi tidak mudah membedakan secara eksternal hewan jantan dari hewan betinanya.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Sebutkan perbedaan-perbedaan yang mencolok di antara hewan avertebrata dalam hal pola reproduksi dan perkembangannya!
- 2) Jelaskan arti dari istilah berikut ini.
 - a. Hermafrodit protandri
 - b. Diesis
 - c. Eupiren
 - d. Apiren

- 3) Jelaskan apa yang dimaksud dengan proses metamorfosis pada perkembangan hewan avertebrata?
- 4) Faktor apa saja yang mempengaruhi penyebaran larva dari hewan avertebrata air?
- 5) Berikan pendapat Anda tentang reproduksi hewan secara partenogenesis!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Di antara hewan avertebrata ada perbedaan pola reproduksi dan perkembangan yang mencolok yaitu dalam hal ekspresi jenis kelamin, tapak pembuahan (apabila ada), pola pembelahan sel, tahapan ketika nasib sel ditentukan, jumlah lapisan jaringan yang terbentuk, mekanisme pembentukan mesoderm (bila ada), sejauh mana perkembangan rongga tubuh, mekanisme perkembangan rongga tubuh, asal mulut, dan anus (apabila ada).
- 2)
 - a. Hermafrodit protandri yaitu hermafrodit berurutan yang hanya satu kali mengubah jenis kelaminnya dari jantan ke betina.
 - b. Diesis yaitu keadaan di mana kedua induk berbeda jenis kelaminnya.
 - c. Eupiren yaitu sperma normal dengan kromosom haploid dan dapat membuahi sel telur.
 - d. Apire yaitu sperma yang tidak memiliki kromosom.
- 3) Metamorfosis yaitu perubahan yang kompleks antartahapan dalam suatu siklus kehidupan, biasanya terjadi dalam bentuk perubahan yang drastis baik secara morfologi, fisiologi, dan ekologi.
- 4) Penyebaran larva tergantung dari berapa lama hewan tersebut dapat bertahan sebagai larva dan kecepatan serta arah arus air tempat larva tersebut hidup.
- 5) Partenogenesis adalah cara reproduksi tanpa pembuahan telur. Telur akan berkembang menjadi individu baru tanpa melibatkan hewan jantannya karena mungkin hewan jantannya tidak ditemukan di alam. Pola genetik individu baru ini akan sama dengan pola genetik induknya.



RANGKUMAN

Keberhasilan reproduksi ditentukan oleh adaptasi tingkah laku, morfologi, atau fisiologi, baik secara langsung atau tidak langsung.

Reproduksi pada avertebrata dapat secara seksual atau aseksual. Reproduksi seksual selalu mengikutkan penyatuan materi genetik dari dua genom, sedangkan reproduksi aseksual adalah reproduksi tanpa terjadinya pembuahan.

Pembuahan pada hewan avertebrata dapat terjadi secara internal (di dalam tubuh) atau eksternal (di luar tubuh).

Larva sebagian besar hewan avertebrata bersifat lesitotrofik dan sebagian planktotrofik.

Penyebaran larva dari hewan avertebrata yang hidup di perairan tergantung dari berapa lama hewan tersebut dapat mempertahankan tahapan larva dan kecepatan serta arah arus air tempat larva tersebut hidup.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Keberhasilan reproduksi hewan tergantung pada
 - A. adaptasi morfologi
 - B. adaptasi tingkah laku
 - C. adaptasi fisiologi
 - D. jawaban A, B, dan C benar

- 2) Cara reproduksi aseksual pada avertebrata dilaksanakan dengan cara-cara tersebut pada jawaban berikut ini, kecuali
 - A. penyatuan gamet haploid
 - B. pembelahan biner
 - C. pertunasan
 - D. partenogenesis

- 3) Pada pembuahan hipodermik sperma
 - A. masuk dengan sendirinya
 - B. dipaksa masuk melewati dinding tubuh betina
 - C. dikemas dalam kemas kompleks
 - D. jawaban A, B, atau C benar

- 4) Spermator mengapung digunakan pada hewan dari kelompok
- A. Gastropoda
 - B. Polychaeta
 - C. Pogonophora
 - D. jawaban A, B, dan C benar
- 5) Organ untuk memasukkan spermator ke dalam bukaan mantel betina pada Cephalopoda adalah
- A. kantung needham
 - B. kantung sperma
 - C. hektokotilus
 - D. kelisera
- 6) Larva yang memakan kelompok plankton disebut
- A. lesitrotrofik
 - B. planktotrofik
 - C. omnitrofik
 - D. multitrofik
- 7) Opsi jawaban di bawah ini adalah berkenaan dengan reproduksi aseksual:
- A. reproduksi yang melibatkan penyatuan materi dari dua genom
 - B. menghasilkan keturunan yang pola genetiknya tidak sama dengan induknya
 - C. dapat terjadi melalui ameiosis
 - D. dapat terjadi melalui kopulasi dari dua individu yang berbeda kelaminnya
- 8) Opsi jawaban di bawah ini adalah berkenaan dengan reproduksi seksual :
- A. monesis
 - B. diesis
 - C. hermafrodit
 - D. Jawaban A, B, dan C benar
- 9) Opsi jawaban di bawah ini adalah berkenaan dengan partenogenesis:
- A. telur berkembang menjadi individu baru tanpa dibuahi
 - B. dapat berlangsung secara pseudogami
 - C. hewan jantan tidak berperan dalam pemberian materi genetik pada telur yang akan berkembang menjadi individu baru
 - D. Jawaban A, B, dan C benar

- 10) Opsi jawaban di bawah ini adalah berkenaan dengan hermafrodit:
- A. reproduksi seksual
 - B. reproduksi aseksual
 - C. pembelahan biner
 - D. ameiosis

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 3

Protozoa dan Metazoa Sederhana (Porifera, Placozoa)

A. PROTOZOA

Dalam hierarki klasifikasi, Protozoa adalah sebuah kingdom yang terdiri atas beberapa filum. Pengelompokan ke dalam filum Protozoa terutama didasarkan kepada karakter alat-alat gerak yang dipunyai oleh spesies anggota-anggotanya.

1. Ciri Umum

Protozoa (*Y. protos*: pertama dan *zoon*: hewan) adalah anggota Protista yang memiliki ciri seperti hewan (Kingdom Animalia) dan tubuhnya terdiri atas hanya satu sel. Protozoa termasuk juga ke dalam eukariot karena memiliki inti dan selubung (dinding) inti serta organ-organ renik (organel-organel) pada sitoplasma selnya. Protozoa memiliki beragam tipe simetri tubuh, alat-alat gerak, dan memiliki kisaran yang luas dalam hal kerumitan struktur tubuhnya.

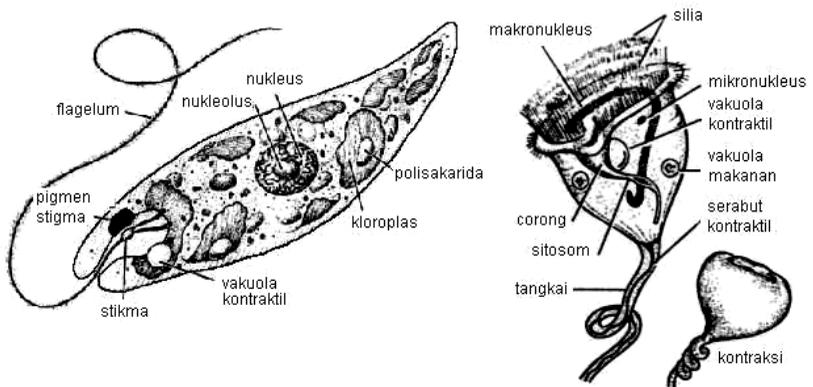
Protozoa dapat ditemukan di mana saja, baik yang hidup bebas maupun sebagai parasit. Protozoa yang hidup bebas dapat ditemukan di habitat laut, perairan tawar, dan pada tanah lembab. Beberapa spesies protozoa bahkan ada yang bersifat parasit pada organisme lain. Semua protozoa berukuran mikroskopik, umumnya memiliki panjang sel berkisar antara 5 - 5000 μ , kisaran rata-ratanya adalah antara 30 - 250 μ .

Keanekaragaman protozoa di alam sangat tinggi. Diduga masih banyak spesies yang belum dapat dikenali secara pasti. Sampai saat ini sudah 50.000 spesies yang berhasil dideskripsikan.

Protozoa tidak tersusun dari beberapa sel tunggal karena pada dasarnya setiap protozoa adalah sel tunggal yang unik dan mampu menjalani proses-proses kehidupan yang kompleks. Sel tunggal ini berfungsi seperti sebuah organisme dengan kemampuan dasar, seperti makan, digesti, bergerak, berperilaku, dan bereproduksi seperti layaknya hewan multiseluler. Kompleksitas terjadi pada pengkhususan organel-organel sel, berbeda dengan hewan multiseluler di mana pengkhususan terjadi pada sel dan jaringan.

Sebagai tambahan, kebanyakan Protozoa tidak memiliki sistem transportasi, respirasi, dan ekskresi yang khusus.

Protozoa memiliki rasio luas permukaan tubuh dengan volume tubuh yang besar sehingga memudahkan penyerapan nutrisi dari lingkungan di sekitarnya. Cara makan Protozoa amat beragam, ada yang holozoik, holofitik, parasitik, saprozoik, saprofitik, dan pemakan suspensi (*suspension feeders*). **Holozoik** adalah cara makan dengan menelan mangsanya yang berupa bakteri, alga mikroskopik (protofita), protozoa lain, dan sebagainya. Contoh spesies Protozoa holozoik adalah *Amoeba proteus* dan *Didinium nasutum* dengan *Paramecium* sebagai mangsa utamanya. Beberapa spesies Protozoa memiliki kloroplas/klorofil di dalam sitoplasma selnya sehingga mampu berfotosintesis. Protozoa yang mampu membuat makanannya sendiri melalui proses fotosintesis memiliki cara makan **holofitik**, misalnya *Euglena viridis* dan *Chlamydomonas*. **Parasitik** adalah cara makan Protozoa dengan mengambil materi organik dari hewan inang. Contoh protozoa yang parasitik adalah *Plasmodium*. Sedangkan cara makan Protozoa dengan memanfaatkan materi organik yang sudah mati disebut **saprozoik**. Cara makan **saprofitik** dan **pemakan suspensi** hampir sama, umumnya mereka memanfaatkan materi organik terlarut yang tersuspensi, contohnya *Vorticella* sp.



Sumber: Pechenik, 1996

Gambar 1.4
Euglena sp. dan *Vorticella* sp.

Protozoa memiliki ukuran sel, bentuk sel (morfologi), nutrisi, alat gerak, dan cara reproduksi yang sangat beragam. Para ilmuwan berpendapat bahwa

Protozoa diduga tidak berasal dari satu nenek moyang tunggal melainkan dari beberapa nenek moyang yang berbeda. Untuk memperkuat dugaan tersebut dapat dilihat dari hubungan kekerabatan di antara spesies Protozoa atau dari catatan fosil. Namun demikian, fosil Protozoa sangat jarang ditemukan, sedangkan yang telah ditemukan tidak banyak membantu dalam penelusuran hubungan kekerabatan, walau mempunyai banyak kesamaan. Kesamaan struktur antarspesies tentunya tidak harus diikuti dengan kedekatan hubungan evolusi karena kesamaan struktur dapat timbul pada kelompok organisme yang berbeda sebagai respons dari tekanan seleksi yang mirip. Fenomena ini dinamakan **evolusi konvergen** dan faktor-faktor tersebutlah yang menyebabkan pengelompokan Protozoa menjadi sangat sulit dan penuh kontroversi.

Sebagai organisme bersel tunggal, Protozoa tidak memiliki gonad walaupun reproduksi seksual diketahui dapat terjadi pada beberapa spesies. Bila **reproduksi seksual** terjadi maka seluruh sel akan membelah membentuk gamet atau sel itu sendiri yang bertindak sebagai gamet. Umumnya Protozoa bereproduksi secara aseksual. **Reproduksi aseksual** ditemukan pada semua kelompok Protozoa dan merupakan satu-satunya bentuk reproduksi pada kebanyakan spesies protista. Secara definitif, reproduksi aseksual tidak menghasilkan genotip baru. Protozoa dapat bereproduksi secara aseksual melalui pembelahan (*fission*). Di sini terjadi replikasi kromosom secara mitosis yang terkontrol dan pembelahan sel menjadi dua bagian atau lebih. Pembelahan seperti ini banyak dieksploitasi oleh para pakar biologi sebagai model mitosis. Pembelahan biner (*binary fission*) terjadi bila Protozoa membelah menjadi dua bagian. Pada pembelahan jamak (*multiple fission*) terjadi banyak pembelahan yang diikuti dengan diferensiasi sitoplasma secara cepat menjadi banyak individu baru. Pada pertunasan (*budding*), sebagian dari sel induk memisahkan diri dan berdiferensiasi menjadi individu baru yang sempurna. Pada spesies yang multinukleus (lebih dari satu inti), induk akan membelah menjadi dua tanpa ada pembelahan mitosis, inti-inti yang dimiliki induk didistribusikan pada sel anak. Proses pembelahan seperti ini disebut **plasmotomi**.

2. Klasifikasi

Protozoa dipisahkan dari hewan multiseluler yang terdiri dari kelompok-kelompok sel yang masing-masing kelompok melaksanakan fungsi dasar yang khusus, seperti digesti, respirasi, ekskresi, reproduksi, dan sebagainya.

Pada Protozoa, semua fungsi-fungsi dasar makhluk hidup tersebut dilaksanakan oleh tubuhnya sendiri yang terdiri dari sebuah sel. Itulah sebabnya Protozoa disebut organisme **aseluler** (bukan sel) -- walaupun kadang-kadang disebut organisme **monoseluler** (bersel satu) -- karena sudah dapat bertindak sebagai makhluk hidup yang sempurna.

Anggota Protozoa sangat berbeda satu sama lain dalam hal ukuran, bentuk tubuh, cara memperoleh makanannya, dan biologi reproduksinya sehingga banyak pakar beranggapan bahwa semua anggota protozoa berasal dari leluhur yang berbeda. Jadi, diduga secara evolusi, Protozoa cenderung polifiletik (*polyphyletic*) daripada monofiletik (*monophyletic*). Hal ini dapat ditunjukkan, antara lain oleh variasi alat-alat gerak yang dimiliki oleh spesies anggota-anggotanya.

Perbedaan morfologi alat gerak menyebabkan beberapa spesies dipisahkan dalam kelompok-kelompok tertentu. Spesies yang beralat gerak **silia** akan disatukan ke dalam Filum Ciliophora/Ciliata, yang beralat gerak **flagel** dikelompokkan ke Subfilum Mastigophora/Flagellata (Filum Sarcomastigophora), yang menggunakan **kaki semu** (pseudopodia) sebagai alat gerak dikelompokkan ke dalam Subfilum Sarcodina (Filum Sarcomatigophora), dan yang **tidak memiliki alat gerak** (sehingga ia hanya dapat bergerak dengan perubahan bentuk badan) dikelompokkan ke dalam Filum Apicomplexa (Sporozoa). Selain keempat kelompok Protozoa tersebut masih ada beberapa filum lagi yang berciri khusus dan umumnya beranggotakan sedikit spesies. Filum Sarcomastigophora dianggap sebagai Protozoa primitif karena beberapa anggotanya masih memiliki butir-butir kloroplas pada sitoplasma selnya. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat hubungan kekerabatan antara Protozoa dengan kelompok alga mikroskopis. (Saat ini, semua organisme yang berkloroplas ditetapkan dan disepakati oleh para ilmuwan sebagai tumbuhan).

3. Peranan Protozoa dalam Ekosistem

Dalam suatu rantai makanan, Protozoa memainkan peran yang penting sebagai produsen primer dan perombak (*decomposer*). Protozoa juga berperan sebagai sumber makanan bagi banyak larva hewan avertebrata atau hewan renik yang lain, bahkan anak ikan, seperti pada beberapa spesies Flagellata dan Ciliophora. Keadaan ini secara tidak langsung menempatkan Protozoa sebagai sumber makanan hewan vertebrata.

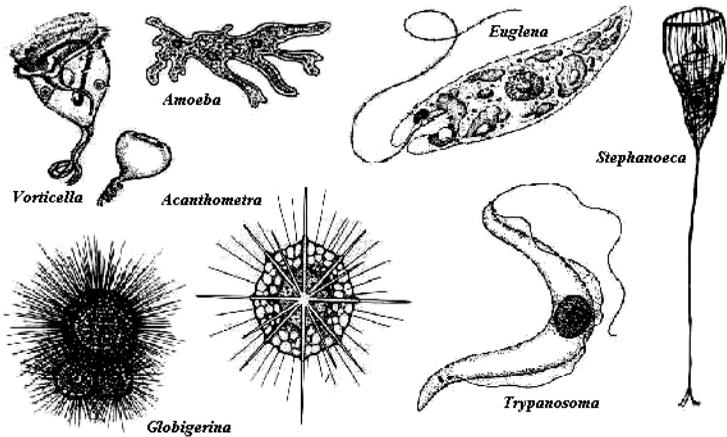
Selain itu, Protozoa juga dapat menimbulkan berbagai masalah bagi organisme lain, terutama yang berkaitan erat dengan penyakit karena hidup sebagai parasit. Beberapa penyakit pada manusia, seperti malaria (*Plasmodium*), penyakit tidur (*Trypanosoma*), dan disentri (*Entamoeba histolytica*). Beberapa penyakit ganas yang menyerang ternak, juga disebabkan oleh Protozoa parasit. Di samping itu terdapat beberapa spesies Protozoa yang hidup sebagai parasit pada ikan, di antaranya adalah *Trichodina*, *Ichthyophthirius* (Ciliophora), dan *Heneguya*.

4. Keberagaman Protozoa

a. Filum Ciliophora

Jika dibandingkan dengan kelompok protozoa lainnya, anggota dari Filum Ciliophora umumnya hidup bebas. Ciliophora memiliki bentuk dasar tubuh yang relatif seragam (*uniform*). Filum Ciliophora berisi sekitar 7500 spesies. Umumnya mempunyai silia atau struktur yang menyerupai silia untuk bergerak dan mengambil makanan. Silia sederhana sampai kompleks, dijumpai di seluruh atau sebagian stadium daur hidupnya. Setiap silia muncul dari **kinetosom** (*basal body*). Ciliophora memiliki bukaan mulut seperti corong yang disebut **sitostom** (*cytostome*). Sitostom dapat berada di bagian anterior, lateral atau ventral tubuh. Sebagian besar spesies Ciliophora mempunyai cara makan **holozoik**, beberapa spesies bersifat **raptorial** (*raptorial feeders*: mengejar mangsanya untuk ditelan), dan sebagian lagi adalah **pemakan suspensi** (*suspension feeders*). Ciliophora umumnya memangsa alga uniseluler (protofita), bakteri, protozoa lain, dan metazoa berukuran sangat kecil.

Ciliophora memiliki inti sel yang **dimorfik** (bersifat heterokaryotik/heteromorfik), yang berarti di dalam sitoplasmanya memiliki dua buah nukleus, makronukleus dan mikronukleus dengan ukuran yang berbeda. Inti yang berukuran besar (**makronukleus**) berfungsi vegetatif, sedangkan inti yang berukuran kecil (**mikronukleus**) berfungsi generatif atau reproduktif.



Sumber: Pechenik, 1996

Gambar 1.5
Ragam Protozoa

Reproduksi seksual pada Ciliophora sangat khas karena dilakukan dengan pertukaran mikronukleus dari dua individu yang memuat materi genetik (gamet) setelah mengalami beberapa kali proses pembelahan. Proses pertukaran tersebut didahului dengan perlekatan dua individu dan diiringi dengan pertukaran gamet. Proses ini disebut **konjugasi** (*conjugation*). Reproduksi aseksual dilakukan dengan **pembelahan biner** (*binary fission*).

Walaupun kebanyakan anggotanya hidup bebas di air tawar, laut, dan permukaan tanah lembab, beberapa spesies Ciliophora ada yang menempelkan diri pada substrat untuk makan. Beberapa spesies Ciliophora bahkan hidup menempel permanen (sesil) dan membentuk koloni. Mereka yang sesil biasanya membuat kantung pelindung tubuh berupa **testa** (*test*) dan **lorika** (*lorica*), seperti yang ditunjukkan oleh kelompok tintinida.

Berdasarkan ada tidaknya zona membranel adoral, Ciliophora dibagi menjadi 2 kelas ialah kelas Holotricha dan kelas Spirotricha.

1) Kelas Holotricha

Tidak memiliki zona membranel adoral (*adoral membranelles*) yang membentuk lingkaran silia yang panjang atau peristom melingkar yang bersilia. Silia somatik sederhana dan seragam. Contoh: *Prorodon*,

Balantidium, Spirochoma, Anoplohyra, Paramecium, Ancistrum, Vorticella, dan Tetrahymena.

2) Kelas Spirotricha

Memiliki zona membranel yang membentuk lingkaran silia yang panjang atau digantikan oleh peristom yang melingkar searah jarum jam dengan silia di permukaan dalamnya. Silia somatik sedikit. Contoh: *Stentor, Halteria, Tintinopsis, Epidinium, Epalxis, dan Eplotes.*

b. *Filum Sarcomastigophora*

Filum ini berisi sekitar 18.000 spesies, kebanyakan hidup bebas di lingkungan perairan tawar dan asin, tanah lembab, atau hidup parasitik pada hewan avertebrata, vertebrata, maupun tumbuhan. Sarcomastigophora adalah kelompok protozoa yang monokariotik (*mononucleate*), walaupun ada beberapa di antara anggotanya yang berinti banyak (*multinucleate*).

Banyak spesies dari filum ini memiliki sifat tumbuhan karena di dalam sitoplasmanya berisi butir-butir kloroplas untuk mendapatkan energi dari cahaya matahari, sebagian lainnya hidup dari bahan organik terlarut, dan beberapa lagi memangsa protozoa lain. Spesies yang memiliki klorofil dalam sitoplasmanya dapat menyimpan makanan dalam selnya yang berupa pati. Sebagian besar spesies Sarcomastigophora dilengkapi dengan alat gerak berupa flagel dan sebagian lagi dengan kaki semu (*pseudopodia*). Berdasarkan pada perbedaan mekanisme pergerakan tersebut, filum ini terbagi menjadi subfilum Mastigophora (beralat gerak flagel) dan subfilum Sarcodina (beralat gerak pseudopodia). Subfilum Mastigophora (*Flagellata*) terbagi lagi menjadi 2 kelas berdasarkan pada sumber nutrisinya yaitu Phytomastigophora/Phytoflagellata dan Zoomastigophora/Zooflagellata.

1) Subfilum Mastigophora (*Flagellata*)

Subfilum Mastigophora meliputi spesies-spesies Protozoa yang dilengkapi dengan flagella yang berjumlah satu atau lebih. Beberapa di antara anggotanya ada yang mempunyai cangkang. Mastigophora merupakan kumpulan Protozoa yang tergolong primitif. Anggota filum ini dapat bersifat hewan atau tumbuhan karena ada yang memiliki kloroplas. Beberapa ahli zoologi menganggap bahwa Mastigophora merupakan asal dari hewan multiseluler. Kebanyakan hidup bebas, walau ada beberapa yang parasit.

a) Kelas Phytomastigophora

Spesies Kelas Phytomastigophora bersifat tumbuhan (*autotrophic/ photolithotrophic/photoorganotrophic*) karena memiliki kloroplas dan mampu menyimpan bahan makanan dalam sel yang berupa karbohidrat dan minyak. Anggota Kelas Phytomastigophora tidak memiliki mulut dan tidak pernah membentuk vakuola makanan. Sel dilengkapi dengan dua buah flagel, anggotanya ada yang hidup soliter (contoh: *Noctiluca*) atau berkoloni (contoh: *Volvox*). Sebuah contoh ordo dari kelas ini adalah Dinoflagellata (Dinoflagellida) yang umumnya dapat **berpendar** (*bioluminescence*: menghasilkan cahaya secara biokimiawi) bila air tempat hidupnya diaduk. Ordo Phytomonadida (contohnya: *Volvox*) merupakan anggota Phytomastigophora yang memiliki kromatofor berwarna hijau, kecuali beberapa spesies berwarna merah karena mengandung hematokrom.

Spesies Dinoflagellata lainnya yang juga berpendar adalah *Noctiluca* spp. *Noctiluca* tidak memiliki klorofil, sehingga dalam memenuhi kebutuhan nutrisinya ia akan bertindak sebagai organisme heterotrof. Walaupun Phytomastigophora adalah organisme ototrof, beberapa spesiesnya menunjukkan sifat holozoik jika disimpan di tempat gelap dalam jangka waktu lama. Hal ini diperlihatkan oleh anggota-anggota dari Ordo Euglenida (contoh: *Euglena* sp.).

Beberapa spesies anggota Dinoflagellata, misalnya *Gonyaulax* dan *Pyrodinium* menghasilkan racun dan pada waktu tumbuh berlimpah (*blooming*) menimbulkan fenomena laut yang disebut **pasang merah** (*red tide*). Racun Dinoflagellata bersifat neurotoksin dan racun ini terakumulasi di dalam jaringan ikan atau udang, yang dapat mengakibatkan kematian bagi orang yang memakannya. Sejenis racun Dinoflagellata benthik yang disebut sebagai *ciguatera poisoning* juga dapat mematikan manusia bila ia memakan ikan yang di dalam tubuhnya telah terakumulasi racun ini.

Dinoflagellata berklorofil ada yang hidup sebagai simbiosis pada beberapa spesies avertebrata laut, mereka disebut *zooxanthellae*, dan berperan penting dalam memenuhi kebutuhan nutrisi inangnya.

b) Kelas Zoomastigophora

Anggota-anggotanya merupakan flagellata yang tidak mempunyai kloroplas maupun leukoplas. Mereka memiliki satu sampai beberapa buah flagel. Anggota Zoomastigophora ada yang hidup bebas, baik di

perairan tawar maupun laut, dan ada yang hidup parasitik atau komensal. Anggota Kelas Zoomastigophora yang hidup bebas di perairan tawar adalah Ordo Choanoflagellida. Setiap individu Choanoflagellida memiliki sebuah flagel yang muncul di tengah lingkaran kerahnya (*collar*). Karena Choanoflagellida bersifat sesil, ia menarik partikel makanannya dengan gerakan flagel agar menempel pada kerah sebelum ditelan. Ordo lain yang juga unik adalah Rhizomastigida (Contoh: *Tetramitus*). Setiap individu memiliki baik flagella maupun pseudopodia. Keberadaan alat-alat gerak tersebut dapat digunakan bergantian atau bahkan secara bersamaan. Spesies-spesies dari Rhizomastigida ini dianggap sebagai mata rantai penghubung antara kelompok organisme berflagel dengan organisme berkaki semu karena menunjukkan hubungan kekerabatan yang dekat di antara kedua kelompok tersebut. Walaupun Rhizomastigida biasa ditemukan di lingkungan perairan tawar, spesies-spesies yang hidup di perairan laut dan yang hidupnya parasitik juga ada.

Sekitar 25% spesies Zoomastigophora adalah **organisme parasitik** atau komensal dengan inang berupa tumbuhan, hewan avertebrata dan vertebrata termasuk manusia. Mereka yang parasitik menunjukkan tingkat kompleksitas struktur dan fungsi, termasuk daur hidup, yang tidak dipunyai oleh Sarcomastigophora lainnya. Pemandahan individu muda dari inang utama (*definitive host*) ke inang utama lainnya melalui satu atau beberapa inang perantara (*intermediate host*) yang bertindak sebagai vektor. Stadium dewasa dari individu parasitnya hanya hidup pada inang utama.

Trypanosoma spp. (Ordo Protomodadida) adalah organisme parasit yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Selain itu, beberapa spesies lainnya sebagai patogen pada tumbuhan berbunga, biri-biri, kambing, kuda, dan hewan-hewan ternak lainnya. Sebuah ciri khas yang dimilikinya adalah adanya sebuah mitokondria yang besar yang disebut **kinetoplast**. *Trypanosoma* yang berinang perantara lalat tse-tse adalah penyebab penyakit tidur afrika. Keganasan *Leishmania donovani* yang berinang lalat pasir, penyebab penyakit kala-azar (*visceral leishmaniasis*) yang banyak menimbulkan kematian penduduk. Di banyak wilayah di dunia, terutama di Asia Selatan, angka kematian dapat mencapai 95%. Yang menakjubkan dan yang sampai saat ini belum

dapat diungkap adalah mekanisme pertahanan dari parasit tersebut terhadap sistem imun dalam tubuh manusia. Parasit tersebut hidup dan dapat bertahan di dalam tubuh manusia dengan cara mengubah antigen permukaan tubuhnya (*surface coating*) untuk mengelakkan diri terhadap sistem imun manusia.

Protozoa lain yang juga dapat menginfeksi tubuh manusia adalah *Trichomonas vaginalis* (Ordo Trichomonadida) yang menjadi parasit di vagina, kelenjar prostat, dan uretra. Walaupun tidak mematikan, Protozoa ini dapat menyebabkan iritasi dan pembengkakan pada bagian-bagian tubuh tersebut. Protozoa yang morfologi tubuhnya paling kompleks ditunjukkan oleh *Trichonympha* spp. (Ordo Hypermastigida), organisme yang hidup komensal pada usus rayap dan lipas/kecoa (*Blatta* sp.). Komensalisme ini ternyata menguntungkan inangnya yang pemakan selulose sebab Protozoa tersebut membantu dalam proses dekomposisi selulose. Salah satu spesies Hypermastigida, *Trichonympha campanula*, berukuran besar (beberapa ratus mikron), dan menguasai sepertiga dari biomassa seekor rayap.

Ordo lain dari Kelas Zoomastigophora adalah Opalinida. Protozoa dari ordo ini (contohnya: *Opalina*) memiliki banyak flagel mirip silia di seluruh permukaan tubuhnya. Ordo lainnya adalah Polymastigida, anggotanya memiliki tiga hingga delapan flagel dengan inti sel dapat satu, dua atau lebih, contohnya *Chilomastix*.

2) Subfilum Sarcodina

Anggota Sarcodina bertubuh telanjang tanpa cangkang dan kebanyakan hidup di perairan tawar atau tanah lembab. Beberapa spesies mungkin dapat ditemukan hidup di perairan laut. Kebanyakan hidup bebas, hanya sebagian kecil saja (2%) dari spesies yang telah diketahui hidup sebagai parasit pada hewan vertebrata dan avertebrata termasuk Protozoa lain. Disentri amoeba adalah penyakit pada manusia yang terkenal dan disebabkan oleh salah satu anggota dari Sarcodina. Sebagian spesies Sarcodina juga ada yang hidup sebagai parasit dalam tubuh parasit lain, mereka disebut hiperparasit (*hyperparasite*).

Semua spesies Sarcodina bereproduksi secara aseksual, umumnya melalui pembelahan biner atau pembelahan jamak. Pada kasus tertentu, satu individu dapat menghasilkan gamet dan melakukan peleburan gamet dengan individu lainnya. Pembentukan sista sangat umum pada anggota

Sarcodina, khususnya pada spesies yang hidup bebas di perairan tawar dan parasit. Hal ini dilakukan sebagai pertahanan diri terhadap kondisi lingkungan yang tidak mendukung.

Anggota subfilum Sarcodina bergerak dengan kaki semu (pseudopodia) yang berupa penjurulan sitoplasma. Terdapat empat tipe pseudopodia berdasarkan penjurulan sitoplasma. **Lobopodia**, penjurulan tumpul dari ektoplasma yang diikuti dengan endoplasma, adakalanya dapat membentuk beberapa percabangan. **Filopodia**, penjurulan ektoplasma tanpa diikuti dengan endoplasma, biasanya berbentuk runcing seperti filamen. **Reticulopodia/Rhizopodia**, penjurulan ektoplasma tanpa diikuti dengan endoplasma, biasanya berbentuk runcing bercabang dan bepotongan membentuk seperti jala (anastomose). **Axopodia**, penjurulan terjadi hanya pada endoplasmanya saja tanpa diikuti oleh ektoplasma, biasanya permanen, kaku dan bercabang banyak. Selain sebagai alat gerak, kaki semu juga digunakan untuk menangkap makanan yang berupa bakteri, dan alga mikroskopis, Protozoa lain adalah larva kopepoda atau nematoda. Cara makan hewan ini heterotrofik. Pada beberapa spesies dapat kehilangan flagel dan bergerak secara ameboid. Sel Sarcodina dapat dilengkapi cangkang (*skeleton*) kapur dengan struktur yang menarik dan kompleks.

Sarcodina merupakan satu-satunya Protozoa yang mempunyai catatan fosil paling banyak. Subfilum Sarcodina dikelompokkan menjadi empat kelas yaitu Amoebida, Foraminifera, Heliozoa, dan Radiolaria. Pengelompokan tersebut terutama didasarkan pada bentuk alat geraknya.

a) Kelas Amoebida

Sel tanpa cangkang dengan ukuran yang bervariasi. Kebanyakan hidup di air tawar, beberapa spesies ada yang hidup di laut, bahkan ada yang hidup sebagai parasit. Spesies bercangkang sebagian besar hidup di air tawar dan tanah lembab yang banyak ditumbuhi alga atau banyak mengandung bahan organik. Pseudopodia tipe lobopodia, dengan ujung bulat berbentuk tabung, terdiri atas penjurulan ektoplasma dan endoplasma. Contohnya: *Amoeba proteus*, *Entamoeba histolytica*, *Arcella*, *Diffugia*, dan *Euglypha*.

b) Kelas Foraminifera

Foraminifera ada yang hidup sesil di laut sebagai bentos (*Homotrema*) atau melayang sebagai plankton (*Globigerina*). Sel

foraminifera terbungkus dalam cangkang yang terbuat dari kapur. Cangkang dapat memiliki satu ruang (*unilocular*) atau banyak ruang (*multilocular*). Pergerakan dilakukan dengan pseudopodia yang disebut **retikulopodia**. Contohnya, *Globigerina*, *Polystomella*, dan *Nummulites*.

c) Kelas Heliozoa

Heliozoa hidup bebas sebagai plankton atau bentik di perairan tawar. Beberapa spesies bentik ada yang dilengkapi dengan alat pelekat. Pergerakan dilakukan dengan pseudopodia berbentuk jarum yang disebut **aksopodia** (*axopodia*). Sel Heliozoa tanpa cangkang atau adapula yang memiliki cangkang berbahan silika. Contohnya ialah *Pinaciophora fluviatilis*, *Actinophrys*, *Actinosphaerium*, dan *Clathrulina*.

d) Kelas Radiolaria

Seluruh anggota Radiolaria hidup di laut sebagai plankton. Diameter sel dapat mencapai beberapa milimeter, yang berkoloni (*Collozoum*) ukurannya bahkan dapat mencapai 20 cm. Bentuk sel sferikal (*spherical*). Sel dibungkus oleh cangkang yang mengandung silikat, pada *Achantaria* bahkan banyak mengandung **stronsium sulfat**. Pseudopodia tipe aksopodia, memiliki penjuluran sitoplasma yang tersebar di seluruh permukaan sel secara radial. Bila Foraminifera dan Radiolaria mati, cangkangnya akan mengendap sebagai sedimen. Sedimen berupa cangkang Foraminifera dan Radiolaria dengan komposisi lebih dari 30% disebut “*radiolarian ooze*”. Contohnya *Acanthometra*, *Thalassiocola*, *Lithocircus*, dan *Aulactinium*.

3) Filum Apicomplexa (Sporozoa)

Jumlah spesies filum ini sekitar 4.500 dan semuanya hidup sebagai endoparasit. Seluruh anggota dari filum ini tidak memiliki alat gerak, tubuhnya ada yang seperti *Amoeba*. Sporozoa terbagi menjadi dua kelas berdasarkan jumlah nukleus pada trofozoit (*trophozoite*) ialah kelas Telosporidea dan kelas Neosporida.

a) Kelas Telosporidea

Trofozoit memiliki hanya satu nukleus. Anggotanya dapat menghasilkan spora sederhana yang mengandung beberapa sporozoit. Kelas Teosporidea dapat dibagi menjadi dua kelompok

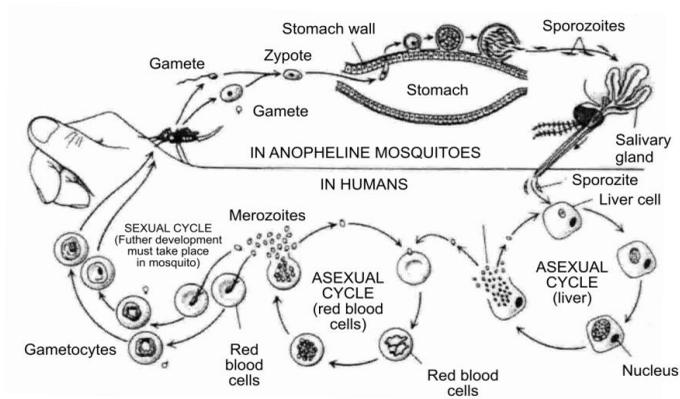
berdasarkan inangnya, pertama kelompok Gregarina dan yang kedua adalah kelompok Coccidia.

Gregarina berenang serangga dan beberapa hewan avertebrata lain. Trofozoit berada di luar sel inangnya (**ekstrasel**). Betina menghasilkan **merogamet**. Anggotanya kebanyakan hidup sebagai parasit di dalam usus hewan-hewan Arthropoda atau Annelida. Contohnya *Monocystis* dan *Gregarina*.

Coccidia berenang utama vertebrata dan avertebrata sebagai inang perantara. Umumnya *Coccidia* hidup sebagai parasit pada darah atau usus. Trofozoit selamanya berada di dalam sel (**intrasel**). Betina menghasilkan **hologamet**. Salah satu genus yang terkenal adalah *Plasmodium*. Spesies-spesies dari genus ini dikenal sebagai penyebab penyakit malaria. Daur hidup dan cara reproduksinya sangat rumit. Nyamuk betina dari genus *Anopheles* adalah vektor yang sangat baik dalam penyebaran penyakit ini (Gambar 1.5). Anggota filum Sporozoa hidup sebagai parasit dalam inang yang dapat berupa hewan vertebrata dan avertebrata. Siklus hidup meliputi fase seksual dan fase aseksual. Stadium infeksi disebut **sporozoit**. Ia masuk ke dalam inang dan melakukan perbanyakan aseksual dengan pembelahan sehingga menghasilkan **merozoit**.

b) Kelas Neosporida

Anggota Neosporida memiliki trofozoit dengan banyak nukleus. Spora kompleks. Contoh spesiesnya adalah *Nosema bombycis* yang hidup sebagai parasit pada jaringan tubuh ulat sutera. Ulat sutera yang terinfeksi *N. bombycis* akan terlihat bercak-bercak karena pigmen-pigmentnya terlihat di kutikula. Spesies dari genus yang sama yaitu *N. apis* juga merupakan parasit pada saluran pencernaan lebah madu.



Sumber: Ruppert & Barnes, 1994

Gambar 1.6
Siklus Hidup Plasmodium

B. PORIFERA

1. Ciri Umum

Anggota filum Porifera (Yunani: *poros*, pori atau saluran; Latin: *feres*, memiliki) dikenal sebagai spons (*sponges*). Spons kebanyakan hidup di perairan dangkal, sebagian besar atau 5.000 spesies (98%) hidup di laut dan sisanya hidup di perairan tawar (150 spesies). Hewan ini hidup sesil, menempel pada berbagai macam substrat, seperti batu-batuan, pecahan cangkang, dan karang. Beberapa spesies bahkan ada yang hidup di pasir dan dasar lumpur. Selama hidupnya spons sangat tergantung pada partikel-partikel tersuspensi di dalam air sebagai makanannya.

Porifera diduga sebagai hewan multiseluler yang paling primitif karena belum dijumpai adanya diferensiasi sel sehingga tubuhnya dalam beberapa hal menyerupai koloni Protozoa. Tidak seperti pada hewan multiseluler pada umumnya, Porifera tidak memiliki organ khusus untuk reproduksi, digesti, respirasi, sensori ataupun ekskresi. Sudah sekitar 100 tahun para pakar menganggap Porifera adalah Protozoa berkoloni. Sebenarnya Porifera merupakan Parazoa yang mempunyai organisasi pada tingkat sel saja. Secara evolusi, Parazoa diperkirakan merupakan golongan hewan yang menyimpang

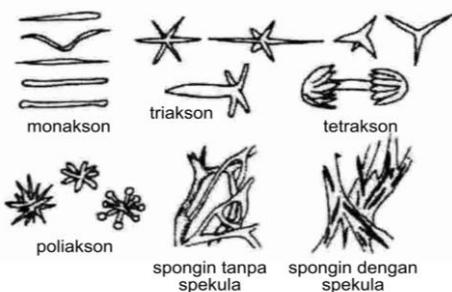
jalurnya. Kelompok hewan ini diduga mungkin merupakan bentuk peralihan antara Protozoa dengan Mesozoa.

Hewan ini umumnya adalah asimetri dan beberapa spesies lain menunjukkan simetri radial. Spons dapat mencapai ukuran 0,9 m dengan warna cerah, ada yang putih, hijau, kuning, ungu, dan jingga. Spons yang berwarna hijau biasanya disebabkan oleh adanya alga simbiotik di dalam tubuhnya yang disebut **zoochlorellae**.

Bentuk Porifera umumnya, seperti jambangan bunga atau karung dengan rongga di dalam tubuhnya yang disebut **spongoselom** (*spongocoelom* / *spongocoel*) dan mulut karungnya disebut **oskulum** (*osculum*). Pada Porifera yang sederhana, dinding rongga spongosel berisi sel-sel bercorong dan berflagel yang disebut **koanosit** (*choanocytes*, *collar cells*). Sel-sel koanosit tersebut berfungsi sebagai pemicu terjadinya aliran air dari luar ke dalam tubuhnya, menangkap partikel-partikel makanan, dan menangkap spermatozoa yang datang untuk fertilisasi. Sel-sel koanosit bertumpu pada lapisan bergelatin, aselular, dan tak hidup yang disebut **lapisan mesohil** (*mesohyl layer*). Walaupun tak hidup, lapisan ini berisi sel-sel hidup, seperti sel-sel ameboid yang disebut **arkeosit** (*archoocytes*). Sel-sel arkeosit selain berfungsi dalam pengeluaran bahan-bahan tak berguna sisa metabolisme, juga menunjang pembentukan spikula atau spongin (semacam protein kolagen). Sel-sel yang menyekresi spikula disebut **sklerosit** (*sclerocytes*) dan yang mensekresi serat-serat spongin disebut **spongosit** (*spongocytes*). **Spikula** amat beragam bentuknya tergantung pada spesiesnya, ada yang berbentuk jarum (monakson), bintang, bercabang tiga (triakson), bintang bercabang empat (tetraakson) atau bintang bercabang banyak (poliakson) (Gambar 1.6). Spikula tidak

selalu terdapat di dalam spongin.

Dinding tubuh Porifera berlubang-lubang kecil seperti pori-pori yang disebut **ostium**. Aliran air yang terjadi akibat gerakan flagel dari sel-sel koanosit akan menyebabkan air dari luar tubuh mengalir memasuki spongosel melalui lubang-lubang ostium dan ke



Sumber: Kadri, 1990

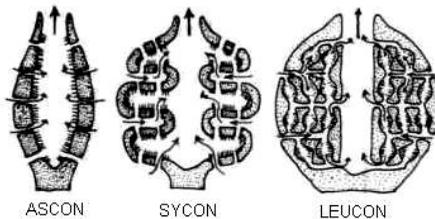
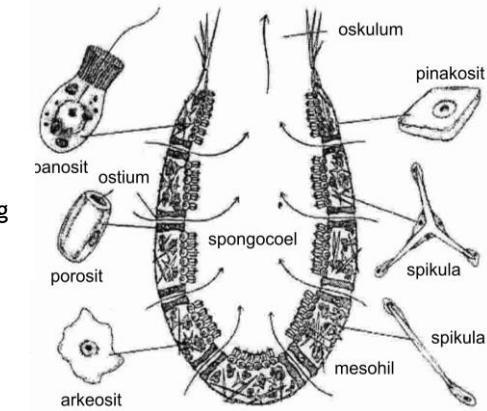
Gambar 1.7
Ragam Bentuk Spikula Spons

luar melalui oskulum. Aliran air yang seperti ini hanya ada dan khas pada hewan Porifera. Bagian-bagian potongan melintang sebuah spons dapat dilihat pada Gambar 1.8.

Pada saat-saat tertentu dalam satu tahun, banyak spesies spons air tawar dan beberapa spons air laut yang memproduksi **gemula** (*gemmules*). Gemul (Gambar 1.9a) berbentuk sferikal (*spherical*), berukuran kurang lebih 3 mm dan merupakan struktur dorman yang diproduksi sebagai antisipasi terhadap kondisi lingkungan yang buruk. Jika kondisi lingkungan membaik, sel-sel hidup ke luar dari dalam gemul dan segera berubah bentuk menjadi spons baru. Selain itu spons juga memiliki daya regenerasi yang baik.

2. Klasifikasi

Sumber: Pechenik, 1996
Gambar 1.8
Bagian-bagian Melintang
Spons



Sumber: Kadri, 1990

Gambar 1.9
Tipe Saluran Air pada Spons

Filum Porifera sampai saat ini terbagi menjadi kelas Calcarea, Demospongiae, Sclerospongiae, dan Hexactinellida. Mereka dikelompokkan menjadi empat kelas berdasarkan bentuk sistem aliran airnya yaitu **askon** (*asconoid*), **sikon** (*syconoid*), dan **leukon** (*leuconoid*). Hampir semua spesies berbentuk leukon (Gambar 1.9). Selain ketiga bentuk tadi, Porifera juga dapat dipisahkan menjadi beberapa kelompok berdasarkan komposisi kimiawi

tubuhnya dan morfologi dari elemen penunjang tubuh seperti spikula. Anggota dari kelas Calcarea berspikula kapur dan berbentuk askon, sementara kelas yang terbesar (berisi lebih dari 4.000 spesies). Demospongiae berspikula spongin atau silika tapi bukan kapur dan umumnya berbentuk leukon. Semua anggota spons air tawar digolongkan ke dalam kelas Demospongiae. Kelas Sclerospongiae hanya berisi beberapa spesies berbentuk leukon dan materi rangkanya adalah kapur, silika, dan spongin. Beberapa pakar menganggap semua spesies Sclerospongiae sebenarnya dapat dimasukkan ke dalam kelas Calcarea dan Demospongiae daripada memunculkan kelas Sclerospongiae.

Hexactinellida adalah kelompok spons yang spikulanya bercabang enam dan berbahan silisium, dikenal sebagai **spons gelas** (*glass sponges*). Sistem kanalnya dapat berbentuk sikon ataupun leukon. Hampir semua spons menyukai air dangkal, tetapi spons gelas umumnya hidup di laut dalam.

3. Peranan Porifera dalam Ekosistem

Porifera adalah salah satu komponen utama dari komunitas akuatik, terutama di perairan dangkal. Mereka hidup bersaing dengan Metazoa sesil dalam hal memperoleh makanan dan khususnya ruang hidup. Spons ternyata juga dapat menjadi habitat bagi Cyanobacteria, sebaliknya Cyanobacteria akan menyuplai oksigen dan nutrisi untuk spons. Beberapa spesies hewan avertebrata, terutama yang berukuran kecil ada yang hidup dalam saluran-saluran spons. Hewan-hewan tersebut akan terlindungi dan mendapat suplai oksigen yang cukup karena air terus mengalir. Selain itu, spons juga menjadi makanan dari beberapa hewan karang. Beberapa spesies ikan karang, penyu, dan moluska, terutama Nudibranchia merupakan pemakan spons laut.

Spons mempunyai daya pertahanan yang baik terhadap bakteri. Hewan ini terbebas dari infeksi bakteri dengan cara mengeluarkan semacam zat antibakteri (*antibacterial secretion*). Sebetulnya masalah yang dihadapi oleh spons bukan karena predasi atau infeksi, tetapi menemukan substrat yang cocok untuk perlekatan. Kompetitor utama dalam hal ini adalah karang. Beberapa spons menghindari karang dengan cara mengeluarkan zat yang dapat menghambat pertumbuhan karang.

4. Keragaman Porifera

a. Kelas Calcarea (*Calcispongiae*)

Anggota kelas Calcarea terdiri dari spesies dengan spikula kapur (CaCO_3) karenanya kelas ini umumnya disebut **spons kapur** (*calcareous sponges*) karena terbentuk dari bahan kapur. Bentuk sistem kanal bertipe **askon, sikon** atau **leukon**, dengan koanosit besar. Spikula terbuat dari kalsit dengan percabangan yang menjari empat (tetrakson) dan berbentuk jarum (monakson). Warna pucat, panjang kurang dari 4 cm. Semua anggota kelas Calcarea hidup di laut, di tempat dangkal. Kelas Calcarea terdiri atas 16 famili. Di sini dipaparkan hanya dua famili saja yang umum dikenal, yaitu Leucosoleniidae dan Grantiidae.

1) Famili Leucosoleniidae

Anggota famili Leucosoleniidae yang memiliki tipe kanal askon hanya satu genus. Kebanyakan hidup dan tersebar mulai wilayah intertidal sampai di kedalaman lebih dari 2400 m. Contoh: *Leucosolenia* spp.

2) Famili Grantiidae

Semua anggota spesies Grantiidae tersebar dari wilayah intertidal sampai pada kedalaman 2200 m. Contoh: *Grantia* spp. (*Scypha* spp.)

b. Kelas Demospongiae

Jumlah anggota kelas Demospongiae meliputi 90% lebih dari semua spesies anggota Porifera yang masih hidup saat ini (± 5.000 sp.) dan terbagi ke dalam 65 famili. Termasuk di dalamnya juga spesies yang hidup di perairan tawar (150 spesies).

Semua anggota Demospongiae bertipe kanal leukon dengan koanosit kecil dan hanya berada di ruang flagelum saja. Mempunyai spikula dari silikat dengan jumlah percabangan lebih dari enam dan tubuhnya selalu memiliki serat-serat yang disebut **spongin**. Kelas Demospongiae dapat ditemukan di kedalaman sampai dengan 9.000 m. Empat famili yang umum dijumpai dipaparkan di sini, yaitu Clionidae, Spongiidae, Halicionidae, dan Spongiliidae.

1) Famili Clionidae

Anggota-anggota Clionidae yang semuanya berhabitat laut, hidup dengan cara membuat lubang pada substrat kapur seperti cangkang moluska dan karang. Spikula bersilika dengan tipe monakson. Distribusi

anggota famili ini mulai dari perairan dangkal sampai di kedalaman 2100 m. Contohnya, *Cliona* sp.

2) Famili Spongiidae

Terdiri atas 2 genera, berhabitat laut, tersebar mulai dari wilayah tropis sampai ke kutub. Contohnya, *Spongia* sp., *Hippospongia* sp.

3) Famili Halicionidae

Anggota famili Halicionidae umum ditemukan di perairan dangkal, walaupun ada yang dapat hidup di kedalaman sampai 2500 m. Contoh: *Haliclona* sp.

4) Famili Spongiliidae

Anggota famili Spongiliidae berjumlah sekitar 150 spesies, hampir semuanya hidup di perairan tawar. Spikula bersilika dengan tipe monakson. Ada yang berukuran diameter 1 m. Beberapa spesies dijumpai di perairan payau. Contohnya, *Spongilla* sp.

c. *Kelas Sclerospongiae (Hyalospongiae)*

Kelas Sclerospongiae terbagi menjadi 5 famili. Anggota famili ini bertipe kanal **leukon**, berlapiskan kapur, spikula silika, dan serat-serat spongin. Contohnya, *Stromatospongia* sp.

d. *Kelas Hexactinellida (Hyalospongiae)*

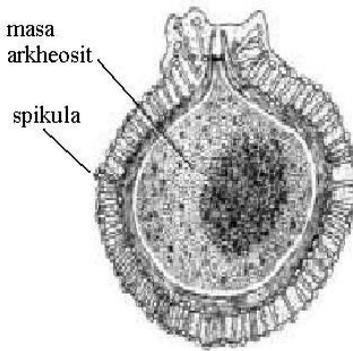
Anggota kelas Hexactinellida biasa dikenal sebagai **spons gelas** (*glass sponges*) karena spikulanya terbuat dari silika. Spikula bercabang empat (tetrakson) atau enam (heksatin) dan melekat bersama pada rangka silindris dan konikal. Tinggi berkisar antara 10-30 cm. Anggota famili ini umumnya hidup di laut dalam, mulai dari kedalaman 200-300 m bahkan ada yang sampai 6000 m dan tidak pernah ditemukan pada perairan dangkal. Tubuh Hexactinellida hampir-hampir tidak memiliki mesohil dan pinakoderm, keduanya digantikan oleh sinsitia (*syncytia*/sel-sel yang menyatu). Ruang berflagel yang berbentuk oval juga dibatasi oleh sinsitia sehingga kelas ini juga dimasukkan ke dalam filum Simplasma. Saluran kanal bertipe sikon dan leukon dengan koanosit berukuran kecil. Kelas ini terbagi atas 16 famili. Famili Euplectellidae adalah salah satu famili yang paling dikenal. Contoh: *Euplectella* sp. (*Venus' flower basket*) dan *Hyalonema*.

5. Reproduksi dan Perkembangan

Spons dapat melakukan perbanyakannya (reproduksi) dengan cara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dapat dilakukan dengan cara bertunas (*budding*), beberapa spesies terutama dari kelas Hexactinellida, arkeositnya bahkan dapat membentuk tunas luar, biasanya pada tangkai yang panjang. Tunas-tunas tersebut, kemudian akan terbawa aliran arus dan membentuk spons baru. Selain itu, spons juga dapat bereproduksi dari tunas dalam yang disebut **gemula**. Spons air tawar dan beberapa spesies spons laut dapat mengebor cangkang *Cliona lampa*.

Reproduksi seksual juga dapat dilakukan oleh spons, seperti halnya pada semua hewan. Spons tidak dapat bergerak untuk menemukan pasangannya, mereka sangat bergantung pada arus air untuk meyakinkan bahwa sperma menemukan sel telur dari spesies yang sama. Hampir semua individu adalah hermafrodit (monesis), tetapi tiap individu dapat menghasilkan sel telur dan sel sperma pada waktu yang berbeda. Sehingga, terjadinya pembuahan sendiri (*self-fertilization*) dapat dihindari. Jenis kelamin kelihatannya hampir sama pada spesies diesis. Dengan mengamati gamet yang dihasilkan oleh tiap individu akan terlihat bahwa jumlah betina lebih banyak jika dibanding jantan. Sperma sering kali dilepaskan dalam jumlah yang luar biasa banyaknya sehingga akan terlihat, seperti *smoking sponge* (Gambar 1.9b). Sperma hanyut terbawa aliran air dan akan masuk ke dalam spons lain melalui ostium dan ditangkap oleh koanosit. Jika sperma yang masuk berasal dari spesies yang sama, koanosit akan melepaskan kerah (*collar*) dan flagelnya serta membawa sperma tersebut ke sel telur. Sebaliknya jika sperma berasal dari spesies lain, koanosit tidak akan melepas collar dan flagel.

Perkembangan spons tidak terjadi secara langsung, melainkan melalui bentuk larva yang sudah menyerupai spons dewasa. Diduga spons mampu menghasilkan rata-rata 4-5 larva tiap menit, selama 3-4 hari. Hampir semua spesies Demospongiae dan beberapa spesies dari kelas-kelas lain menghasilkan larva yang disebut **parenkimula** (*parenchymula*). Larva mempunyai flagel untuk bergerak dan berenang selama lebih 2 hari untuk mencari habitat baru. Jika beruntung dan tidak dijadikan mangsa oleh organisme lain, mereka akan mengendap dan mulai berkembang menjadi spons dewasa.



A



B

Sumber: Ruppert & Barnes, 1994

Gambar 1.10
Gemula (A) dan Pelepasan Sperma Spons (B)

C. PLACOZOA

Pada tahun 1883 ditemukan organisme multiseluler yang disebut *Trichoplax adhaerens* di dalam air akuarium. Hewan ini berbentuk pipih, berdiameter 2-3 mm, dan tubuhnya tersusun oleh dua lapisan sel-sel epitel bersilia. Di antara sel-sel tersebut terdapat lapisan sel longgar yang terdiri dari **sel-sel stelat** (*stelate*/berbintang) serta bersifat kontraktile yang membentuk semacam jaringan penyokong. Sel pada bagian tepi tubuh bentuknya tidak teratur dan selalu berubah-ubah seperti *Amoeba*. Hewan bergerak dengan cara merayap melewati substrat dengan menggunakan siliannya yang lebih banyak terdapat pada permukaan bagian ventral tubuh. Placozoa *Trichoplax adhaerens* mungkin merupakan hewan Metazoa yang sangat sederhana dan dianggap paling primitif.

1. Ciri Umum

Kata placozoa berasal dari bahasa Yunani: *placos*, yang berarti pelat pipih dan *zoon* berarti hewan, jadi Placozoa adalah filum hewan yang memiliki pelat pipih pada tubuhnya. Hewan Placozoa umumnya berukuran kecil dan jarang sekali yang melebihi 1 mm. Tubuh terdiri atas banyak sel

yang terpisah menjadi dua lapisan yang masing-masing berisi ribuan sel yang tidak terspesialisasi menjadi jaringan. Sel-sel pada lapisan dinding ventral berbentuk kolumnar yang dilengkapi dengan sebuah flagel pada tiap sel. Tubuh Placozoa berbentuk seperti spons, **asimetri**, dan tanpa organ maupun jaringan. Oleh karena itu, hewan ini tentunya juga tidak memiliki saluran pencernaan, sistem saraf, dan jaringan otot. Seperti halnya spons, Placozoa tidak dilengkapi dengan organ indera khusus. Placozoa bergerak merayap, seperti *Amoeba*. Namun demikian, pada stadium tertentu mampu bergerak bebas dengan bantuan flagel dan bersifat planktonik. Placozoa hidup di laut, kadangkala terbawa ke dalam akuarium air laut.

Placozoa memiliki enzim pencernaan yang mampu menghancurkan sel alga atau protozoa sebagai makanannya. Makanan diserap masuk ke dalam tubuh melalui sel-sel lapisan ektodermal dan endodermal dengan bantuan enzim. Sistem reproduksi pada hewan ini tidak diketahui secara pasti. Placozoa memperbanyak diri dengan cara **reproduksi aseksual** yaitu pertunasan, fragmentasi atau membelah diri. Individu baru terbentuk setelah melepaskan diri dari induknya.

2. Klasifikasi

Hanya terdapat satu jenis anggota filum Placozoa yaitu *Trichoplax adhaerens*. Hubungan antara Placozoa dengan hewan Metazoa yang lain tidak jelas. Yang jelas hewan ini mempunyai bentuk seperti Porifera. Ada dugaan bahwa Placozoa merupakan perkembangan awal dari Metazoa. Informasi biologi tentang hewan ini sangat jarang atau sedikit sekali walaupun sudah dikenal sejak 100 tahun yang lalu.



Sumber: Pechenik, 1996

Gambar 1.11
Trichoplax Adhaerens

3. Peranan Placozoa dalam Ekosistem

Tidak banyak informasi mengenai peran hewan ini di dalam ekosistem. Barangkali Placozoa berperan sebagai sumber makanan bagi hewan-hewan pemakan plankton (**planktivora**). Dalam suatu rantai makanan, placozoa diduga juga berperan sebagai transfer energi ke hewan yang lebih tinggi tingkatannya karena memakan lapisan alga atau protozoa.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Berikan penjelasan mengapa Protozoa tidak dapat disebut sel, hewan monoseluler, tetapi sudah merupakan hewan yang aseluler!
- 2) Protozoa merupakan hewan dengan ciri unik yaitu memperlihatkan sifat hewan dan tumbuhan. Tuliskan, ciri apa saja yang menunjukkan bahwa Protozoa itu juga, seperti tumbuhan?
- 3) Jelaskan karakteristik apa saja yang dijadikan dasar pembagian Protozoa ke dalam beberapa kelompok?
- 4) Spons merupakan salah satu kelompok hewan perairan dengan tubuh multiseluler. Namun demikian, spons tetap merupakan hewan multiseluler yang primitif. Berikan penjelasan mengapa demikian!
- 5) Porifera dapat dibagi menjadi empat kelas berdasarkan tipe saluran air, komposisi bahan kimiawi tubuhnya dan morfologi dari elemen penunjang tubuhnya seperti spikula. Tuliskan keempat kelas dari Porifera tersebut beserta ciri karakteristik yang mendukungnya!
- 6) *Trichoplax adhaerens* adalah Placozoa dan merupakan hewan multiseluler. Mengapa hewan tersebut dikatakan metazoa yang sangat sederhana dan paling primitif? Berikan penjelasan!
- 7) Berikan pendapat, bagaimana kedudukan hewan Placozoa dengan Metazoa?

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Menurut batasannya sel adalah satu unit massa protoplasma yang merupakan bagian tubuh dari Metazoa sehingga sel tidak dapat berdiri sendiri. Protozoa memang sebuah sel, tetapi dapat berdiri sendiri dalam arti mencari makan, bergerak, dan bereproduksi yang pada dasarnya memperlihatkan ciri-ciri organisme hidup. Berdasarkan batasan tersebut Protozoa adalah hewan yang aseluler.
- 2) Protozoa memperlihatkan sifat tumbuhan terutama dilihat dari ciri-ciri sebagai berikut.

- a. Ada spesies Protozoa yang memiliki kloroplas. Misalnya, *Euglena viridis*.
 - b. Protozoa yang memiliki klorofil dapat menyimpan cadangan makanan berupa pati.
 - c. Cara makan Protozoa ada yang holofitik, seperti pada tumbuhan.
 - d. Protozoa juga memperlihatkan perbanyakan diri dengan tunas (*budding*).
- 3) Protozoa dibagi menjadi beberapa kelompok terutama didasarkan pada perbedaan morfologi alat geraknya. Protozoa yang beralat gerak silia dikelompokkan dalam filum Ciliophora, yang beralat gerak flagela ke filum Sarcomastigophora (sf. Mastigophora), yang menggunakan kaki semu sebagai alat gerak ke filum Sarcomastigophora (sf. Sarcodina), dan yang tidak memiliki alat gerak ke filum Apicomplexa (Sporozoa).
 - 4) Spons diduga sebagai hewan multiseluler yang mungkin paling primitif karena belum dijumpai adanya diferensiasi sel sehingga tubuhnya dalam beberapa hal menyerupai koloni protozoa. Tidak seperti pada hewan-hewan Metazoa yang lain, spons tidak memiliki organ khusus untuk bereproduksi, digesti, respirasi, sensori, ataupun ekskresi.
 - 5) Filum Porifera sampai saat ini terbagi menjadi 4 kelas, ialah Calcarea, Demospongiae, Sclerospongiae, dan Hexactinellida. Mereka dikelompokkan ke dalam kelas-kelas tersebut berdasarkan bentuk sistem aliran air (askon, sikon, dan leukon), komposisi kimiawi tubuh, dan spikula. Calcarea berspikula kapur dan berbentuk askon; Demospongiae berspikula spongin atau silika dan umumnya berbentuk leukon; Sclerospongiae berspikula kapur, silika, dan spongin dan berbentuk leukon; Hexactinellida berspikula silisium dan bercabang enam serta berbentuk sikon atau leukon.
 - 6) Seperti halnya Mesozoa dan Porifera, *Trichoplax adhaerens* (Placozoa) juga merupakan hewan multiselular, tapi sel-sel tubuhnya belum terdiferensiasi. Tubuh hewan ini hanya tersusun oleh 2 lapisan sel-sel bersilia.
 - 7) Sekali lagi, Placozoa jelas merupakan hewan multiseluler, tapi sel-sel tubuhnya tidak atau belum terdiferensiasi menjadi jaringan. Berbeda dengan Mesozoa yang tubuhnya mirip koloni protozoa, Placozoa tubuhnya mirip porifera. Oleh karena itu, barangkali Placozoa kedudukannya berada di antara Protozoa/Porifera dan Metazoa.

**RANGKUMAN**

Protozoa merupakan hewan bersel tunggal yang berukuran mikroskopis dan bersifat eukariotik. Selain berperan penting sebagai produsen dan dekomposer dalam rantai makanan, protozoa juga dapat menyebabkan penyakit ganas pada manusia dan ternak. Reproduksi pada Protozoa dapat dilakukan secara seksual maupun aseksual yang meliputi pembelahan biner (binary fission), pembelahan jamak (multiple fission), pertunasan (budding), dan plasmotomi.

Filum Protozoa terdiri atas Subfilum Sarcomastigophora yang berflagela, Sarcodina yang diciptakan memiliki pseudopodia, sporozoa yang mampu membentuk spora dan umumnya bersifat parasitik, serta Ciliophora yang tubuhnya dikelilingi oleh cilia. Subfilum Sarcodina terbagi menjadi empat kelas utama yaitu Amoebida, Foraminifera, Heliozoa, dan Radiolaria.

Filum Porifera tersusun atas hewan-hewan multiseluler primitif yang disebut dengan istilah spons. Rangka tubuh spons tersusun atas spikula yang bervariasi bentuknya dan penting sebagai karakter untuk identifikasi dan klasifikasi. Reproduksi pada spons dapat dilakukan secara aseksual maupun seksual. Spons bersimbiosis mutualistik dengan Cyanobacteria ketika spons menyediakan ruangan bagi Cyanobacteria, dan sebaliknya Cyanobacteria menyediakan oksigen dan nutrisi bagi spons. Porifera tersusun atas kelas Calcarea (spons sejati), Hexactinellida (spons gelas), Sclerospongiae, dan Demospongiae.

Filum Placozoa merupakan hewan multiseluler yang memiliki bentuk seperti spons. Tubuh terdiri atas dua lapis sel tanpa organisasi yang jelas. Anggota filum ini hanya satu jenis yang diketahui yaitu *Trichoplax adhaerens* dan hidup di laut.

**TES FORMATIF 3**

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Peranan Protozoa di dalam suatu ekosistem yang utama adalah sebagai....
 - A. produsen primer
 - B. produsen sekunder
 - C. kompetitor
 - D. dekomposer

- 2) *Globigerina*, salah satu spesies foraminifera yang dikelompokkan ke dalam subfilum Sarcodina oleh karena
 - A. bergerak dengan pseudopodia
 - B. berinti banyak
 - C. tubuhnya tak bercangkang
 - D. tidak memiliki alat gerak

- 3) Ciri karakteristik yang menjadi pembeda antara hewan Placozoa dan Porifera adalah....
 - A. jumlah sel tubuh
 - B. pelat tubuh
 - C. simetri tubuh
 - D. cara bergerak

- 4) Dinding Porifera terdiri dari dua lapisan. Lapisan dalam yang terdiri dari lapisan sel berbentuk leher disebut
 - A. amebosit
 - B. koanosit
 - C. porosit
 - D. sistoblast

- 5) Porifera dapat mempertahankan diri terhadap perubahan lingkungan yang sangat ekstrem dengan cara membentuk
 - A. sista
 - B. kuncup
 - C. gemul
 - D. spora

- 6) Spons dapat digolongkan ke dalam Porifera oleh karena memperlihatkan ciri karakteristik
 - A. tubuh berlubang-lubang kecil
 - B. memiliki satu lubang besar
 - C. belum memiliki saraf
 - D. mempunyai rongga makanan

- 7) Perbanyak hewan Placozoa dapat dilakukan dengan cara
 - A. peleburan gamet
 - B. hermafrodit
 - C. fragmentasi
 - D. partenogenesis

- 8) Placozoa dapat menghancurkan materi organik sebagai makanannya karena pada dasarnya hewan ini memiliki
- A. enzim pencernaan
 - B. saluran pencernaan
 - C. mulut
 - D. jawaban A, B, dan C benar

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) Jawaban yang benar adalah A. Jawaban yang lain salah, jawaban B adalah tentang Taksonomi Hewan, jawaban C tentang Klasifikasi Hewan, dan jawaban D tentang Sistematika Hewan.
- 2) Jawaban yang benar adalah B. Jawaban A, C, dan D, salah sebab menyangkut kriteria klasifikasi yang lain.
- 3) Jawaban yang benar adalah D (Spesies adalah salah satu tingkatan takson dalam hirarki klasifikasi, jadi bukan takson). Jawaban yang lain adalah takson.
- 4) Jawaban yang benar adalah D. Opsi A, B, dan C benar.
- 5) Jawaban yang benar adalah C. Intertidal berarti wilayah pasang-surut. Jadi, opsi jawaban yang lain, salah.
- 6) Jawaban yang benar adalah A. Jawaban B berarti hewan perairan, jawaban C adalah hewan yang hidup di wilayah di atas zona pasang-surut, dan jawaban D adalah hewan yang hidup di wilayah di bawah zona pasang-surut.
- 7) Jawaban yang benar adalah B. Jawaban A adalah nekton, jawaban C hewan yang menempel pada substrat, dan jawaban D adalah hewan planktonik.
- 8) Jawaban yang benar adalah A. Jawaban B hewan tersebut menempel pada substrat (tidak dapat bergerak bebas), jawaban C adalah hewan perairan, dan jawaban D hewan itu berkemampuan gerak yang terbatas.
- 9) Jawaban yang benar adalah C. Opsi jawaban yang lain salah.
- 10) Jawaban yang benar adalah B. Jawaban A adalah hewan pemakan tumbuhan, jawaban C hewan pemakan nutrisi yang tersuspensi, dan jawaban D adalah hewan pemakan segala.

Tes Formatif 2

- 1) Jawaban yang benar adalah D. Jadi, jawaban A, B, dan C semuanya benar.
- 2) Jawaban yang benar adalah A (penyatuan gamet haploid adalah cara reproduksi seksual). Jawaban B, C, dan D adalah reproduksi aseksual.
- 3) Jawaban yang benar adalah B. Opsi jawaban yang lain, salah.

- 4) Jawaban yang benar adalah D. Jadi, jawaban A, B, dan C semuanya benar.
- 5) Jawaban yang benar adalah C. Jawaban A adalah kantung spermatofor terletak dalam rongga mantel, jawaban B adalah spermatofor, dan jawaban D adalah alat capit pada kalajengking.
- 6) Jawaban yang benar adalah B. Opsi jawaban yang lain, salah.
- 7) Jawaban yang benar adalah C. Opsi jawaban yang lain adalah tentang reproduksi seksual.
- 8) Jawaban yang benar adalah D. Jadi, opsi jawaban A, B, dan C, adalah tentang reproduksi seksual.
- 9) Jawaban yang benar adalah D. Jadi, opsi jawaban A, B, dan C, adalah tentang partenogenesis.
- 10) Jawaban yang benar adalah A (hermafrodit adalah salah satu cara dari reproduksi seksual). Opsi jawaban B, C, dan D, adalah tentang reproduksi aseksual.

Tes Formatif 3

- 1) Jawaban yang benar adalah D. Jadi, opsi jawaban yang lain salah.
- 2) Jawaban yang benar adalah A. Opsi jawaban B, C, dan D, bukan ciri *Globigerina*.
- 3) Jawaban yang benar adalah B. Opsi jawaban yang lain juga menjadi pembeda, tetapi ciri yang khas pada Placozoa adalah pelat tubuh.
- 4) Jawaban yang benar adalah B. Jawaban A sel tubuhnya tak berbentuk corong/leher, demikian pula dengan opsi jawaban C dan D.
- 5) Jawaban yang benar adalah C, sehingga opsi jawaban yang lain, salah.
- 6) Jawaban yang benar adalah A. Opsi jawaban yang lain adalah bukan ciri khas Porifera.
- 7) Jawaban yang benar adalah C. Placozoa tidak berkembang biak dengan cara seksual, seperti yang ditunjukkan oleh opsi jawaban A, B, dan D.
- 8) Jawaban yang benar adalah A. Placozoa tidak memiliki saluran pencernaan dan mulut, sehingga opsi jawaban B, C, dan D, salah.

Glosarium

- Adductor muscle**(otot aduktor) : otot pada kerang yang menghubungkan kedua belah cangkang secara transversal. Terdapat dua otot adduktor yaitu *posterior adductor muscle* (otot aduktor posterior) dan *anterior adductor muscle* (otot adduktor anterior). Pada beberapa jenis kerang otot aduktor anterior tereduksi.
- Amoebocyte** (amebosit) : sel yang dapat bergerak bebas dengan pseudopodia.
- Aperture** (mulut cangkang) : lubang pada cangkang keong tempat keluar masuknya kepala dan kaki.
- Apex** (apeks) : puncak atau ujung cangkang keong di mana pertumbuhan cangkang dimulai. Disebut juga *protoconch* atau *nuclear whorl*.
- Archeocytes** (arkeosit) : sel ameboid pada lapisan mesohil spons yang berfungsi mengeluarkan sisa metabolisme dan menunjang pembentukan spikula atau spongin.
- Ascon** (askon) : tipe sistem saluran sederhana dalam tubuh spons.
- Atoke** (atok) : bagian anterior Polychaeta laut, yang pada masa memijah berbeda bentuk dan fungsinya dengan bagian posterior (*epitoke*).
- Auricle** (aurikel) disebut juga *ear* (cuping) : daerah perluasan dekat engsel pada cangkang kerang.
- Bioluminescence** (pendar hayati) : cahaya yang dipancarkan oleh organisme.
- Bipectinate** (bipektinat) : tipe insang kerang yang pada kedua sisi filamen terdapat tonjolan-tonjolan kecil yang sama dan sejajar.

- Bipinnate** (bipinat) : tipe insang pada kerang yang bercabang dua.
- Blastocoel** (blastosel) : rongga di dalam blastula.
- Blastopore** (lubang blastula, blastoporus) : lubang yang terbentuk pada proses gastrulasi embrio dari tingkat gastrula.
- Blastula** : fase awal suatu embrio pada hampir semua hewan, bentuk semua sel sama.
- Bud** (tunas) : tonjolan (pada dinding tubuh) sebagai hasil reproduksi aseksual, yang kelak akan menjadi individu baru.
- Budding** (pertunasan) : *lihat* Reproduction.
- Byssus** (bisus) : serabut yang dijumpai pada sebagian kerang dan berguna untuk melekatkan diri pada substrat.
- Captacula** (kaptakula) : alat penghisap makanan dari keong Scaphopoda.
- Chamber** (kamar) : rongga pada cangkang *Nautilus* yang berisi udara.
- Choanocyte** (koanosit) : salah satu tipe sel pada spons yang kerahnya berbentuk corong dan berflagel; membentuk epitelium pada dinding rongga spongosel.
- Chorion** (korion) : kantung berisi telur pada Cephalopoda yang berupa membran liat dengan lubang di ujungnya.
- Chromatophore** (kromatofora) : sel-sel berdinding tipis pada kulit mantel hewan Cephalopoda -- kecuali *Nautilus* -- yang berisi pigmen warna.
- Cilia** (silia) : bulu getar pada Protozoa kelas Ciliata.
- Clitellum** (klitelum) : merupakan penebalan epidermis yang menutupi ruas-ruas reproduktif yang di dalamnya terdapat alat-alat reproduksi. Pada

- Annelida untuk menghasilkan lendir dan kokon.
- Cocon** (kokon) : kantung berisi telur-telur yang telah dibuahi pada cacing Oligochaeta.
- Coenoblastula** (senoblastula) : blastula sederhana dengan blastosel berasal dari pemisahan dan kelanjutan pembagian sel hingga terjadi satu lapis sel membungkus blastosel.
- Collumela** (kolumela) : (1) sumbu cangkang keong yang hanya ujungnya saja terlihat dari luar, (2) kolom atau liang yang berada ditengah cangkang keong.
- Concentric line** (garis konsentrik/cincin pertumbuhan) : garis-garis yang melingkari titik pusat pada operkulum keong.
- Conchiolin** (konsiolin) : rangkaian matriks organik dari protein hasil produksi sel-sel pada mantel moluska.
- Ctenidium** : tipe insang moluska yang berjumlah sepasang.
- Dentate** (dentata) : bergigi seperti tonjolan pada sebelah dalam bibir luar cangkang keong.
- Denticle** (dentikel) : mirip gigi kecil, agak bulat seperti tonjolan.
- Denticulate** (dentikula) : barisan gigi-gigi dentikel.
- Dextral** (dekstral) : (1) letak mulut cangkang keong sebelah kanan; (2) putaran sulur cangkang keong yang mengarah ke kanan dilihat dari puncak cangkang.
- Epithelium** (epitelium) : jaringan yang menutupi atau melapisi suatu rongga.
- Estivation** (estivasi) : pertahanan diri dengan cara berdiam dalam lubang untuk menghindari panas matahari. Pada keong darat (Gastropoda, Pulmonata)

dengan cara menutup mulut cangkang dengan lendir yang mengering, dalam keadaan seperti ini keong dapat bertahan hidup selama berbulan-bulan tanpa makan.

- Eukaryote** (eukariot) : tipe sel yang memiliki inti yang dilapisi (dibatasi) membran dan berbagai macam organel.
- Flagella** (flagel) : atau bulu cambuk - organel pada protozoa berupa penjururan sitoplasma yang digunakan sebagai alat gerak, umumnya berjumlah 1 atau 2 helai tiap sel.
- Gastrula** : stadium awal perkembangan hewan yang pada waktu embrio berbentuk seperti kantung, biasanya terdiri atas lapisan endodermis dan ektodermis.
- Gemmule** (gemul) : merupakan struktur dorman hasil reproduksi aseksual spons air tawar, berbentuk sferikal, berukuran ± 3 mm. Gemul diproduksi sebagai antisipasi terhadap kondisi lingkungan yang buruk.
- Germ layer** (lapisan nutfah) : lapisan yang terbentuk akibat perbanyakan sel di blastoporus pada proses gastrulasi saat perkembangan embrio. Ada yang 2 lapisan (diploblastik): endoderm dan ektoderm, dan tiga lapisan (triploblastik): endoderm, mesoderm, dan ektoderm.
- Glochidium** (glokidium) : larva kerang air tawar, umumnya hidup sebagai parasit pada insang atau sirip ikan.
- Growth line** (garis tumbuh) : (1) garis-garis halus pada cangkang keong sebagai akibat pertambahan ukuran cangkang; (2) perbedaan garis atau titik pada cangkang yang merupakan bekas pertumbuhan tepinya.
- Hectocotylus** : salah satu ujung lengan cumi-cumi dan gurita

- (hektokotilus) jantan yang bermodifikasi seperti kikir untuk alat kopulasi.
- Helminthes** : istilah lain dari vermes. Kata *helminthes* tidak mengacu pada tingkat takson, seperti halnya vermes. Ilmu yang mempelajari seluk-beluk yang berkaitan dengan cacing dinamakan helminthologi.
- Hinge** (engsel) : bagian cangkang kerang di bagian dorsal yang menghubungkan kedua keping cangkang di mana terdapat gigi yang saling mengait dan ligamen yang berfungsi sebagai engsel. Gigi engsel: tonjolan pada engsel.
- Hinge plate** (bidang engsel) : bidang sebelah atas di bawah hulu cangkang tempat engsel berada.
- Hirudin** : sekresi yang dihasilkan oleh kelenjar ludah lintah; berfungsi menghambat penggumpalan darah selama lintah menghisap darah mangsa.
- Hood** : tudung menutup mulut cangkang genggang (*Nautilus*) untuk melindungi diri dari predator.
- Inhalant siphon** : lihat Siphon.
- Juvenile** (juwana) : tingkat perkembangan antara pascalarva dan dewasa (hewan muda).
- Kinetoplast** : mitokondria berukuran besar yang merupakan ciri khas pada *Trypanosoma* spp.
- Leucon** (leukon) : tipe sistem saluran air pada spons yang paling kompleks.
- Ligament** (ligamen) : bentukan dari zat tanduk di bagian dorsal cangkang kerang yang menyatukan kedua belah cangkang.
- Mantle** (mantel) : (1) lipatan kulit pada tubuh moluska yang berada dekat cangkang; (2) bagian tubuh lunak di sebelah dalam cangkang yang menghasilkan

sel-sel untuk membentuk cangkang.

- Mantle cavity** (rongga mantel) : ruang diantara lipatan kulit pada tubuh moluska yang berisi berbagai macam organ peredaran darah, pernafasan, pencernaan, dan perkembangbiakan.
- Mesenchyme** (mesenkim) : jaringan penunjang pada embrio; kumpulan sel yang belum terdeferensiasi; biasanya sel hidup berbentuk tak tentu (*irregular*), kadang-kadang berbentuk ameboid dan adakalanya terkurung dalam matriks gelatin.
- Mesoglea** : lapisan dari bahan semacam agar atau perekat yang terletak di antara epidermis dan gastrodermis pada Cnidaria dan Ctenophora.
- Mesohyl layer** (lapisan mesohil) : lapisan bergelatin, aseluler, dan tak hidup yang terdapat dalam dinding spongosel sebagai tumpuan sel-sel koanosit
- Metameric** (metamerik) : berkaitan dengan tubuh yang sebagian besar terdiri atas satu seri linier ruas-ruas (beberapa sampai banyak), contoh Annelida.
- Nacreous layer** (lapisan mutiara) : lapisan mengilap seperti perak di sebelah dalam cangkang kerang dan keong yang merupakan hasil pelekatan matriks organik dengan kristal kalsium.
- Nephridiopore** (nefridiopor) : lubang ekskresi; lubang pengeluaran (pada permukaan tubuh) dari sistem nefridia pada Platyhelminthes, Annelida, dan Onychophora.
- Nephridium** (nefridium) : alat ekskresi berbentuk saluran (tabung) yang terdapat pada Mollusca, Annelida, dan beberapa avertebrata lain.
- Operculum** (operkulum) : 1. tutup cangkang keong, terbuat dari zat kapur atau zat tanduk. Berdasarkan bentuknya garis-garis sirkuler, operkulum dibedakan

menjadi tiga tipe: *Paucispiral*, *Multispiral*, dan *Consentric*.

2. tutup insang pada ikan.

- Osculum** (oskulum) : lubang utama atau lubang kecil pada tubuh spons tempat keluarnya air; tergantung ukuran dan fungsinya, suatu spons dapat mempunyai sebuah oskulum atau lebih (oskula).
- Osphradium** (osfradium) : alat indera di dalam sifon Pelecypoda dan Gastropoda, diduga merupakan kemoreseptor yang sensitif terhadap aliran air untuk mendeteksi kekeruhan perairan.
- Ostium** : lubang-lubang kecil seperti pori-pori pada dinding tubuh spons.
- Pallial line** (garis palial, garis mantel) : garis lembut di sepanjang tepi cangkang kerang menandakan tempat menempelnya mantel pada cangkang.
- Parapodium** : pelebaran dinding tubuh di sisi lateral pada hampir setiap ruas cacing Polychaeta, biasanya mengandung notopodium di bagian dorsal dengan neuropodium di bagian ventral dan mempunyai setae sedikit sampai banyak.
- Parenchyme** (parenkim) : sel mesenkim bervakuola yang mengisi rongga antara epidermis dengan saluran pencernaan pada hewan Acoelomata.
- Parenchymula** (parenkimula) : larva spons berflagel, bergerak, dan berenang selama lebih 2 hari untuk mencari habitat baru.
- Pectinate** (pektinat) : tipe insang moluska dimana satu sisi filamennya mempunyai tonjolan-tonjolan kecil yang sejajar seperti sisir, bergerigi.
- Periostracum** (periostrakum) : (1) lapisan terluar cangkang moluska; (2) kulit pelindung cangkang yang terbuat dari bahan *conchiolin*.
- Pinacocyte** (pinakosit) : sel berbentuk pipih yang membentuk lapisan terluar tubuh spons.
- Porocyte** (porosit) : sel berbentuk tabung pada spons bertipe askon,

di dalamnya mempunyai sebuah saluran yang menghubungkan air di luar tubuh dengan spongosel.

- Prismatic** (prismatik) : lapisan struktur cangkang yang terdiri dari kristal *calcite* atau *aragonite*.
- Pseudopodia** (kaki semu) : alat gerak pada protozoa yang merupakan hasil penjurulan sitoplasma.
- Radiolarian ooze** : Sedimen yang komposisinya 30% lebih merupakan cangkang Foraminifera dan Radiolaria yang telah mati.
- Radula** : barisan gigi-gigi yang terletak di dalam mulut keong. *Rachiglossate*: jenis radula pada keong yang mempunyai tiga gigi kuat pada setiap barisnya. *Rhipidoglossate*: jenis radula yang mempunyai ratusan gigi pada setiap barisnya. *Taenioglossate*: jenis radula yang mempunyai tujuh gigi pada setiap barisnya.
- Reproduction** (reproduksi) : kemampuan suatu organisme untuk memperbanyak diri. Reproduksi aseksual (*asexual reproduction*): reproduksi yang tidak mengikutsertakan sel telur dan sperma, misalnya pertunasan (*budding*) dan pembelahan (fragmentasi dan *fission*). Reproduksi seksual (*sexual reproduction*): reproduksi yang melibatkan sel telur dan sperma. Pertunasan (*budding*): salah satu reproduksi aseksual di mana individu baru timbul dari pertunasan pada individu yang lebih tua. *Fission*: tipe reproduksi aseksual, dimana tubuh tersekat menjadi beberapa bagian, dan regenerasi terjadi sebelum pemisahan.
- Sclerocytes** (sklerosit) : Sel-sel yang menyekresi spikula.
- Sinistral** (sinistral) : (1) letak mulut cangkang keong sebelah kiri; (2) putaran sultur cangkang keong yang mengarah ke kiri dilihat dari puncak cangkang.
- Siphon** (sifon) : organ mirip tabung pada keong atau merupakan perpanjangan mantel pada kerang yang

berfungsi untuk memasukan dan mengeluarkan air. *Exhalant siphon*: saluran untuk mengeluarkan air. *Inhalant siphon*: saluran untuk memasukkan air. *Siphonal canal*: saluran memanjang pada bagian bawah bukaan mulut cangkang keong, kadang-kadang merupakan terusan *columella*. Disebut juga *anterior canal*.

- Siphuncle** (sifunkel) : saluran kecil yang menghubungkan antarrongga pada cangkang *Nautilus*.
- Solenocyte** (solenosit) : sel yang letaknya bergerombol di tepi corong, bersilia (merupakan bagian dari protonefridia solenosit), dilengkapi sebuah flagel dan mempunyai tangkai panjang.
- Spandix** (spandiks) : bentukan seperti parut pada salah satu lengan genggang (*Nautilus*) jantan yang berfungsi sebagai alat kopulasi.
- Spicule** (spikula) : bentukan kecil seperti jarum dari CaCO_3 atau $\text{H}_2\text{Si}_3\text{O}_7$ yang merupakan rangka penunjang tubuh spons. *Monaxon*: spikula spons yang tidak mempunyai percabangan. *Tetragon*: spikula spons yang mempunyai empat percabangan. *Triaxon*: spikula spons yang bercabang tiga. Mikroskleres (*microscleres*): spikula kecil yang tersebar di dalam mesenkim pada spons tertentu.
- Spiral line** (garis spiral) : garis-garis yang melingkari cangkang keong.
- Spire** (sulur) : (1) susunan seluk-seluk sebelum seluk akhir pada cangkang keong; (2) seluruh putaran pada cangkang keong kecuali putaran yang terakhir.
- Spongine fibers** (serabut spongin) : serabut yang tersusun seperti jala yang merupakan bagian atau seluruh rangka spons tertentu.
- Spongocoel** (spongocel) : rongga utama dalam tubuh spons yang berbentuk jambangan bunga.
- Spongocytes** : sel-sel yang menyekresi serat spongin

(spongosit)

- Suture** (garis taut/garis ulir) : (1) garis antar seluk yaitu garis yang terbentuk akibat penempelan satu sulur dengan sulur lainnya pada cangkang keong; (2) jalinan spiral yang terus menerus mengelilingi cangkang keong di mana merupakan pertemuan *whorl* dengan *whorl*.
- Teeth** (gigi) : (1) gigi-gigi yang ada pada cangkang keong yang terdapat pada sebelah dalam bibir luar atau pada dinding kolumela; (2) gigi-gigi pada engsel cangkang kerang.
- Tentacle** (tentakel) : pasangan lengan pada cumi-cumi (*Loligo*) dan sotong (*Sepia*) yang berukuran lebih panjang dan berguna untuk menangkap mangsa.
- Torsion** (torsi) : terpilinnya massa viseral dari sebagian besar hewan Gastropoda sebesar 180⁰ selama kehidupan larva, sehingga mendesak rongga mantel dan insang ke posisi muka.
- Trochophore** (trokofor) : stadium larva setelah telur menetas pada sebagian besar keong atau kerang yang hidup di air dan sudah dapat berenang sendiri.
- Umbilicus** (umbilikus) : (1) lubang di ujung kolumela cangkang keong, terbuka atau tertutup; (2) sumbu cangkang keong.
- Umbo** (umbo, hulu cangkang) : (1) puncak cangkang kerang; (2) bagian awal dari cangkang kerang.
- Veliger** : stadium larva dimana larva telah dapat berenang dan mencari makan sendiri.
- Vermes** (Latin = cacing) : kelompok hewan yang menampung seluruh anggota cacing dari berbagai kelas atau seluruh hewan yang menyerupai cacing karena memiliki beberapa ciri yang sama. Termasuk ke dalam vermes adalah cacing dari kelompok Platyhelminthes, Aschelminthes/Nematoda, dan Annelida. Nama vermes tidak lagi digunakan sebagai tingkatan takson tertinggi bagi kelompok cacing. Kelompok cacing

Platyhelminthes, Aschelminthes/Nematoda, dan Annelida sekarang dipisahkan satu sama lain menjadi filum tersendiri.

- Viscera** (visera) : jeroan, bagian dalam tubuh.
- Whorl** (seluk) disebut juga *last whorl*, *body chamber*, atau *body whorl* (seluk akhir = sulur badan) : (1) seluk terakhir biasanya yang terbesar, tempat tubuh keong berada; (2) satu putaran terakhir cangkang keong; Seluk pengais: seluk sebelum seluk akhir atau satu sulur sebelum sulur yang terakhir (seluk).
- Zoochlorella** : ganggang hijau berukuran kecil yang terdapat sebagai simbion intraseluler di dalam tubuh Protozoa, Porifera, dan Cnidaria tertentu.
- Zooxanthellae** : Dinoflagellata yang hidup bersimbiosis dalam jaringan tubuh avertebrata laut, terutama Cnidaria.

Daftar Pustaka

- Bergquist, P.R. 1978. *Phylum Porifera*. Dalam Marshall, A.J. & W.D. Williams. (Eds.). 76-103. *Invertebrate Zoology. Vol. I*. London: ELBS & McMillan.
- Ettershank, G., I.A.E. Bayly & B.J. Smith. 1978. *Some General Concepts*. Dalam: Marshall, A.J. & W.D. Williams. (Eds.). 1-23. *Invertebrate Zoology. Vol. I*. London: ELBS & McMillan.
- Grell, K.G. 1973. *Protozoology*. Berlin: Springer-Verlag.
- Kadri, A. 1990. *Invertebrata. Panduan Berilustrasi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka. Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Kozloff, E.N. 1978. *Sub-kingdom Protozoa*. Dalam: Marshall, A.J. & W.D. Williams. (Eds.). 24-75. *Invertebrate zoology. Vol. I*. London: ELBS & McMillan.
- Pechenik, J.A. 2004. *Biology of the Invertebrates*. 3rd Ed. New York: McGraw-Hill. Co. Inc.
- Prasad, S.N. 1980. *Life of Invertebrates*. New Delhi: Vikas Publishing House PVT Ltd.
- Ruppert, E.E. & R.D. Barnes. 1994. *Invertebrate zoology*. 6th Ed. Philadelphia: Saunders.
- Suwignyo, S., B. Widigdo, Y. Wardiatno & M. Krisanti. 2005. *Avertebrata Air. Jilid 1 dan 2*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Webb, J.E., J.A. Wallwork & J.H. Elgood. 1978. *Guide to Invertebrate Animals*. 2nd Ed. London: McMillan Press Ltd.
- Williams, W.D. 1978. *Phylum Mesozoa*. Dalam: Marshall, A.J. & W.D. Williams. (Eds.). *Invertebrate zoology. Vol. 1*. 184-187. London: ELBS & McMillan.