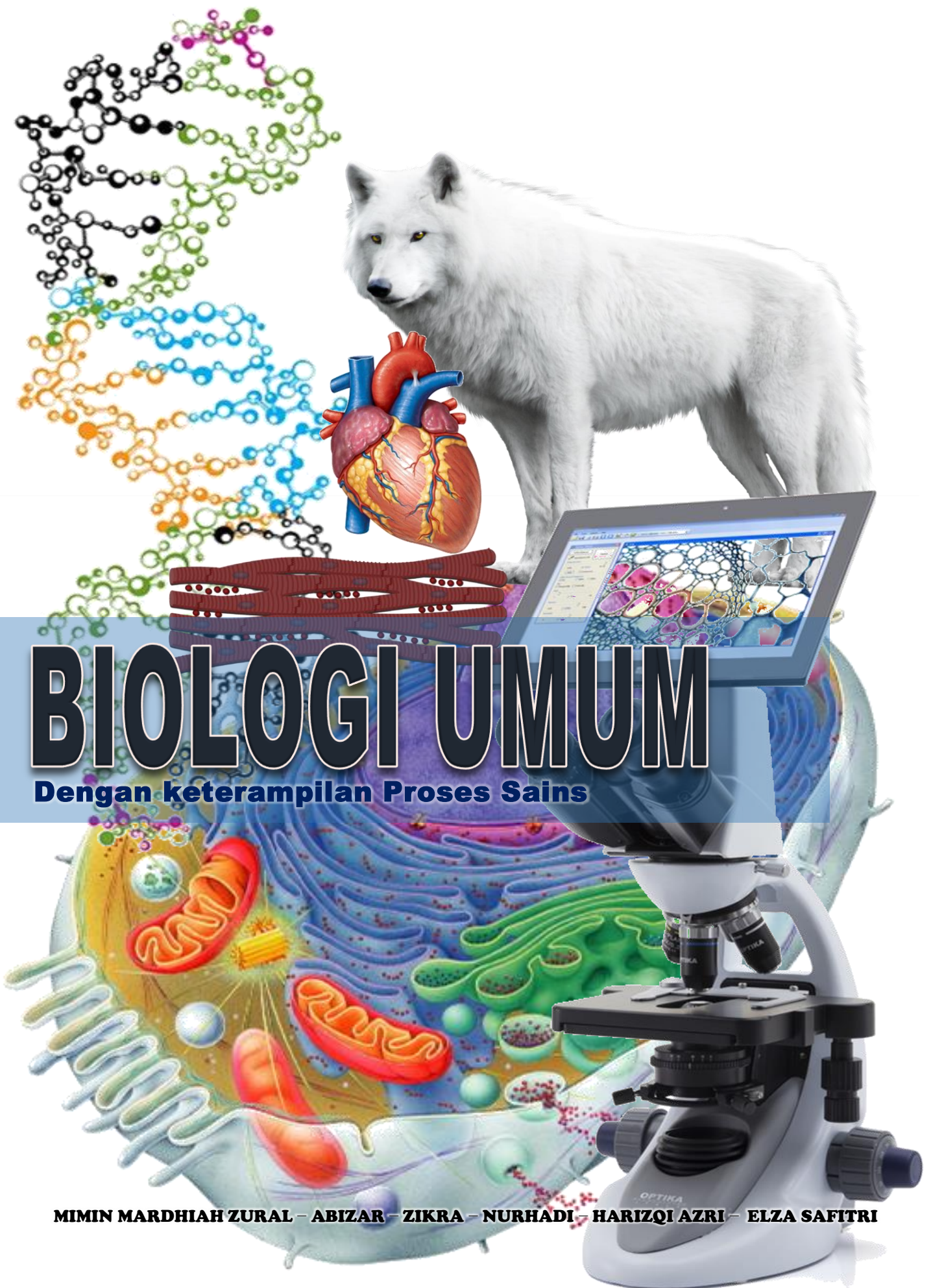




BIOLOGI UMUM

Dengan keterampilan Proses Sains

MIMIN MARDHIAH ZURAL – ABIZAR – ZIKRA – NURHADI – HARIZQI AZRI – ELZA SAFITRI

ISBN: 978-623-5299-45-7

Biologi Umum

Dengan Keterampilan Proses Sains

Mimin Mardhiah Zural

Abizar

Zikra

Nurhadi

Harizqi Azri

Elza Safitri

Biologi Umum Dengan Keterampilan Proses Sains

Mimin Mardhiah Zural, Abizar, Zikra, Nurhadi, Harizqi Azri, Elza Safitri

ISBN: 978-623-5299-45-7

Editor:

Mimin Mardhiah Zural
Vecky Notia Eka Wulandari
Aprianti Astuti
Trisno

Foto:

Vecky Notia Eka Wulandari

Desain Sampul :

Aprianti Astuti

Ilustrasi Dalam:

Harizqi Azri

Tata Layout:

Trisno

Penerbit:

Cv. Haqi Paradise Mediatama

Kantor Pusat:

Jl. Bundo Kanduang No 1 Padang *Phonecell*/Telp: 085365372924/ (0751) 7053731.

Email: hrzm2f@gmail.com

Cetakan Pertama, 2025

Hak cipta terdaftar di Kemenkumham RI dengan sertifikat no 000199162. Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

Kartu Kehadiran Praktikum

a. Identitas Mahasiswa

Pas foto
3x4
Hitam putih

Nama :
 NIM :
 Program Studi/Jurusan :
 BP/Sesi :
 Laboratorium :
 Hari Praktikum :
 Jam Praktikum :

b. Identitas Kelompok

Nomor Kelompok : 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7
 Ketua Kelompok : (NIM:.....)
 Anggota Kelompok : 1) (NIM:.....)
 2) (NIM:.....)
 3) (NIM:.....)
 4) (NIM:.....)

c. Daftar Kehadiran

No	Tanggal*	Kegiatan Praktikum	Status Praktikum**			KK**	Paraf Pembimbing
			Absensi	Kuis	Laporan		
1		Asistensi					
2		Pengenalan Mikroskop					
3		Sel hewan dan Sel Tumbuhan					
4		Fotosintesis					
5		Struktur dan Organisasi Tubuh Tumbuhan					
6		Struktur dan Organisasi Tubuh Hewan					
7		Tingkah Laku Tumbuhan dan Hewan					
8		Hukum Mendel I (Persilangan Monohibrid)					
9		Hukum Mendel II (Persilangan Dihibrid)					
10		Ujian Praktikum					

Keterangan: *= Diisi oleh praktikan, **=Diisi oleh pembimbing praktikum, KK= Kriteria Ketuntasan (Tuntas: "√"/Tidak Tuntas: "x")

Pembimbing Praktikum

Nama Dosen :

Nama Asisten Praktikum 1)

2)

3)

4)

Padang,.....20.....

Pembimbing Praktikum
(Asisten Praktikum/Dosen)

(.....)

Daftar Isi

Halaman Editorial

Kartu Kehadiran Praktikum

Daftar Isi

Kata Pengantar [i]

Susunan Kegiatan Praktikum [ii]

Tata Tertib Praktikum [iii – iv]

Pengenalan Alat [v – vi]

Petunjuk Pemakaian Penuntun Praktikum [vii]

Materi Biologi Umum

Bab 1. Pengenalan Mikroskop Cahaya [1 - 14]

Bab 2. Sel Hewan dan Sel Tumbuhan [15 - 24]

Bab 3. Fotosintesis [25 - 35]

Bab 4. Struktur dan Organisasi Tubuh Tumbuhan [36 - 50]

Bab 5. Struktur dan Organisasi Tubuh Hewan [51 - 75]

Bab 6. Tingkah Laku Hewan dan Tumbuhan [76 - 102]

Bab 7. Prinsip Dasar Hereditas Dan Persilangan [103 – 118]

Kata Pengantar

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya penyusun dapat menyelesaikan Buku Teks Biologi Umum dengan Keterampilan Proses Sains ini.

Buku Teks Biologi Umum ini disusun berdasarkan kebutuhan keterampilan proses sains dalam pembelajaran Biologi Umum di Universitas. Secara garis besarnya, Buku Teks Biologi Umum ini mengkaji beberapa topik, sebagai berikut: Sel sebagai unit struktural dan fungsional dalam organism, Metabolisme dan Energi Sel; Struktur dan organisasi tubuh tumbuhan; Struktur dan organisasi tubuh hewan; Tingkah laku, dan Hereditas.

Buku Teks Biologi Umum ini disusun untuk peningkatan mutu pembelajaran. Oleh karena penyusun mengharapkan kritik dan masukan dari semua pengguna dan pembaca. Mudah-mudahan Buku Teks Biologi Umum ini bermanfaat dan membantu sebagaimana yang kami harapkan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan bimbingan kepada kita semua.

Padang, September 2024

Penyusun

BAB 1.

Pengenalan Mikroskop Cahaya

Inkuiri

Mikroskop adalah alat optik yang digunakan untuk mengamati benda yang sangat kecil dan benda yang tidak tampak oleh indra penglihatan secara langsung. Ukuran bayangan atau gambar yang dihasilkan oleh mikroskop dapat mencapai jutaan kali ukuran benda aslinya. Perbesaran yang dihasilkan oleh mikroskop bergantung pada jenis mikroskop yang digunakan. Untuk mengetahui bagaimana mikroskop dapat membantu untuk mengamati objek yang bersifat mikro, silakan pelajari materi berikut ini.

Capaian Pembelajaran:

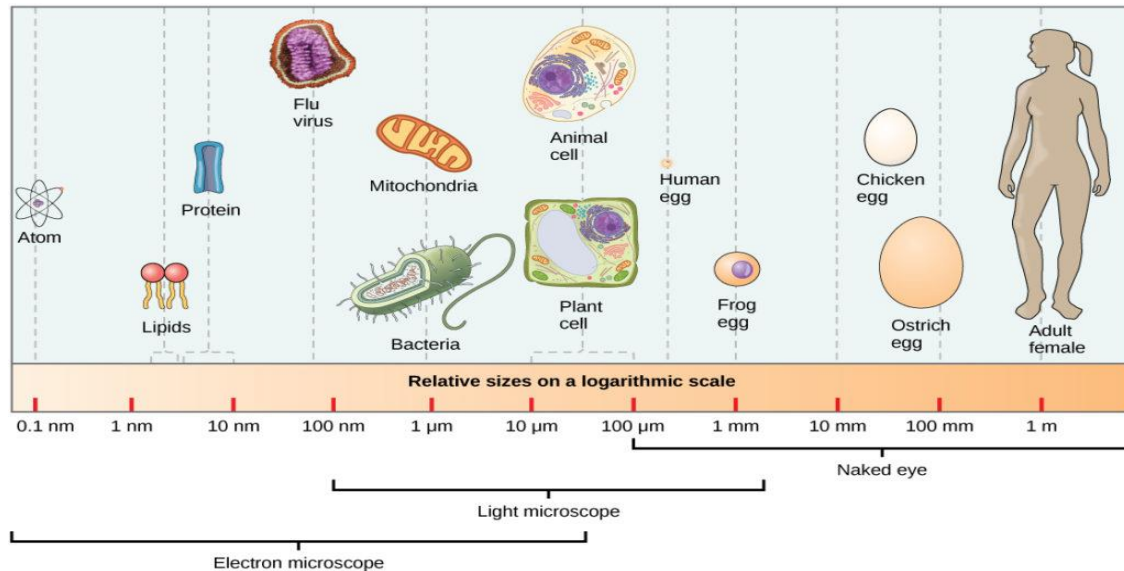
Mahasiswa mampu mendeskripsikan, menganalisis dan membuktikan tentang sel sebagai unit struktural dan fungsional dalam organisme.

Bacalah tinjauan teori berikut ini untuk membantu Saudara untuk memahami mikroskop sebagai alat bantu optik dan cara kerjanya!

Mikroskop Sebagai Alat Bantu Pengamatan Sel

Makhluk hidup sangat terorganisir dan terstruktur, mengikuti hierarki skala dari kecil ke besar. Atom adalah unit materi terkecil dan paling mendasar. Atom terdiri dari inti yang dikelilingi oleh elektron. Atom bergabung untuk membentuk molekul, yang merupakan struktur kimia yang terdiri dari setidaknya dua atom yang disatukan oleh ikatan kimia. Pada tumbuhan, hewan, dan banyak jenis organisme lainnya, molekul berkumpul dengan cara tertentu untuk menciptakan struktur yang disebut organel. Organel adalah struktur kecil yang ada di dalam sel dan melakukan fungsi khusus. Tidak banyak sel yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Sebagian besar berdiameter kurang dari 50 μm , jauh lebih kecil daripada titik di akhir kalimat ini. Jadi, untuk

memvisualisasikan sel, kita memerlukan bantuan teknologi. Perkembangan mikroskop dan penyempurnaannya selama berabad-abad telah memungkinkan kita untuk terus mengeksplorasi sel secara lebih rinci.



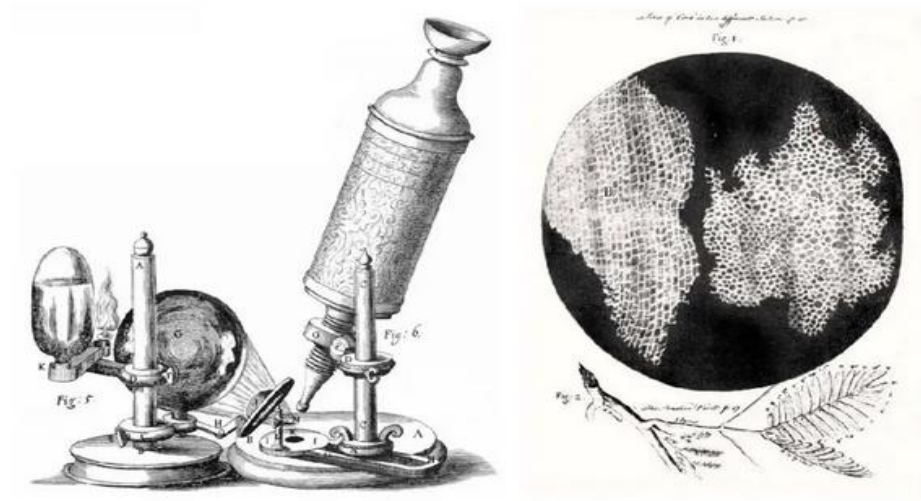
Gambar 1. Ukuran makhluk hidup dan alat bantu mengamati makhluk hidup,

Mikroskop (bahasa Yunani: micron = kecil dan scopos = tujuan) adalah sebuah alat untuk melihat obyek yang terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang. Ilmu yang mempelajari benda kecil dengan menggunakan alat ini disebut mikroskopi, dan kata mikroskopik berarti sangat kecil, tidak mudah terlihat oleh mata.

Salah satu cara untuk mengatasi keterbatasan mata kita adalah dengan meningkatkan perbesaran sehingga objek kecil tampak lebih besar. Ahli mikroskop pertama menggunakan lensa kaca untuk memperbesar sel-sel kecil dan membuatnya tampak lebih besar dari batas 100-μm yang ditetapkan oleh mata manusia. Lensa kaca meningkatkan daya fokus. Karena lensa kaca membuat objek tampak lebih dekat, gambar di bagian belakang mata lebih besar daripada tanpa lensa.

Mikroskop cahaya modern, yang beroperasi dengan cahaya tampak, menggunakan dua lensa pembesar (dan berbagai lensa koreksi) untuk mencapai perbesaran dan kejernihan yang sangat tinggi. Lensa pertama memfokuskan gambar objek pada lensa kedua, yang memperbesarnya lagi dan memfokuskannya pada bagian belakang mata. Mikroskop yang memperbesar secara bertahap menggunakan beberapa lensa disebut

mikroskop majemuk. Mikroskop ini dapat memisahkan struktur yang dipisahkan oleh setidaknya 200 nanometer (nm).



Gambar 2. Mikroskop pertama di dunia. Kiri: Mikroskop majemuk yang digunakan oleh Robert Hooke untuk menemukan "sel." Kanan: Struktur sel gabus yang disinari oleh Robert Hooke dalam *Micrographia*, 1665.

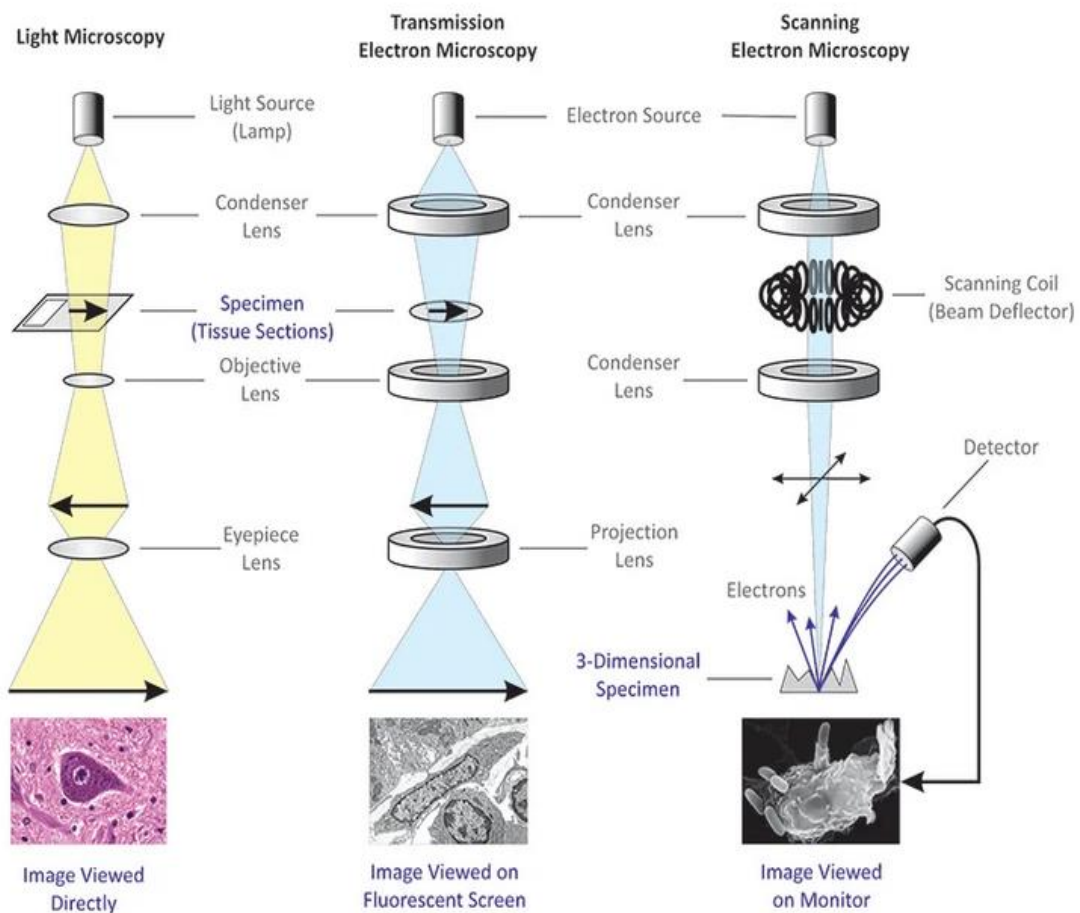
Mikroskop cahaya, bahkan yang majemuk, tidak cukup kuat untuk memisahkan banyak struktur di dalam sel. Misalnya, membran sel hanya setebal 5 nm. Mengapa tidak menambahkan tahap pembesaran lain ke mikroskop untuk meningkatkan daya pemisahannya? Ini tidak berhasil karena ketika dua objek lebih dekat dari beberapa ratus nanometer, berkas cahaya yang dipantulkan dari dua gambar mulai saling tumpang tindih. Satu-satunya cara dua berkas cahaya dapat saling mendekat dan masih dapat dipisahkan adalah jika panjang gelombangnya lebih pendek.

Salah satu cara untuk menghindari tumpang tindih adalah dengan menggunakan berkas elektron daripada berkas cahaya. Elektron memiliki panjang gelombang yang jauh lebih pendek, dan mikroskop elektron, yang menggunakan berkas elektron, memiliki daya pemisahan 1000 kali lebih besar daripada mikroskop cahaya.

Elektron yang dipantulkan kembali dari permukaan, bersama dengan elektron lain yang dipancarkan spesimen itu sendiri sebagai akibat dari pemboman, diperkuat dan ditransmisikan ke layar, tempat gambar dapat dilihat dan difoto. Mikroskop elektron pemindaian menghasilkan gambar tiga dimensi yang mencolok. Teknik ini telah meningkatkan pemahaman kita tentang banyak fenomena biologis dan fisik.



Gambar 3. Macam-macam mikroskop pengamatan sel. Kiri ke kanan: mikroskop cahaya dan mikroskop electron



Gambar 4. Komparasi komponen mikroskop pengamatan sel. Kiri ke kanan: mikroskop cahaya (LM), mikroskop electron transmisi (TEM) dan mikroskop electron payar (SEM)

Menggunakan Pewarnaan Untuk Melihat Struktur Sel

Meskipun resolusi tetap menjadi batasan fisik, kita dapat meningkatkan gambar yang kita lihat dengan mengubah sampel. Pewarnaan kimia tertentu meningkatkan kontras antara berbagai komponen seluler. Struktur di dalam sel menyerap atau mengecualikan pewarnaan secara berbeda, menghasilkan kontras yang membantu resolusi.

Pewarnaan yang mengikat jenis molekul tertentu telah membuat teknik ini menjadi lebih kuat. Metode ini menggunakan antibodi yang mengikat, misalnya, protein tertentu. Proses ini, yang disebut imunohistokimia, menggunakan antibodi yang dihasilkan pada hewan seperti kelinci atau tikus. Ketika hewan-hewan ini disuntik dengan protein tertentu, mereka menghasilkan antibodi yang mengikat protein yang disuntikkan. Antibodi tersebut kemudian dimurnikan dan diikat secara kimia dengan enzim, pewarna, atau molekul fluoresen.

Ketika sel diinkubasi dalam larutan yang mengandung antibodi, antibodi mengikat struktur seluler yang mengandung molekul target dan dapat dilihat dengan mikroskop cahaya. Pendekatan ini telah digunakan secara luas dalam analisis struktur dan fungsi sel.

Jenis-Jenis Mikroskop di Sekolah

Ada dua jenis mikroskop berdasarkan pada kenampakan obyek yang diamati, yaitu mikroskop dua dimensi (mikroskop cahaya) dan mikroskop tiga dimensi (mikroskop stereo). Sedangkan berdasarkan sumber cahayanya, mikroskop dibedakan menjadi mikroskop cahaya dan mikroskop elektron.

Jenis paling umum dari mikroskop dan yang pertama diciptakan adalah mikroskop optis. Mikroskop ini merupakan alat optik yang terdiri dari satu atau lebih lensa yang memproduksi gambar yang diperbesar dari sebuah benda yang diletakkan di bidang fokal dari lensa tersebut.

Mikroskop cahaya dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu berdasarkan kegiatan pengamatan dan kerumitan kegiatan pengamatan yang dilakukan. Berdasarkan kegiatan pengamatannya, mikroskop cahaya dibedakan menjadi mikroskop diseksi untuk mengamati bagian permukaan dan mikroskop monokuler atau binokuler untuk mengamati bagian dalam sel. Mikroskop monokuler merupakan mikroskop yang memiliki 1 lensa okuler, binokuler memiliki 2 lensa okuler. Berdasarkan kerumitan

kegiatan pengamatan yang dilakukan, mikroskop dibagi menjadi 2 bagian, yaitu mikroskop sederhana (yang umumnya digunakan pelajar) dan mikroskop riset (mikroskop dark-field, fluoresens, fase kontras, Nomarski DIC, dan konfokal). Pada kegiatan praktikum yang dilaksanakan, mikroskop yang akan digunakan adalah mikroskop cahaya.

Struktur Mikroskop

Tubuh mikroskop pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama, yaitu: bagian optik dan bagian non-optik (mekanik). Beberapa jenis mikroskop juga dilengkapi bagian elektrik, fotografi dan scanning. Bagian mekanik dan bagian optik selalu ada pada setiap jenis mikroskop, meskipun tidak semua sub bagian ada. Bagian mekanik meliputi: statif, tubus, revolver, meja benda, pengatur tubus, pengatur kondensor, diafragma, pengatur meja benda, pengatur atau penjepit preparat dan sumber cahaya. Bagian optiknya meliputi: lensa okuler, lensa objektif, lensa kondensor dan cermin pengatur cahaya.

Jenis-Jenis Lensa Mikroskop

- a) Lensa objektif, lensa ini bekerja dalam pembentukan bayangan pertama. Lensa ini menentukan struktur dan bagian renik yang akan terlihat pada bayangan akhir. Ciri penting lensa objektif adalah memperbesar bayangan obyek dan mempunyai *nilai aperture (NA)*. Nilai aperture adalah ukuran daya pisah suatu lensa objektif yang akan menentukan daya pisah spesimen, sehingga mampu menunjukkan struktur renik yang berdekatan sebagai dua benda yang terpisah.
- b) Lensa okuler, adalah lensa mikroskop yang terdapat di bagian ujung atas tabung berdekatan dengan mata pengamat, dan berfungsi untuk memperbesar bayangan yang dihasilkan oleh lensa obyektif berkisar antara 4 hingga 25 kali.
- c) Lensa kondensor, adalah lensa yang berfungsi guna mendukung terciptanya pencahayaan pada obyek yang akan dilihat sehingga dengan pengaturan yang tepat maka akan diperoleh daya pisah maksimal. Jika daya pisah kurang maksimal maka dua benda akan terlihat menjadi satu dan pembesarannya pun akan kurang optimal.

Baik lensa objektif maupun lensa okuler keduanya merupakan lensa cembung. Secara garis besar lensa objektif menghasilkan suatu bayangan sementara yang

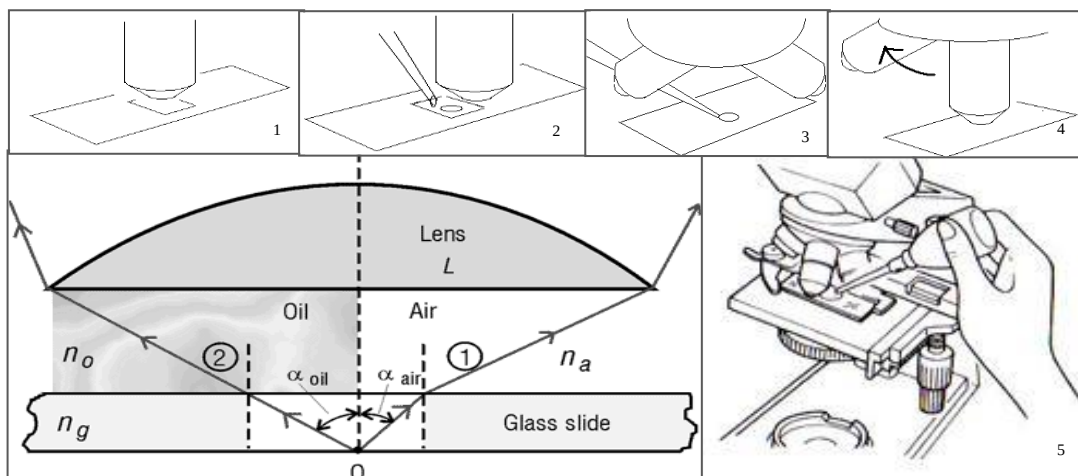
mempunyai sifat semu, terbalik, dan diperbesar terhadap posisi benda mula-mula, lalu yang menentukan sifat bayangan akhir selanjutnya adalah lensa okuler. Pada mikroskop cahaya, bayangan akhir mempunyai sifat yang sama seperti bayangan sementara, semu, terbalik, dan lebih lagi diperbesar.

Perbesaran total

Ukuran specimen yang diamati dapat diperoleh dengan mengalikan perbesaran lensa okuler dengan lensa objektif. Misal = Okuler (10x) x Objektif (40x) = 400x.

Penggunaan minyak imersi

Semakin kecil nilai daya pisah, akan semakin kuat kemampuan lensa untuk memisahkan dua titik yang berdekatan pada preparat sehingga struktur benda terlihat lebih jelas. Daya pisah dapat diperkuat dengan memperbesar indeks bias atau menggunakan cahaya yang memiliki panjang gelombang (λ) pendek. Biasanya dapat digunakan minyak imersi untuk meningkatkan indeks bias pada perbesaran 10 x 100 (lihat Gambar5).



Gambar 5. Cara memberikan minyak imersi dan jarak lensa dengan kaca objek

Penggunaan minyak imersi seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 5 dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Jika fokus pada perbesaran 10x40 telah didapatkan maka putar ke perbesaran objektif 100x.
- Tetesi minyak imersi 1-2 tetes dari sisi lensa.

- c. Jika telah selesai menggunakan mikroskop, bersihkan lensa objektif 100x dengan kertas lensa yang dibasahi xylol.

Cara Menggunakan Mikroskop yang Benar.

Hal-hal yang perlu diperhatikan bila menggunakan mikroskop:

- a. Selalu membawa mikroskop dengan dua tangan.
- b. Selalu menjaga kebersihan lensa-lensa mikroskop termasuk cermin.
- c. Bila ada bagian mikroskop yang bekerja kurang baik/hilang segera laporkan kepada teknisi labor.
- d. Tidak dibenarkan melepas lensa-lensa mikroskop dari tempatnya.
- e. Pilih lensa objektif dengan nilai perbesaran paling kecil, tempatkan lensa tersebut pada sumbu pengamatan dengan cara memutar revolver hingga lensa dengan perbesaran paling lemah tersebut terletak segaris dengan arah masuknya cahaya. Apabila sudah tepat revolver akan berbunyi “klik”.
- f. Buka diafragma secara sempurna dengan menggunakan tuasnya.
- g. Nyalakan lampu (jika menggunakan lampu), dan amati melalui lensa okuler. Apabila telah nampak terang maka lensa objektif telah terletak di tempat yang benar.
- h. Jauhkan meja benda dari lensa objektif dengan menggunakan makrometer. Pasang sediaan dan jepit dengan menggunakan penjepit sediaan. Usahakan sediaan terpasang dengan baik. Tempatkan preparat objek tepat di atas lensa kondensor dengan menggunakan sekrup-sekrup penggerak sediaan.
- i. Setelah preparat objek tepat berada di atas lensa kondensor, dekatkan antara preparat objek dengan lensa objektif menggunakan makrometer sampai berjarak $\pm 0,5$ cm dari lensa. Sambil melihat melalui lensa okuler, jauhkan pelan-pelan lensa objektif dari preparat objek dengan menggunakan makrometer hingga tampak bayangan benda dengan jelas. Untuk mempertajam bayangan benda gunakan mikrometer.
- j. Bila menggunakan preparat basah, tabung mikroskop selalu dalam keadaan tegak, meja dalam keadaan datar. Ini berlaku bagi mikroskop dengan tabung tegak, tidak berlaku untuk mikroskop dengan tabung miring.
- k. Preparat basah harus selalu ditutup dengan cover glass saat dilihat di bawah mikroskop.

- l. Setelah selesai menggunakan mikroskop, pasang lensa objektif dengan perbesaran paling rendah pada kedudukan lurus ke bawah.

Pemeliharaan Mikroskop

- a. Mikroskop harus disimpan di lemari yang hangat, kering, bebas debu, bebas dari uap asam-basa. Tempat penyimpanan yang sesuai adalah dalam almari yang diberi lampu atau pemanas.
- b. Bagian mikroskop non-optik dapat dibersihkan dengan kain flanel.
- c. Untuk membersihkan debu yang terselip dapat dengan kuas kecil atau kuas lensa kamera, serta alat semprot atau kuas lembut.
- d. Bersihkan kotoran, bekas jari, minyak dan lain-lain pada lensa dengan menggunakan kain lensa, tissue lensa (lens cleaning paper) atau kain lembut yang dibasahi sedikit alkohol-ether atau isopropyl alkohol. Jangan sekali-kali membersihkan lensa dengan saputangan atau kain.
- e. Bersihkan badan mikroskop dan lengan dengan kain lembut dengan sedikit deterjen.
- f. Sisa minyak imersi pada lensa objektif dapat dibersihkan dengan xilol (xylene). Hati-hati xilol dapat merusak bahan plastik.

Berikut untuk memahami fungsi dan cara penggunaan mikroskop, dipraktikkan mengenai: mengenai penggunaan mikroskop cahaya binokuler:

Prinsip Kerja Mikroskop Binokuler

Mikroskop yang disediakan oleh laboratorium adalah mikroskop binokuler Olympus CX21 dan XSZ-107BN. Mikroskop berfungsi untuk melihat benda-benda renik. Mikroskop ini bisa menggunakan cahaya matahari atau cahaya listrik sebagai sumber cahaya. Cahaya dipantulkan dari sumber cahaya ke kondensor. Kondensor itu sendiri berfungsi untuk mengumpulkan cahaya dan memfokuskan cahaya yang masuk dari sumber cahaya ke dalam lensa, untuk pengaturan intensitas cahaya sendiri dapat dilakukan dengan cara menaikkan dan menurunkan kondensor. Cahaya yang telah terkumpul di kondensor akan dipancarkan ke objek atau preparat yang diamati.

Preparat objek yang diletakkan di bawah lensa objektif akan terbentuk bayangan yang bersifat nyata, terbalik, dan diperbesar. Bayangan benda pada lensa objektif dianggap sebagai benda untuk lensa okuler sehingga akan terbentuk bayangan akhir

yang bersifat maya, terbalik, dan diperbesar. Dengan demikian perbesaran pada mikroskop terjadi dalam dua tahapan yaitu perbesaran oleh lensa objektif dan perbesaran oleh lensa okuler.

Bereksplorasi

Bereksplorasilah sesuai dengan arahan yang diberikan pada cara kerja. Rencanakan cara pelaksanaan kegiatan eksplorasimu, sehingga semua objek dapat diamati sesuai dengan alokasi waktu yang ditentukan. Sediakan alat, bahan dan objek yang akan diamati. Letakkan di atas meja kerja Saudara dan berhati-hatilah dalam menggunakan alat dan bahan. Gambarkan hasil pengamatan sesuai dengan objek yang diamati. Cantumkan nama objek pada masing-masing kolom.

Menggunakan Mikroskop Cahaya

Sebelum saudara melakukan kegiatan eksplorasi, bacalah terlebih dahulu tujuan eksplorasi berikut ini.

1. Agar mahasiswa memahami bagian-bagian mikroskop binokuler sederhana dan fungsi masing-masing bagian.
2. Agar mahasiswa bisa menggunakan mikroskop binokuler cahaya dengan benar.
3. Agar mahasiswa mampu menggunakan mikroskop binokuler untuk pengamatan sel untuk eksplorasi selanjutnya.

Alat, Bahan dan Objek

1. Alat : mikroskop binokuler cahaya, kaca objek, kaca penutup, gelas kimia 100 ml, pipet tetes pendek.
2. Bahan : Air
3. Objek : -

Cara Kerja

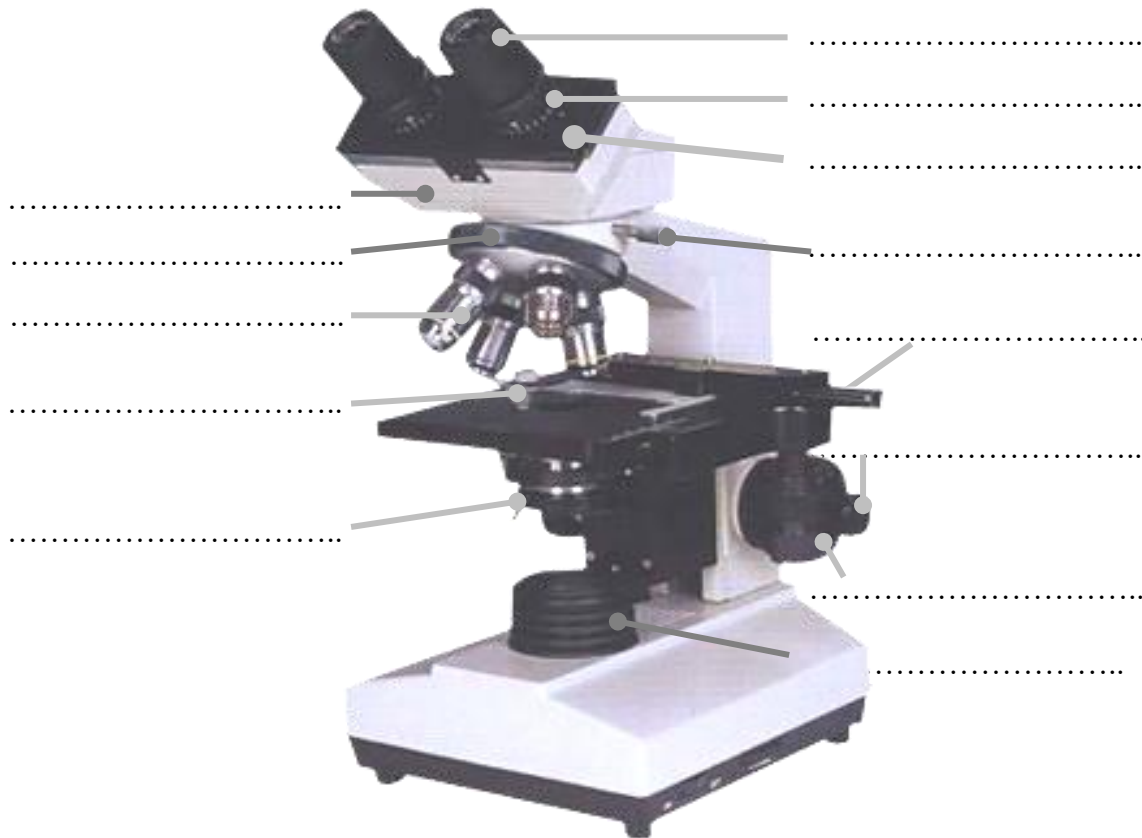
- 1) Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan dan objek di atas meja kerja.
- 2) Pelajari bagian-bagian mikroskop binokuler cahaya.
- 3) Pahami fungsi dari bagian-bagian mikroskop. Untuk memahami penggunaan mikroskop:
 - a) Bersihkan mikroskop dan lensa mikroskop terlebih dahulu, lalu posisikan mikroskop dengan benar.
 - b) Hidupkan sumber cahaya.

- c) Sesuaikan jarak antar pupil dengan mengatur jarak antar interpupillar sampai gambar kanan dan kiri menyatu.
 - d) Samakan fokus antara mata kanan dan kiri dengan mengatur cincin pengatur diopter.
 - e) Posisikan lensa okuler dan objektif pada perbesaran lensa terkecil.
 - f) Letakkan preparat objek (misalnya: sel) di atas meja mikroskop.
 - g) Naikkan meja mikroskop dengan cara memutar makrosekrup sampai hampir menyentuh lensa objektif.
 - h) Kemudian putarlah makrosekrup ke depan pelan-pelan sampai didapatkan bayangan objek yang fokus (mengamati objek kedua mata harus terbuka).
 - i) Jika ingin melihat dengan menggunakan lensa perbesaran yang lebih besar, putarlah revolver (gunakan lensa secara berturut-turut dari yang terkecil, dengan catatan setiap pertukaran lensa harus didapatkan bayangan objek yang fokus terlebih dahulu baru boleh menggunakan lensa dengan perbesaran yang lebih besar berikutnya).
- 4) Gambarlah hasil pengamatan pada kolom yang sudah disediakan.
- 5) Jika sudah selesai menggunakan mikroskop, yang harus dilakukan adalah:
- a) Matikan sumber cahaya, cabut kabel dari sumber arus.
 - b) Bersihkan mikroskop dengan menggunakan tissue, untuk membersihkan lensa gunakan tissue lensa.
 - c) Putarlah lensa objektif keukuran yang paling kecil.
 - d) Rapatkan pengatur jarak antar interpupillar.
 - e) Turunkan cincin pengatur diopter.
 - f) Mundurkan meja preparat mendekati sumbu (badan) mikroskop.
 - g) Naikkan kondensor.
 - h) Sekrup pengatur kiri-kanan dan depan-belakang berada pada posisi yang seimbang.
 - i) Gulung kabel di tabung okuler dengan rapi (jangan langsung digulung ketika kabel baru dicabut dari sumber arus).
 - j) Masukkan mikroskop ke dalam lemari penyimpanan.

Hasil Pengamatan

Bagian-Bagian Mikroskop

1. Tulislah bagian-bagian yang ditunjuk!



Tipe mikroskop :.....
No. mikroskop :.....
Perbesaran lensa okuler :.....
Perbesaran lensa objektif :.....

Hasil Eksplorasi

Hasil Bayangan Objek yang Diperoleh

Hasil kegiatan eksplorasi yang saudara peroleh digambarkan pada kolom yang sudah disediakan,

Tipe mikroskop :.....
No. mikroskop :.....
Perbesaran lensa okuler :.....
Perbesaran lensa objektif :.....
Total perbesaran :.....

Gambar Pengamatan dan keterangan	

a. Apa fungsi kondensor? Bagaimana cara mengoperasikan kondensor? Bagaimana bayangan benda yang dihasilkan ketika saudara mendekat dan menjauhan kondensor dari objek pengamatan?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

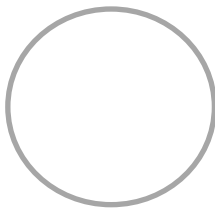
.....

e. Apa fungsi pengatur jarak interpupillar? Bagaimana cara mengoperasikannya? Bagaimana jarak interpupillar yang saudara gunakan?

.....
.....
.....

Dari hasil pengamatan saudara terhadap penggunaan mikroskop, apakah terdapat hubungan kemampuan mata untuk mengamati benda? Buatlah kesimpulan hasil pengamatanmu!

.....
.....
.....
.....
.....



Bekerjalah dengan baik, periksalah setiap eksplorasi saudara, dan pastikan hasil eksplorasi saudara benar!

BAB 2.

Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Inkuiri

Ada dua jenis sel yang ditemukan dalam organisme multiseluler, yaitu sel hewan dan sel tumbuhan. Meskipun memiliki banyak kesamaan, sel hewan dan sel tumbuhan memiliki perbedaan struktur dan fungsi yang penting. Untuk mengetahui perbedaan sel hewan dan tumbuhan, dan apa saja bagian sel yang dimiliki oleh sel tumbuhan dan sel hewan, silakan pelajari materi berikut ini.

Capaian Pembelajaran:

Mahasiswa mampu mendeskripsikan, menganalisis dan membuktikan tentang sel sebagai unit struktural dan fungsional dalam organisme.

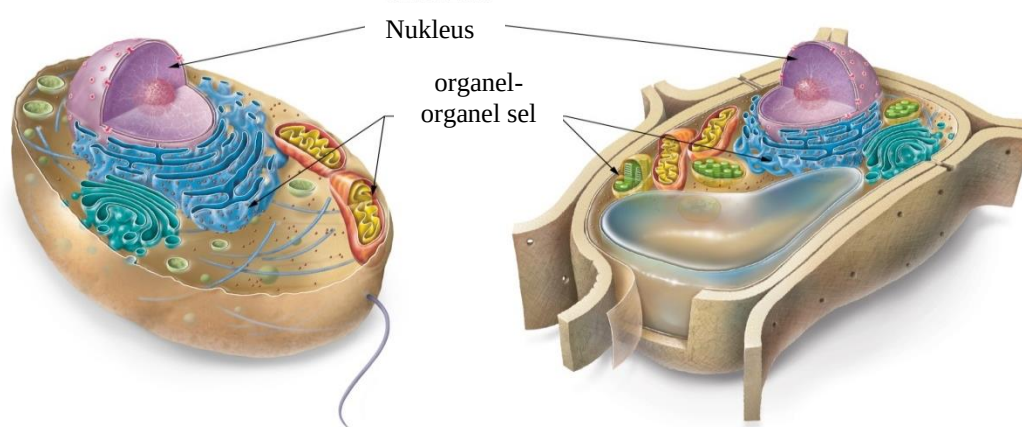
Bacalah tinjauan teori berikut ini untuk membantu Saudara dalam memahami struktur sel hewan dan sel tumbuhan yang Saudara Amati.

Sel secara khas berukuran mikroskopis. Meskipun ada pengecualian, sel eukariotik yang khas berdiameter 10-100 mikrometer (μm) (10-100 per sejuta meter), meskipun sebagian besar sel prokariotik hanya berdiameter 1-10 μm . Karena sel sangat kecil, sel baru ditemukan setelah mikroskop ditemukan pada abad ke-17. Filsuf alam Inggris Robert Hooke adalah orang pertama yang mengamati sel pada tahun 1665, menamai bentuk yang dilihatnya dalam selula gabus (bahasa Latin, "ruang kecil"). Kita mengenalnya sebagai sel. Ahli mikroskop awal lainnya, Anton van Leeuwenhoek dari Belanda, pertama kali mengamati sel hidup, yang disebutnya "animalcules," atau hewan kecil.

Organisme tersusun atas sel-sel yang memiliki bentuk, ukuran dan fungsi yang bervariasi. Sel merupakan unit terkecil baik secara struktural maupun fungsional dari makhluk hidup. Bagian-bagian sel terdiri dari membran plasma, dinding sel, sitoplasma, inti, dan organel-organel. Di dalam sitoplasma terdapat organel-organel yang

melaksanakan fungsi-fungsi khusus. Sel dibatasi dari lingkungannya oleh suatu membran. Melalui membran ini masuklah semua bahan-bahan yang diperlukan oleh sel, dan keluarlah semua bahan-bahan buangan.

Masing-masing makhluk hidup baik sel tumbuhan maupun sel hewan menunjukkan beberapa persamaan dan beberapa perbedaan yang dapat diamati dari ciri-cirinya. Sel hewan dan sel tumbuhan dapat dibedakan secara struktural melalui pengamatan mikroskop. Dalam bentuk preparat segar, bagian yang bisa diamati dengan mikroskop adalah dinding sel, sitoplasma, inti, butir inti dan vakuola.



Gambar 6. Sel hewan dan sel tumbuhan. Tampak pada gambar sel hewan dan sel tumbuhan memiliki ciri khas ideal sebagai sel eukaryotik, yaitu ada inti sel (nukleus) dan organel-organel sel lainnya yang menjalankan aktivitas biokimia masing-masing. Namun pada sel hewan dan sel tumbuhan juga memiliki karakteristik yang berbeda yang tidak dimiliki satu sama lain.

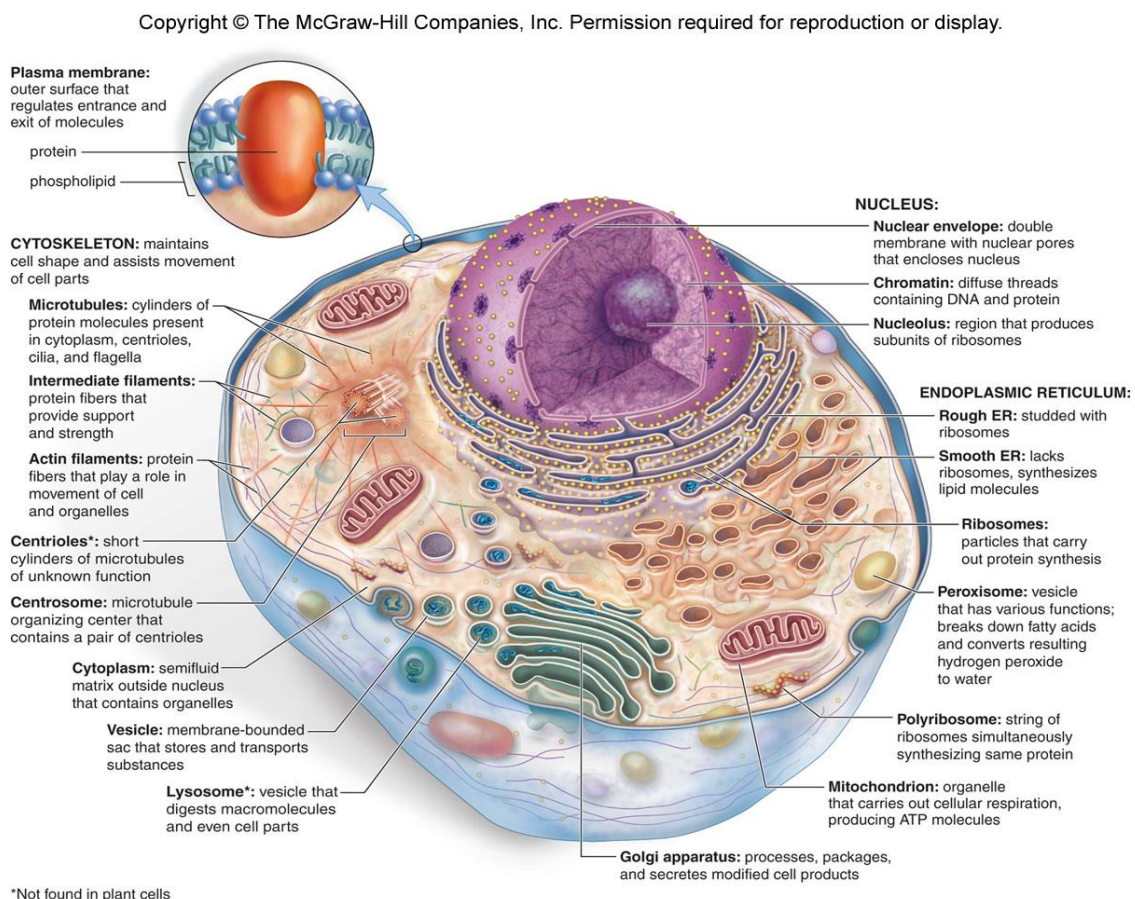
Sel tumbuhan berbeda dengan sel hewan karena memiliki struktur khusus, Sel tumbuhan memiliki tiga jenis struktur yang tidak ditemukan pada sel hewan dan yang sangat penting untuk kelangsungan hidup tumbuhan: pertama, produksi dinding sel oleh sel tumbuhan. Kedua, sel tumbuhan mengandung vakuola sentral yang besar. Ketiga, sel tumbuhan mengandung berbagai plastida. Ketiganya merupakan tiga ciri unik yang membedakan sel tumbuhan dari sel hewan. Dinding sel, vakuola sentral, dan plastida merupakan fitur unik yang penting untuk fungsi tumbuhan. Berikut ini dibahas lebih lanjut sel hewan dan sel tumbuhan,

Sel Hewan

Sel-sel dengan struktur dan fungsi yang serupa membentuk jaringan, seperti jaringan otot atau jaringan syaraf. Jaringan dan fungsinya bergabung membentuk organ.

Organ-organ adalah struktur seperti misalnya paru-paru, hati, ginjal terdiri atas beberapa grup jaringan dan mempunyai fungsi yang terintegrasi. Organ-organ berkerja sebagai suatu sistem, seperti sistem pernapasan atau sistem pencernaan makanan. Dengan demikian, dapat didefinisikan suatu organisme pada tingkat organisasi biologi. Pada tingkat seluler, vertebrata mengandung antara 50 sampai beberapa ratus sel yang berbeda, tergantung pada bagaimana membedakan diantara tipe-tipe sel.

Sel-sel yang berbeda ini, secara umum dibagi menjadi empat tipe jaringan, berdasarkan struktur dan fungsinya, yaitu jaringan epitelial, jaringan ikat, jaringan otot dan jaringan syaraf. Jaringan ini berbeda satu sama lain dalam jenis dan fungsi selnya, karakteristik dari matriks (bahan ekstraseluler) yang mengelilingi sel-sel, dan jumlah relatif ruang yang ditempati oleh sel-sel terhadap matriks. Keempat jaringan dasar tersebut ditemukan pada semua hewan kecuali hewan yang paling sederhana.



Gambar 7. Sel hewan dan komponen penyusunnya

Fungsi utama jaringan dasar ini adalah jaringan epitel (perlindungan), jaringan ikat (penyokong), jaringan otot (pergerakan) dan jaringan saraf (kontrol). Pada proses pembentukannya, jaringan dasar berasal dari tiga lapisan benih embrional, yaitu: lapisan ektoderm, lapisan mesoderm dan lapisan endoderm. Jaringan saraf berasal dari lapisan ektoderm, jaringan ikat dan jaringan otot sebagian besar berasal dari mesoderm, dan jaringan epitel berasal dari ketiga lapisan tersebut.

Pada kegiatan eksplorasi komponen sel, yang diambil adalah sel epitel rongga mulut atau sel darah merah hewan (ikan, katak atau burung).

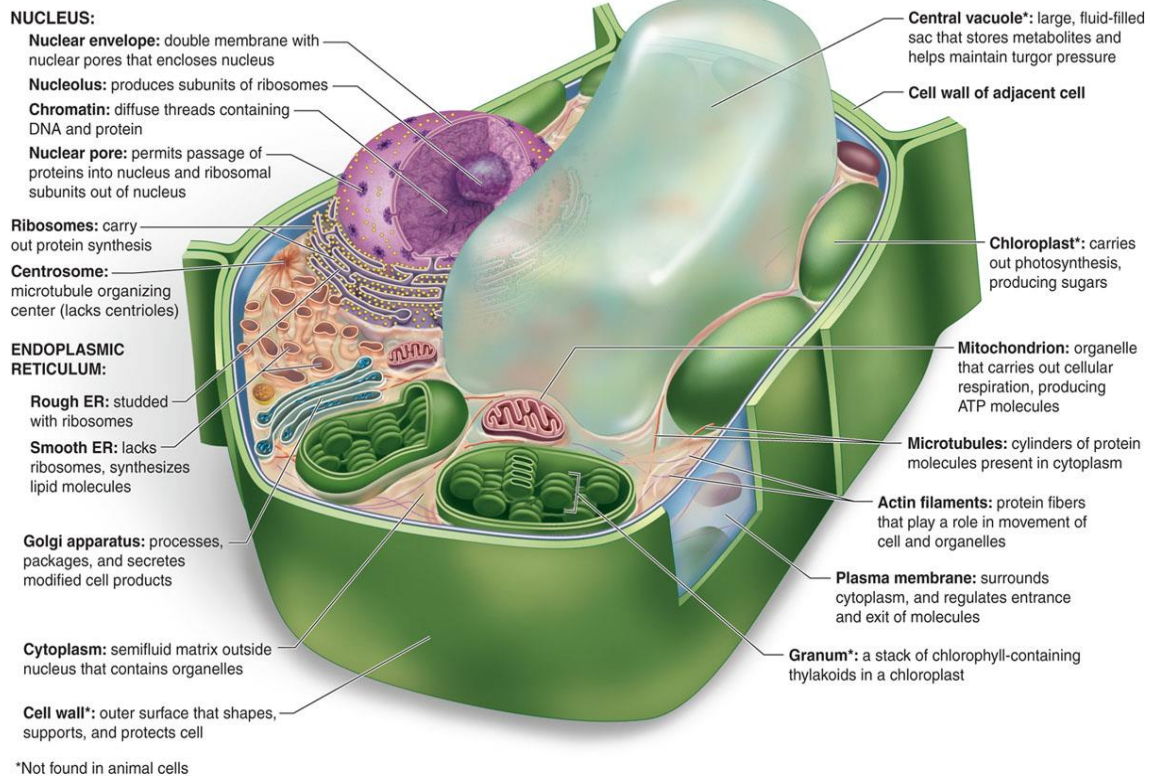
Sel Tumbuhan

Bentuk sel tumbuhan bervariasi, antara lain berbentuk seperti kubus, kotak, elips, poligonal, atau memanjang seperti serabut. Kelompok sel yang memiliki struktur dan fungsi yang sama dan disebut jaringan. Jaringan pada tumbuhan berasal dari pembelahan sel embrional yang berdiferensiasi menjadi bermacam-macam bentuk yang memiliki fungsi khusus. Beberapa macam jaringan antara lain jaringan epidermis, jaringan parenkim dan jaringan pengangkut. Epidermis merupakan jaringan paling luar yang menutupi permukaan organ tumbuhan, seperti: daun, bagian bunga, buah, biji, batang, dan akar. Fungsi utama jaringan epidermis adalah sebagai pelindung jaringan yang ada di bagian sebelah dalam.

Jaringan parenkim sering disebut jaringan dasar. Jaringan parenkim terutama terdapat pada bagian kulit batang dan akar, mesofil daun, daging buah, dan endosperma biji. Sel-sel parenkim juga tersebar pada jaringan lain, seperti pada parenkim xilem, parenkim floem, dan jari-jari empulur. Ciri utama sel parenkim adalah memiliki dinding sel yang tipis, serta lentur. Beberapa sel parenkim mengalami penebalan, seperti pada parenkim xilem. Sel parenkim berbentuk kubus atau memanjang dan mengandung vakuola sentral yang besar. Ciri khas parenkim yang lain adalah sel-selnya banyak memiliki ruang antarsel.

Jaringan pengangkut pada tumbuhan terdiri atas sel-sel xilem dan floem, yang membentuk berkas pengangkut (berkas vaskuler). Xilem berperan mengangkut air dan mineral dari dalam tanah ke daun, sedangkan floem berfungsi mengedarkan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan.

Pada eksplorasi komponen sel tumbuhan yang diamati adakah sel-sel yang menyusun jaringan epidermis saja.



Gambar 8. Sel Tumbuhan dan komponen penyusunnya

Bereksplorasi

Bekerjalah sesuai dengan arahan yang diberikan pada cara kerja. Rencanakan cara pelaksanaan kegiatan eksplorasi, sehingga semua objek dapat diamati sesuai dengan dengan alokasi waktu yang ditentukan. Sediakan alat, bahan dan objek yang akan diamati. Letakkan di atas meja kerja Saudara dan berhati-hatilah dalam menggunakan alat dan bahan. Gambarkan hasil pengamatan sesuai dengan objek yang diamati. Cantumkan nama objek pada masing-masing kolom.

Pengamatan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Sebelum saudara melakukan kegiatan eksplorasi, bacalah terlebih dahulu tujuan eksplorasi berikut ini.

1. Agar mahasiswa dapat mengamati dan mendeskripsikan bentuk sel hewan dan bagian-bagiannya dengan menggunakan mikroskop cahaya.
 2. Agar mahasiswa dapat mengamati dan mendeskripsikan bentuk sel tumbuhan dan bagian-bagiannya dengan menggunakan mikroskop cahaya.
 3. Agar mahasiswa mampu membedakan antara sel hewan dengan sel tumbuhan.
- Siapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan untuk eksplorasi, bekerjasamalah yang baik.

Alat, Bahan dan Objek

1. Alat : mikroskop binokuler cahaya, kaca objek, kaca penutup, gelas kimia 100 ml, pipet tetes pendek, tabung reaksi/botol sampel darah, dan pinset non anatomis, cutter.
2. Bahan : Air, larutan hayem, dan larutan NaCl 10%
3. Objek : Bawang merah (*Allium cepa*), sel darah merah ikan/katak/merpati/ epitel rongga mulut.

Cara Kerja

Pengamatan sel tumbuhan. Objek: Bawang merah (*Allium cepa*)

- 1) Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan dan objek di atas meja kerja
- 2) Buka kulit ari umbi bawang merah dengan menggunakan bantuan pinset non anatomis.
- 3) Letakkan di atas kaca objek, tetesi dengan air dan tutup dengan kaca penutup. Amati di bawah mikroskop dengan menggunakan perbesaran 100x (amati terlebih dahulu dengan perbesaran rendah).
- 4) Gambar hasil pengamatan pada kolom yang sudah disediakan dan beri keterangan (dinding sel, nukleus, sitoplasma).
- 5) Setelah melakukan pengamatan, tetesi preparat dengan larutan NaCl 10% pada pinggiran kaca penutup, biarkan sampai larutan NaCl masuk ke dalam sel bawang merah dengan cara menghisap larutan NaCl dengan menggunakan kertas hisap (tissue) melalui sisi yang berlawanan dengan tempat meneteskan larutan NaCl.

- 6) Amati perubahan yang terjadi pada dinding dan membran sel, lalu gambarkan pada kolom pengamatan dan beri keterangan.

Pengamatan sel hewan.

Pengamatan sel epitelium rongga mulut

- 1) Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan dan objek di atas meja kerja
- 2) Koreklah permukaan pipi bagian dalam dengan menggunakan *cotton bud* atau dengan sendok makan.
- 3) Tebarkan epitel yang diperoleh ke dalam setetes air yang sudah disediakan pada kaca objek, lalu tutup menggunakan kaca penutup.
- 4) Teteskan metilen blue secara hati-hati pada salah satu tepi kaca penutup.
- 5) Hisaplah metilen blue dengan menggunakan kertas hisap (tissue) melalui sisi yang berlawanan dengan tempat meneteskan metilen blue.
- 6) Amatilah preparat tersebut di bawah mikroskop yang dimulai dengan perbesaran 400x (amati terlebih dahulu dengan perbesaran lemah 40x atau 100x).
- 7) Gambarlah struktur sel epitel rongga mulut pada kolom yang sudah disediakan dan beri keterangan gambar (membran sel, nukleus, sitoplasma, dan granula).

Pengamatan sel darah merah ikan/katak/burung

- 1) Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan dan objek di atas meja kerja
- 2) Ambil sampel darah ikan/katak/burung dengan menyayat sedikit bagian tubuh hewan tersebut. Masukkan darah dari bekas sayatan tersebut ke dalam botol sampel darah. Usap bagian bekas sayatan dengan kapas yang sudah diberi alkohol 70%. Teteskan masing-masing sampel darah pada kaca objek dan tetesi dengan 1 tetes larutan hayem, kemudian tutup dengan kaca penutup, lalu amati di bawah mikroskop.
- 3) Amatilah preparat tersebut di bawah mikroskop yang dimulai dengan pembesaran 400x (amati terlebih dahulu dengan perbesaran lemah 100x).
- 4) Gambarlah struktur sel darah merah pada kolom yang sudah disediakan dan beri keterangan gambar (membran sel, inti dan sitoplasma).

Hasil Eksplorasi

Gambar Pengamatan dan keterangan	Catatan pengamatan
Sel tumbuhan (tanpa perlakuan)	
Sel tumbuhan (dengan perlakuan larutan NaCl 10%)	
Sel hewan	

Warnai pengamatan Anda sesuai dengan warna objek.

Analisis Hasil Pengamatan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini untuk mendapatkan konsep penting perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan. Analisis hasil eksplorasi dapat membantu Saudara untuk mencapai tujuan pembelajaran!

- 1) Apakah kamu dapat melihat dan mengamati dengan jelas komponen sel hewan dengan menggunakan perbesaran 100x? Apa komponen sel yang dapat kamu amati?

.....
.....
.....

- 2) Apakah kamu dapat melihat dan mengamati dengan jelas komponen sel tumbuhan dengan menggunakan perbesaran 100x? Apa komponen sel yang dapat kamu amati?

.....
.....
.....

- 3) Dari hasil pengamatanmu, apakah warna sel yang kamu lihat dipengaruhi oleh sitoplasma? Apa sebabnya?

.....
.....
.....

- 4) Bandingkan pengamatan sel hewan dan tumbuhan dengan menggunakan perbesaran 100x, manakah komponen sel yang lebih jelas diamati? Apa Alasannya?

.....
.....
.....

- 5) Setelah mengamati sel hewan dengan perbesaran 100x, kamu diminta untuk mengamati sel hewan dengan menggunakan perbesaran 400x, menurutmu manakah yang lebih jelas hasil pengamatanmu? Apa alasannya?

.....
.....
.....

Dari hasil pengamatan saudara terhadap sel hewan dan sel tumbuhan, apakah terdapat perbedaan dari segi struktur dan ukurannya? Buatlah kesimpulan hasil pengamatanmu!

.....

.....

.....

.....

.....

Uji Pemahaman

Kerjakan soal berikut untuk mengukur pemahaman saudara terhadap materi sel hewan dan sel tumbuhan!

- 1) Apa sifat dinding sel? Apa kegunaan dinding sel bagi tumbuhan?

.....

.....

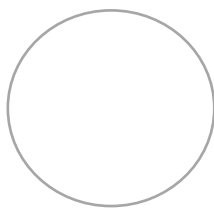
.....

- 2) Apa fungsi membran plasma? apa kegunaan membran plasma pada makhluk hidup?

.....

.....

.....



Bekerjalah dengan baik, periksalah setiap eksplorasi saudara, dan pastikan hasil eksplorasi saudara benar!

BAB 3.

Fotosintesis Sebagai Proses Anabolisme

Inkuiri

Kehidupan ditenagai oleh sinar matahari. Energi yang digunakan oleh sebagian besar sel hidup pada dasarnya berasal dari Matahari dan ditangkap oleh tumbuhan, alga, dan bakteri melalui proses fotosintesis. Keanekaragaman kehidupan hanya mungkin terjadi karena planet kita dibanjiri energi yang mengalir ke Bumi dari Matahari. Setiap hari, energi radiasi yang mencapai Bumi sama dengan daya dari sekitar 1 juta bom atom seukuran Hiroshima. Fotosintesis menangkap sekitar 1% dari pasokan energi yang sangat besar ini (jumlah yang setara dengan 10.000 bom Hiroshima), dan menggunakannya untuk menyediakan energi yang menggerakkan semua kehidupan. Untuk mengetahui bagaimana tumbuhan dapat melakukan fotosintesis, silakan pelajari materi berikut ini.

Capaian Pembelajaran:

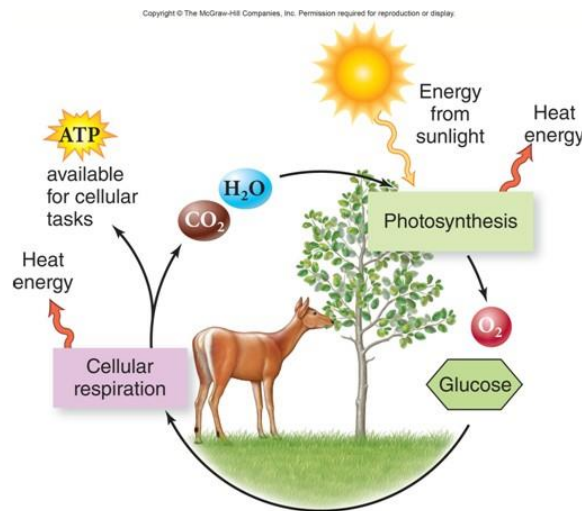
Mahasiswa mampu menjelaskan, menganalisis hubungan antara metabolisme sel dengan energi metabolisme, serta mengaitkan konsep-konsep fisika dengan energi metabolisme

Bacalah tinjauan teori berikut ini untuk membantu Saudara dalam memahami Fotosintesis sebagai proses anabolisme yang Saudara Amati.

Tumbuhan Sebagai Produsen Biosfer

Organisme yang menghasilkan bahan organikya sendiri dari bahan anorganik disebut autotrof. Senyawa anorganik yang dimaksud adalah karbon dari karbon dioksida (CO_2). Tumbuhan dan autotrof lainnya ("pembuat makanan sendiri") membuat semua bahan organikya sendiri termasuk karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat dari nutrisi yang seluruhnya anorganik, misalnya; karbon dioksida dari udara dan air serta mineral dari tanah. Dengan kata lain, tumbuhan tidak perlu makan untuk mendapatkan energi untuk menjalankan proses selulernya.

Tumbuhan dan autotrof lainnya merupakan produsen biosfer. Autotrof dalam membuat makanannya ada yang memerlukan energi matahari (fotoautotrof), dan ada yang membutuhkan energi kimia (kemoautotrof). Fotoautotrof menggunakan energi matahari untuk mensintesis molekul organik dari CO_2 dan H_2O . Sebagian besar ekosistem bergantung sepenuhnya pada fotosintesis untuk makanan. Untuk alasan ini, ahli biologi menyebut tumbuhan dan autotrof lainnya sebagai produsen.



Gambar 9. Semua kehidupan tergantung fotosintesis

Fotosintesis Menggabungkan CO_2 dan H_2O , Menghasilkan Glukosa dan O_2

Fotosintesis terjadi pada berbagai macam organisme, dan hadir dalam berbagai bentuk. Ini termasuk bentuk fotosintesis yang tidak menghasilkan oksigen (anoksigenik) dan bentuk yang menghasilkan oksigen (oksigenik).



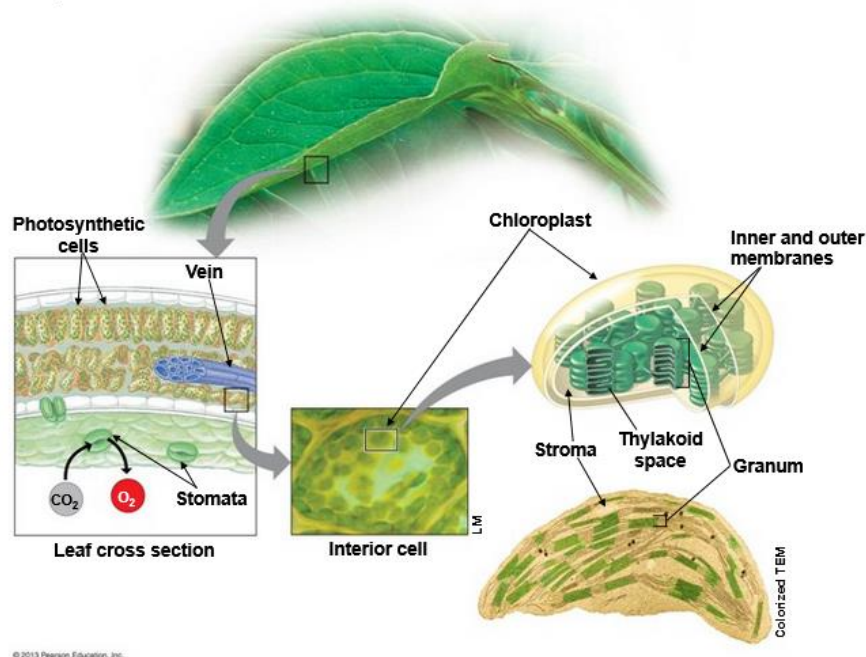
Gambar 10. Organisme autotrof.

Fotosintesis anoksigenik ditemukan dalam empat kelompok bakteri yang berbeda: bakteri ungu, bakteri sulfur hijau, bakteri nonsulfur hijau, dan heliobacteria. Fotosintesis oksigenik ditemukan dalam cyanobacteria, tujuh kelompok alga, dan pada dasarnya semua tumbuhan darat. Kedua jenis fotosintesis ini memiliki kesamaan dalam jenis pigmen yang mereka gunakan untuk menangkap energi cahaya, tetapi mereka berbeda dalam susunan dan aksi pigmen-pigmen ini.

Dalam kasus tumbuhan, fotosintesis terjadi terutama di daun. Gambar 10 mengilustrasikan tingkat organisasi dalam daun tumbuhan. Sel-sel daun tumbuhan mengandung organel yang disebut kloroplas, yang melakukan proses fotosintesis. Tidak ada struktur lain dalam sel tumbuhan yang mampu melakukan fotosintesis. Fotosintesis berlangsung dalam tiga tahap:

- Tahap 1. Menangkap energi dari sinar matahari;
- Tahap 2. Menggunakan energi untuk membuat ATP dan mereduksi senyawa NADP^+ , pembawa elektron, menjadi NADPH; dan
- Tahap 3. Menggunakan ATP dan NADPH untuk menggerakkan sintesis molekul organik dari CO_2 di udara

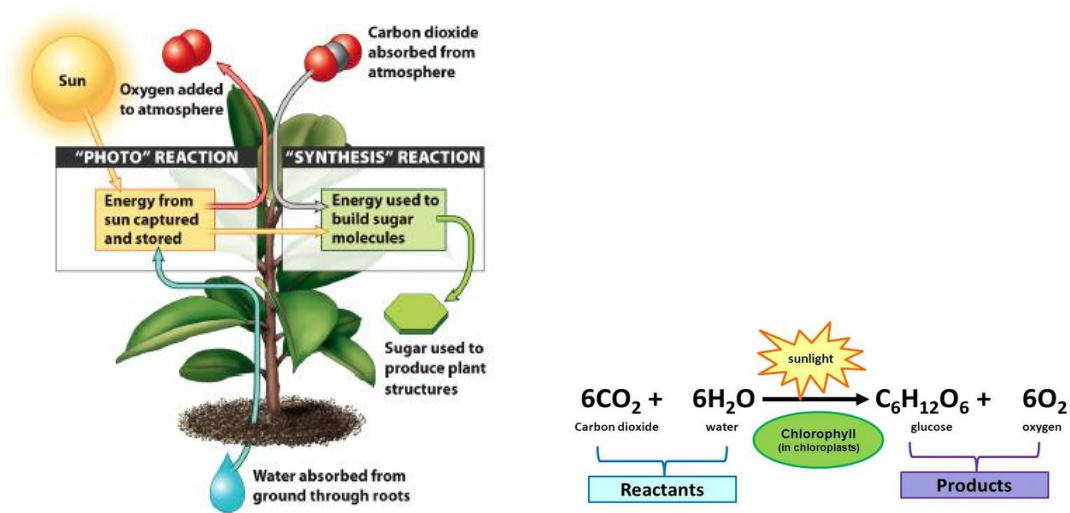
Dua tahap pertama memerlukan cahaya dan umumnya disebut reaksi bergantung cahaya. Tahap ketiga, pembentukan molekul organik dari CO_2 , disebut fiksasi karbon.



© 2013 Pearson Education, Inc.

Gambar 10. Perjalanan ke dalam daun. Daun tanaman memiliki lapisan sel tebal (mesofil) yang kaya akan kloroplas. Membran bagian dalam kloroplas tersusun menjadi struktur pipih yang disebut cakram tilakoid, yang ditumpuk menjadi kolom yang disebut grana. Bagian dalam lainnya diisi dengan zat semi-cair yang disebut stroma.

Proses ini berlangsung melalui serangkaian reaksi siklik. Selama ATP dan NADPH tersedia, reaksi fiksasi karbon dapat terjadi baik dengan atau tanpa cahaya, sehingga reaksi ini juga disebut reaksi tidak bergantung cahaya. Persamaan sederhana berikut merangkum keseluruhan proses fotosintesis:



Gambar 11. Reaksi Fotosintesis

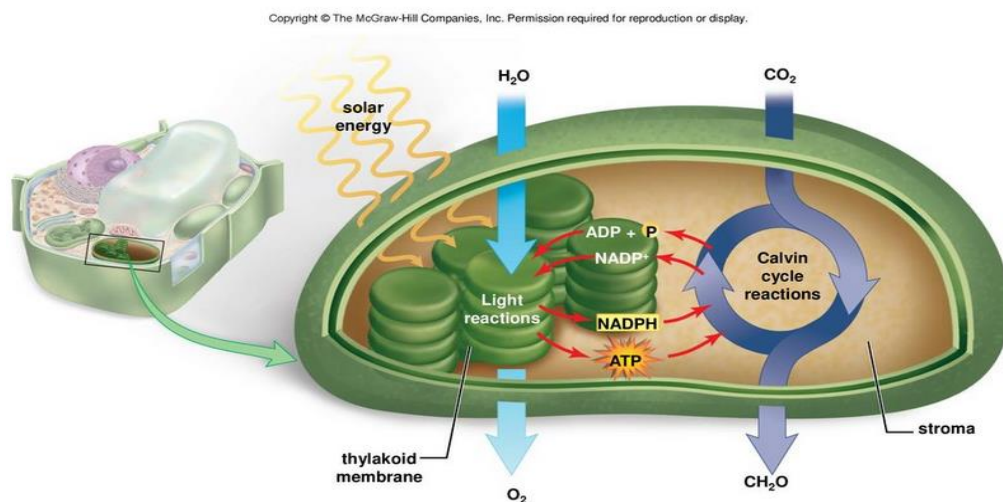
Persamaan ini adalah kebalikan dari reaksi respirasi. Dalam respirasi, glukosa dioksidasi menjadi CO_2 menggunakan O_2 sebagai penerima elektron. Dalam fotosintesis, CO_2 direduksi menjadi glukosa menggunakan elektron yang diperoleh dari oksidasi air. Oksidasi H_2O dan reduksi CO_2 memerlukan energi yang disediakan oleh cahaya. Meskipun pernyataan ini merupakan penyederhanaan yang berlebihan, namun pernyataan ini memberikan “perspektif global” yang bermanfaat.

Fotosintesis Terjadi di Kloroplas

Kloroplas merupakan tempat fotosintesis pada tumbuhan. Pada eukariota autotrofik, fotosintesis terjadi dalam kloroplas, organel yang mengandung membran tilakoid yang memisahkan ruang tilakoid dari stroma kloroplas. Tumpukan tilakoid membentuk grana. Bukti bahwa kloroplas menguraikan molekul air membuat para peneliti dapat menelusuri atom melalui fotosintesis.

Percobaan menunjukkan bahwa kloroplas menguraikan air menjadi hidrogen dan oksigen, memasukkan elektron hidrogen ke dalam ikatan molekul gula. Fotosintesis merupakan proses redoks dimana H_2O dioksidasi, CO_2 direduksi.

Reaksi terang dan siklus Calvin bekerjasama mengubah energi cahaya menjadi energi kimiawi berupa makanan. Reaksi terang dalam grana menghasilkan ATP dan menguraikan air, melepas O_2 dan membentuk NADPH dengan mentransfer elektron dari air ke NADP^+ . Siklus Calvin dalam stroma membentuk gula dari CO_2 , dengan membentuk gula dari CO_2 , dengan menggunakan ATP untuk energi dan NADPH untuk pereduksi.



Gambar 12. Kerjasama reaksi terang dan siklus Calvin di kloroplas

Reaksi terang mengubah energi matahari menjadi energi kimiawi berupa ATP dan NADPH. Cahaya merupakan suatu bentuk energi elektromagnetik, yang merambat sebagai gelombang. Warna yang kita lihat sebagai cahaya-tampak merupakan bagian spektrum elektromagnetik. Pigmen merupakan bahan yang menyerap cahaya-tampak dengan panjang gelombang tertentu. Kerja spektrum fotosintesis tidak benar-benar sama dengan spektrum absorpsi klorofil *a*, suatu pigmen fotosintetik utama dalam tumbuhan, karena pigmen aksesoris (klorofil *b* dan berbagai karotenoid) menyerap panjang gelombang cahaya yang berbeda dan memberi energinya ke klorofil *a*.

Pigmen bergerak dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi ketika foton mendorong salah satu elektronnya ke orbital yang mempunyai energi lebih tinggi. Pigmen kloroplas terdapat di dalam membran tilakoid di dekat molekul yang disebut akseptor elektron primer, yang menangkap elektron yang tereksitasi sebelum elektron ini kembali ke keadaan dasarnya. Molekul pigmen berkelompok dalam kompleks antena yang mengelilingi molekul klorofil *a* di pusat reaksi. Foton yang diserap di setiap tempat di antena dapat memberikan energinya untuk menggerakkan klorofil *a*, yang kemudian melewati elektron ke akseptor elektron primer di dekatnya. Kompleks antena, klorofil pusat-reaksi dan akseptor elektron primer membuat fotosistem, satuan permanen-cahaya yang dibangun ke dalam membran tilakoid. Terdapat dua jenis fotosistem. Fotosistem I mengandung molekul klorofil *a* P700 di pusat reaksi; fotosistem II berisi molekul P680.

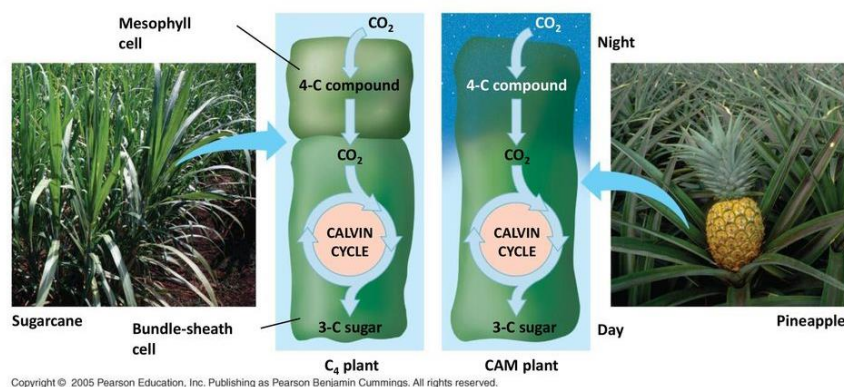
Aliran elektron nonsiklik melibatkan kedua fotosistem dan memproduksi NADPH, ATP, dan oksigen. Aliran elektron siklik hanya menggunakan fotosistem I, yang memproduksi ATP tetapi tidak NADPH atau O₂. Produksi ATP selama reaksi terang disebut fotofosforilasi. Mekanismenya ialah kemiosmosis. Reaksi redoks rantai transpor elektron yang menghubungkan kedua fotosistem menghasilkan H⁺ melintasi membran tilakoid. ATP sintase menggunakan gaya gerak-proton ini membuat ATP.

Siklus Calvin menggunakan ATP dan NADPH untuk mengubah CO₂ menjadi gula. Siklus Calvin merupakan jalur metabolisme dalam stroma kloroplas, suatu enzim (rubisko) menggabungkan CO₂ dengan ribulosa bisfosfat (RuBP), gula berkarbon-lima. Kemudian, dengan menggunakan elektron dari NADPH dan energi dari ATP, siklus ini mensintesis gula berkarbon-tiga gliseraldehida 3-fosfat. Sebagian besar G3P digunakan

kembali dalam siklus ini untuk menyusun-ulang Ru-BP, tetapi sebagian keluar dari siklus itu dan diubah menjadi glukosa dan molekul organik esensial lain.

Mekanisme alternatif untuk fiksasi karbon telah berkembang di daerah beriklim panas dan kering. Pada hari kering dan panas, tumbuhan menutup stomanya, menghemat air. Oksigen dari reaksi terang akan menumpuk. Apabila O_2 mensubstitusi CO_2 di tempat aktif rubisko, produk yang dibentuk meninggalkan siklus itu dan dioksidasi menjadi CO_2 dan H_2O dalam peroksisom dan mitokondria. Proses ini, fotorespirasi, mengkonsumsi bahan bakar organik tanpa memproduksi ATP.

Tumbuhan C_4 mencegah fotorespirasi dengan memasukkan CO_2 ke dalam senyawa berkarbon-empat dalam sel mesofil. Senyawa ini dikeluarkan ke sel seludang-berkas pembuluh fotosintetik, di mana senyawa itu melepas karbon dioksida untuk digunakan dalam siklus Calvin. Tumbuhan CAM membuka stomatanya selama malam hari, yang memasukkan CO_2 ke suatu senyawa asam organik, disimpan dalam sel mesofil. Pada siang hari stomata menutup, dan CO_2 dilepaskan dari asam organik untuk digunakan dalam siklus Calvin.



Gambar 13. Tanaman C_4 dan CAM

Fotosintesis merupakan dasar metabolik biosfer. Senyawa organik yang dihasilkan oleh fotosintesis menyediakan energi dan materi pembangun untuk ekosistem.

Bereksplorasi

Bekerjalah sesuai dengan arahan yang diberikan pada cara kerja. Rencanakan cara pelaksanaan kegiatan eksplorasi, sehingga semua objek dapat diamati sesuai dengan dengan alokasi waktu yang ditentukan. Sediakan alat, bahan dan objek yang akan diamati. Letakkan di atas meja kerja Saudara dan berhati-hatilah dalam menggunakan alat dan bahan. Gambarkan hasil pengamatan sesuai dengan objek yang diamati. Cantumkan nama objek pada masing-masing kolom.

Fotosintesis Ingen-Housz

Sebelum saudara melakukan kegiatan eksplorasi, bacalah terlebih dahulu tujuan eksplorasi berikut ini.

1. Agar mahasiswa mampu menganalisis proses fotosintesis melalui percobaan Ingen-housz.
 2. Agar mahasiswa bahwa proses fotosintesis menghasilkan oksigen.
- Siapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan untuk eksplorasi, bekerjasamalah yang baik.

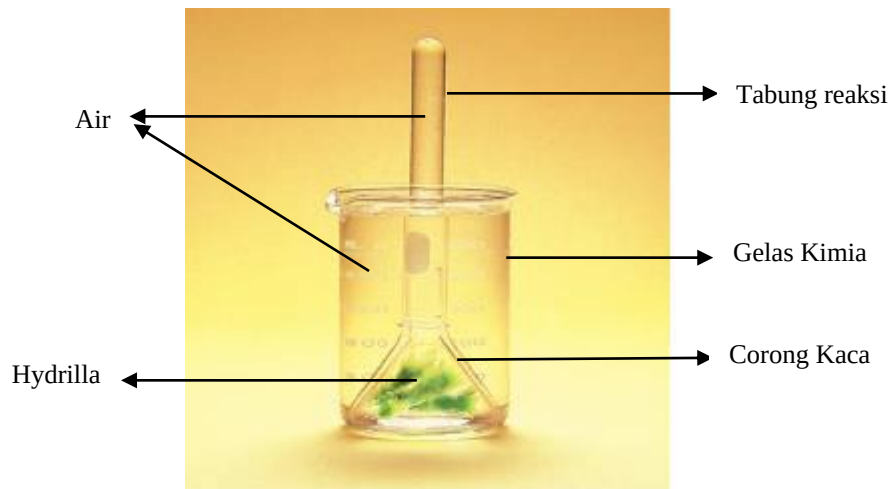
Alat, Bahan dan Objek

1. Alat : Gelas kimia (volume 250 ml), corong kaca ($d=5$ cm), tabung reaksi ($p=10$ cm/ $d=1$ cm), mistar, gunting, kertas minyak berwarna dan alat tulis.
2. Bahan : Air
3. Objek : *Hydrilla verticillata*

Cara Kerja

1. Sediakan gelas kimia dan masukkan tumbuhan *Hydrilla verticillata* ke dalam gelas kimia tersebut.
2. Ambil corong dan tabung reaksi, kemudian masukkan tabung reaksi ke tangkai corong.
3. Masukkan corong kaca dan tabung reaksi yang telah dihubungkan tadi ke dalam gelas dan tumbuhan *Hydrilla* berada di bawah corong.
4. Masukkan air sampai penuh sesuai dengan gambar percobaan Ingen-Housz (rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 14).
5. Letakkan pada tempat yang terkena sinar matahari.
6. Amati dan hitung gelembung-gelembung udara yang naik ke permukaan corong dengan hitungan waktu yang ada pada tabel pengamatan berikut.
7. Cobakan juga percobaan tanpa cahaya matahari dan dengan menggunakan berbagai warna kertas minyak (merah, biru, kuning, hijau) dan analisis hasil yang di dapat dari perlakuan tersebut.

8. Buatlah hasil eksplorasimu pada tabel hasil eksplorasi.



Gambar 14. Percobaan Ingenhousz

Hasil Eksplorasi

No.	Perlakuan	Waktu Perlakuan			Rata-rata Gelembung
		5'	5''	5'''	
1	Kontrol (cahaya matahari langsung)				
2	Menggunakan kertas hijau				
3	Menggunakan kertas biru				
4	Menggunakan kertas kuning				
5	Menggunakan kertas merah				
6	Tanpa cahaya				

Analisis Hasil Pengamatan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini untuk mendapatkan konsep penting reaksi fotosintesis. Analisis hasil eksplorasi dapat membantu Saudara untuk mencapai tujuan pembelajaran

1) Dari hasil ekplorasimu, perlakuan yang mana yang paling cepat membuat gelembung? Dan perlakuan yang mana yang paling lambat menghasilkan gelembung? Apa alasannya?

.....

2) Dari hasil eksplorasimu, perlakuan mana yang paling banyak dan yang paling sedikit menghasilkan gelembung? Apa alasannya?

.....
.....
.....
.....

3) Menurutmu, bagian manakah pada tumbuhan yang menghasilkan oksigen? Dan kenapa oksigen dapat dihasilkan oleh bagian tersebut?

.....
.....
.....
.....

4) Menurutmu, pada perlakuan berapakah yang seharusnya proses fotosintesis berlangsung maksimal dan minimal? Apa alasannya?

.....
.....
.....
.....

Dari hasil pengamatan saudara terhadap reaksi fotosintesis, apakah terdapat tersebut berhubungan dengan struktur tumbuhan tersebut? Buatlah kesimpulan hasil pengamatanmu!

.....
.....
.....
.....
.....

Uji Pemahaman

Kerjakan soal berikut untuk mengukur pemahaman saudara terhadap materi reaksi fotosintesis!

1) Jelaskan apa itu fotosintesis dan tuliskan reaksi kimia dalam fotosintesis?

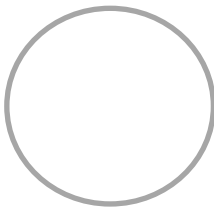
.....
.....
.....
.....

2) Apa peranan klorofil dalam proses fotosintesis?

.....
.....
.....
.....

3) Mengapa proses fotosintesis dapat menghasilkan oksigen?

.....
.....
.....
.....



Bekerjalah dengan baik, periksalah setiap eksplorasi saudara, dan pastikan hasil eksplorasi saudara benar!

BAB 4.

Struktur dan Organisasi Tubuh Tumbuhan

Inkuiri

Pada dasarnya tumbuhan dapat dibedakan dengan tiga bagian pokok, yaitu akar (radix), batang (caulis), dan daun (folium). Selain itu, bagian lain dari tubuh tumbuhan dapat dikatakan sebagai turunan (derivat) dari salah satu atau dua bagian pokok tersebut yang telah mengalami perubahan bentuk, sifat, dan fungsi. Kelompok tumbuhan dibedakan menjadi tumbuhan tidak berbiji dan berbiji, kemudian tumbuhan berbiji dibedakan lagi menjadi biji terbuka dan tertutup, lalu biji tertutup dibedakan lagi menjadi berkeping satu dan berkeping dua. Untuk mengetahui bagaimana tumbuhan dapat dikelompokkan berdasarkan bagian-bagian yang dimilikinya, silakan pelajari materi berikut ini.

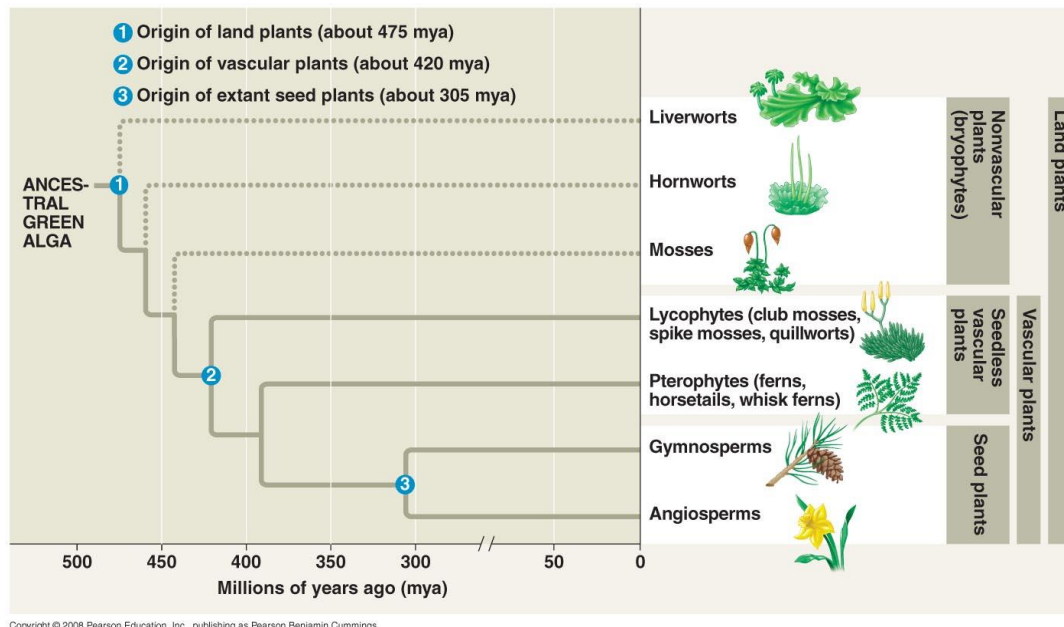
Capaian Pembelajaran:

Mahasiswa mampu menjelaskan, mendeskripsikan dan menganalisis struktur dan organisasi tubuh tumbuhan

Bacalah tinjauan teori berikut ini untuk membantu Saudara dalam memahami struktur organisasi tubuh tumbuhan masing-masing divisi.

Evolusi Tumbuhan

Tumbuhan kemungkinan berevolusi dari alga hijau yang disebut karofita. Homologi pada tingkat seluler dan molekuler menunjukkan karofita sebagai alga yang paling dekat hubungannya dengan tumbuhan. Pergiliran generasi pada tumbuhan diawali dari pembelahan meiosis yang tertunda. Sporofit kemungkinan asal-usulnya adalah pembelahan mitosis zigot sebelum produksi spora melalui pembelahan meiosis, yang akan memperbanyak hasil dari keturunan pada setiap proses fertilisasi. Adaptasi pada air yang dangkal merupakan pra-adaptasi tumbuhan untuk kehidupan di daratan. Penurunan permukaan air secara periodik tentunya akan menyeleksi karakteristik, seperti kondisi embriofita, yang menyumbang bagi keberhasilan akhir kolonisasi.

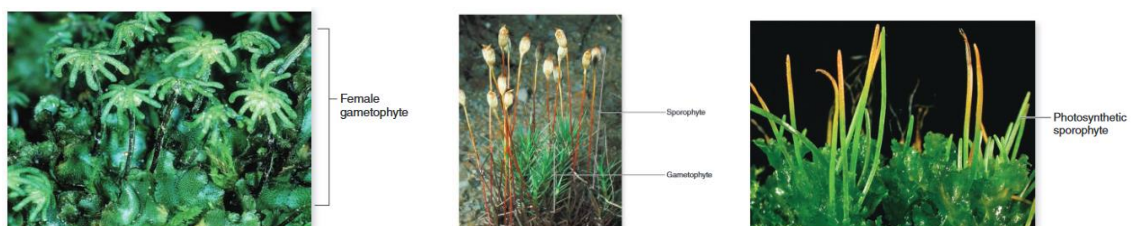


Gambar 15. Evolusi tumbuhan

Briophyta

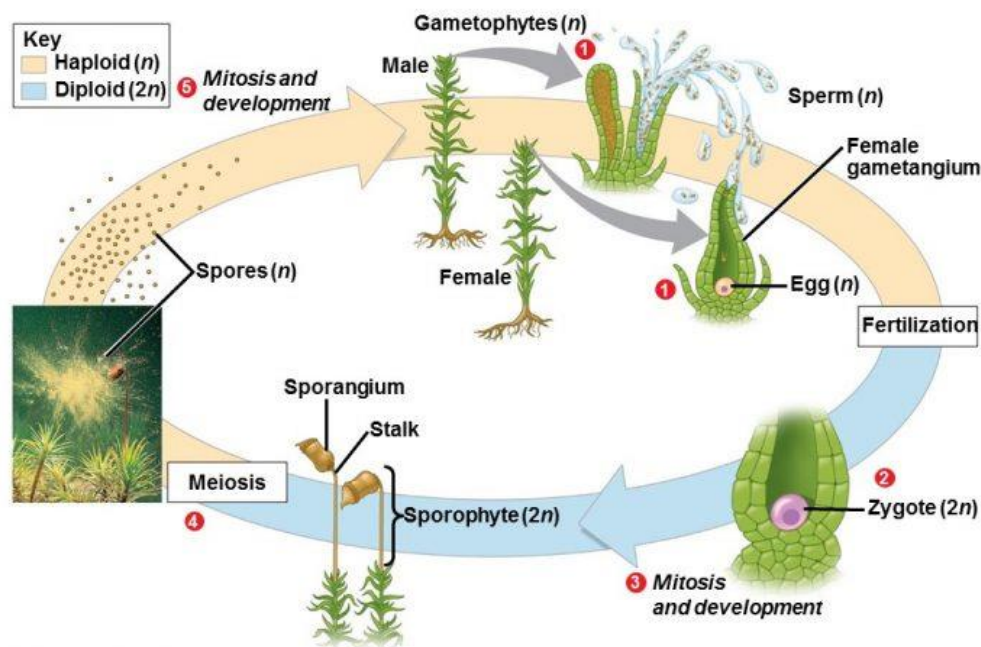
Adaptasi embriofita dievolusikan pada Briofita. Embrio berkembang di dalam arkegonium, yaitu gametangium betina. Gametofit adalah generasi yang dominan dalam siklus hidup briofita. Suatu hamparan lumut daun terdiri atas gametofit haploid, dengan sporofit diploid yang meninggalkan arkegonia, yang bergantung pada gametofit untuk pemberian makanan. Sperma berflagela memerlukan suatu lapisan tipis air untuk mencapai sel telur.

Tiga divisi Briofita adalah lumut daun, lumut hati, dan lumut tanduk. Lumut daun (Briofita) adalah Briofita yang paling beraneka ragam dan paling menyebar luas. Lumut hati (Hepatofita) dinamai menurut bentuknya dan melakukan reproduksi secara asexual melalui *gemmae*. Lumut tanduk (Anthoserofita) mungkin merupakan Briofita yang paling dekat hubungannya dengan tumbuhan vaskuler.



Gambar 16. Divisi Lumut.dari kiri ke kanan: lumut hati, lumut daun dan lumut tanduk

Adaptasi tumbuhan daratan dievolusikan saat tumbuhan vaskuler diturunkan dari nenek moyang yang menyerupai Briofita. Satu jenis jaringan vaskuler, pembuluh kayu (xilem), terutama menyangkut air dan mineral; jaringan vaskuler kedua, pembuluh tapis (floem), terutama menyangkut nutrisi organik. Adaptasi lainnya, yaitu lignin, dinding sel yang mengeras, membantu proses mekanis bagi tumbuhan vaskuler. Sporofit bercabang pada tumbuhan vaskuler memperbanyak produksi spora dan memungkinkan terbentuknya tubuh yang lebih kompleks. *Cooksonia* adalah contoh tumbuhan pada masa Silur yang memiliki dua percabangan atau dikotomus, dengan sporangia pada ujung beberapa cabang.



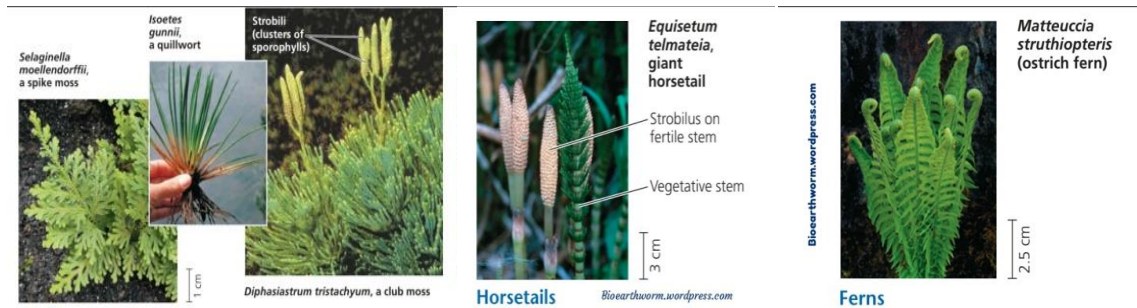
Gambar 17. Siklus hidup lumut daun. Spora muncul pada tahap sporofit.

Licophyita

Siklus hidup yang didominasi oleh sporofit dievolusikan pada tumbuhan vaskuler tak berbiji (Gambar 19). Satu variasi dalam siklus hidup ini adalah kontras antara tumbuhan homospora dan heterospora. Kondisi sperma berflagela pada nenek moyang dipertahankan oleh semua tumbuhan vaskuler.

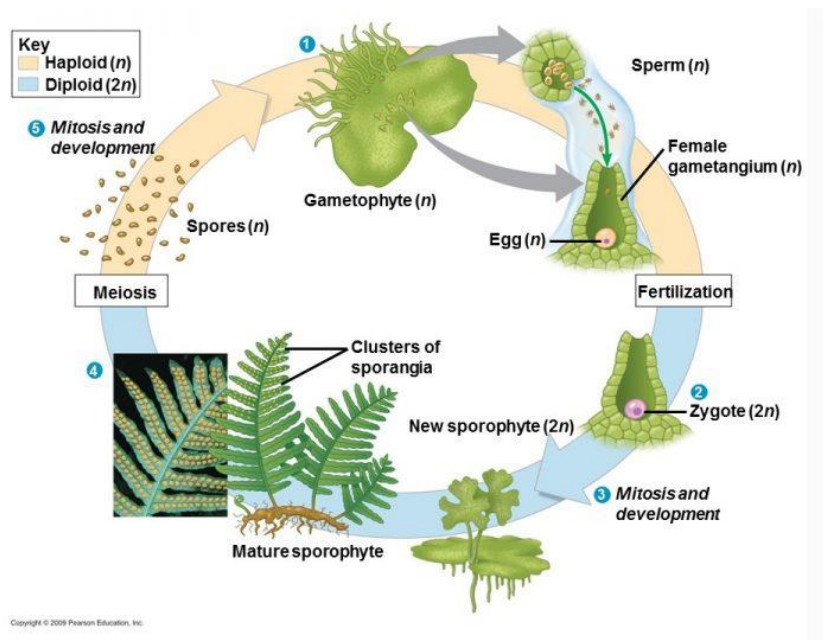
Tiga divisi tumbuhan vaskuler tak berbiji adalah likofita, ekor kuda, dan pakis. Likofita meliputi lumut gada (*club moss*), dengan kumpulan sporofil pada beberapa

ujung tunas. Paku ekor kuda (Stenofita), seperti likofita; berasal dari masa Devon, dan kedua kelompok tersebut jauh lebih beraneka ragam pada masa Karboniferus dibandingkan dengan saat ini. Pakis (Pterofita) sejauh ini merupakan tumbuhan vaskuler tak berbiji yang paling beraneka ragam pada dunia tumbuhan modern.



Gambar 18. Divisi paku. dari kiri ke kanan: lumut gada/pinus tanah, paku ekor kuda, dan pakis

Tumbuhan vaskuler tak berbiji membentuk “hutan batu bara” selama masa Karboniferus. Batu bara terbentuk dari gambut, badan tumbuhan rawa yang dibusukkan secara parsial. Tumbuhan berbiji juga berkembang selama periode ini, tetapi tidak menjadi tumbuhan yang dominan sampai akhir masa Karboniferus.



Gambar 19. Siklus hidup tanaman paku didominasi oleh sporofit.

Spermatophyta

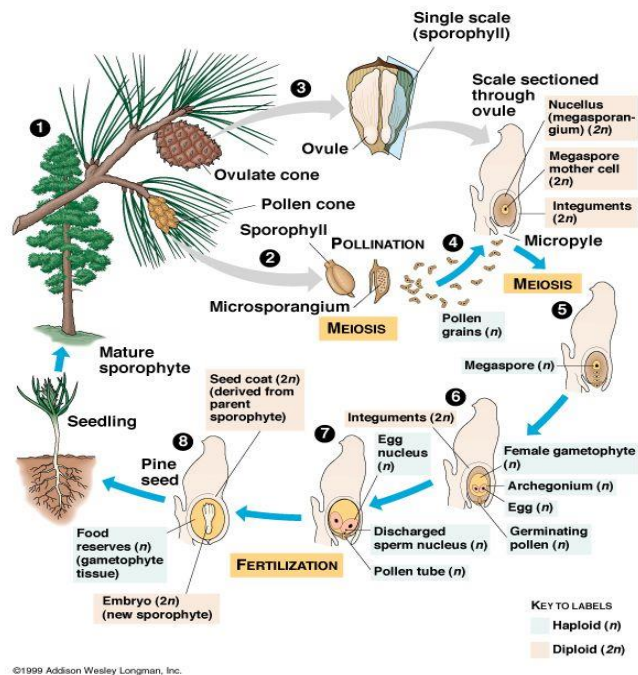
Gametofit tumbuhan berbiji menjadi semakin tereduksi dibandingkan dengan gametofit tumbuhan vaskuler tak berbiji. Gametofit tumbuhan berbiji berkembang di dalam bungkusan spora yang disimpan di dalam jaringan sporofit induknya. Pada tumbuhan berbiji, biji menggantikan spora sebagai cara utama penyebaran keturunan. Biji, yang berasal dari bakal yang dibuahi, terdiri dari embrio sporofit yang terbungkus bersama cadangan makanan di dalam selaput biji. Serbuk sari (polen) menjadi pembawa sel-sel sperma pada tumbuhan berbiji. Butir serbuk sari, yang merupakan gametofit jantan yang belum dewasa, dapat disebarkan melalui udara oleh angin atau dibawa oleh hewan.

Gymnospermae

Zaman Mesozoikum adalah zaman gymnospermae. Gymnospermae memiliki biji “terbuka” pada permukaan sporofil. Keempat divisi gymnospermae yang masih hidup saat ini adalah sikad, ginkgo, gnetofit, dan konifer. Konifer yang mengandung konus, yang meliputi pinus, ara, dan cemara, sampai hari ini merupakan gymnospermae yang paling beranekaragam. Siklus hidup pinus menunjukkan adaptasi reproduktif kunci pada tumbuhan berbiji (lihat Gambar 21). Dominansi generasi sporofit, perkembangan biji dari bakal biji yang dibuahi, dan peranan polen dalam transfer spermaantar tumbuhan merupakan ciri kunci siklus hidup konifer.



Gambar 20. Divisi Gymnospermae. dari kiri ke kanan: sikad, ginkgo, konifer, dan gnetofit



Gambar 21. Siklus hidup Gymnospermae.

Angiospermae

Adaptasi kehidupan darat terus berlangsung dengan perbaikan jaringan vaskuler pada angiospermae. Pada angiospermae, kedua unsur pembuluh dan serat berkembang dari trakeid, suatu jenis xilem. Bunga adalah adaptasi reproduksi yang menentukan pada angiospermae. Kelopak (sepal), mahkota (petal), benang sari (stamen, yang menghasilkan serbuk sari), dan putik (karpel, yang menghasilkan bakal biji) adalah lingkaran daun yang telah dimodifikasi yang menyusun bunga. Buah membantu menyebarkan biji-bijian angiospermae. Ovarium matang menjadi buah, yang sering kali terbawa oleh angin atau hewan ke tempat yang baru.



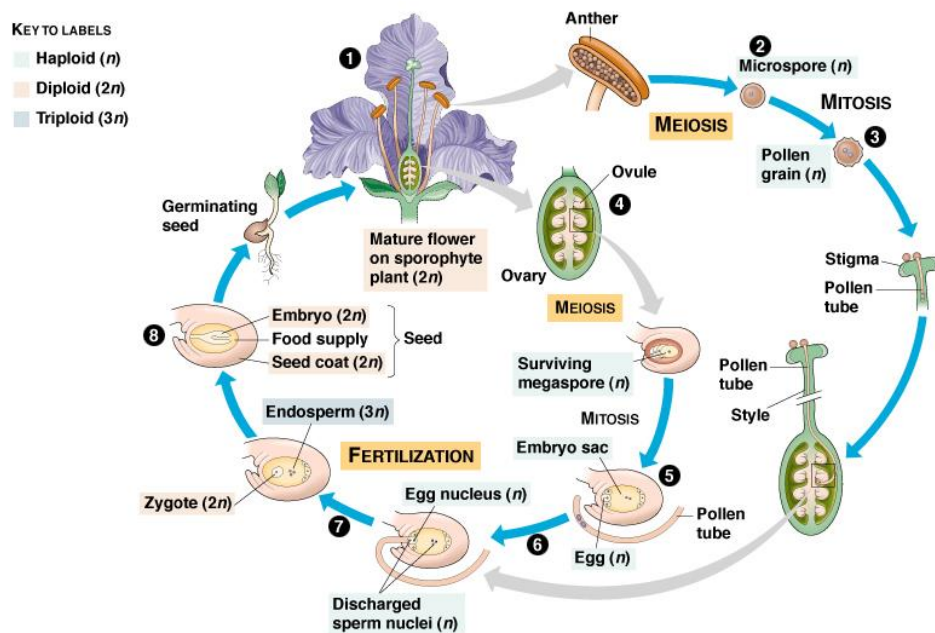
Gambar 22. Divisi Angiospermae. dari kiri ke kanan: monokotil dan dikotil

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

	Seed	Root	Stem	Leaf	Flower
Monocots	 One cotyledon in seed	 Root xylem and phloem in a ring	 Vascular bundles scattered in stem	 Leaf veins form a parallel pattern	 Flower parts in threes and multiples of three
Eudicots	 Two cotyledons in seed	 Root phloem between arms of xylem	 Vascular bundles in a distinct ring	 Leaf veins form a net pattern	 Flower parts in fours or fives and their multiples

Gambar 23. Perbedaan tanaman monokotil dan dikotil

Siklus hidup angiospermae merupakan versi yang sangat maju dari pergiliran generasi yang umum bagi semua tumbuhan. Pembuahan ganda terjadi ketika suatu tabung serbuk sari melepaskan dua sperma ke dalam kantung embrio, yaitu gametofit betina di dalam bakal biji.



Gambar 24. Siklus hidup Angiospermae

Bereksplorasi

Bekerjalah sesuai dengan arahan yang diberikan pada cara kerja. Rencanakan cara pelaksanaan kegiatan eksplorasi, sehingga semua objek dapat diamati sesuai dengan dengan alokasi waktu yang ditentukan. Sediakan alat, bahan dan objek yang akan diamati. Letakkan di atas meja kerja Saudara dan berhati-hatilah dalam menggunakan alat dan bahan. Gambarkan hasil pengamatan sesuai dengan objek yang diamati. Cantumkan nama objek pada masing-masing kolom.

Struktur Tubuh Tumbuhan

Sebelum saudara melakukan kegiatan eksplorasi, bacalah terlebih dahulu tujuan eksplorasi berikut ini.

Agar mahasiswa mampu menjelaskan dan membandingkan struktur dan organisasi tubuh tumbuhan tingkat rendah dan tumbuhan tingkat tinggi berdasarkan pengamatan.

Alat, Bahan dan Objek

1. Alat : Mikroskop zoom stereo binokuler, baki plastic, kaca pembesar, pinset, cawan petri, tissue dan alat tulis
2. Objek : Lumut daun (organ lengkap), paku-pakuan berspora (organ lengkap), melinjo atau pinus (dengan conos/buah), jagung/keladi/sawi hijau/kangkung tanah (organ lengkap serta bunga dan atau buah), dan mangga/cabe/bunga pacar air (organ lengkap serta bunga dan atau buah).

Cara Kerja

1. Pengamatan Lumut Daun

- a. Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan, dan objek di atas meja kerja. Gunakan mikroskop stereo untuk mengamati struktur morfologi dan spora tumbuhan.
- b. Ambil lumut daun yang masih melekat pada tanah, letakkan di dalam cawan petri. Amati bentuk morfologi lumut mulai dari struktur rizoid, struktur berbentuk batang, dan struktur berbentuk daun. Gambarkan hasil pengamatan lengkap dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan
- c. Amati posisi kotak spora lumut tersebut. Gambarkan hasil pengamatan lengkap dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.

2. Pengamatan Paku-pakuan

- a. Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan, dan objek di atas meja kerja.
- d. Amati bentuk morfologi tanaman paku mulai dari bentuk akar, batang, daun muda dan daun dewasa. Gunakan bantuan kaca pembesar. Gambarkan hasil pengamatan lengkap dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan
- b. Amati bagian daun yang berspora, letakkan di atas cawan petri. Amati bentuk morfologi dan posisi kotak spora dengan menggunakan mikroskop zoom stereo binokuler. Gambarkan hasil pengamatan lengkap dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.

3. Pengamatan Tumbuhan Berbiji Terbuka

- Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan, dan objek di atas meja kerja.
- Ambil tumbuhan lalu amati batang, daun, conus/buahnya.
- Gambarkan hasil pengamatan lengkap dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.

4. Pengamatan Tumbuhan Berbiji Tertutup

- Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan, dan objek di atas meja kerja.
- Ambil tumbuhan berbiji monokotil dan dikotil. Lalu amati dan bandingkan bentuk-bentuk akar, batang, daun, bunga/buahnya.
- Gambarkan hasil pengamatan lengkap dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.

Hasil Pengamatan

1. Pengamatan Lumut

Jenis Mikroskop:.....	Nama Objek:.....
Tipe Mikroskop :.....	Ciri-ciri:.....
Nomor Mikroskop:.....	
Perbesaran Lensa Okuler:.....	
Perbesaran Lensa Objektif:.....	
Total Perbesaran:.....	

2. Pengamatan Morfologi Paku

	Nama Objek:.....
	Ciri-ciri:.....
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	

Warnai pengamatan Anda sesuai dengan warna objek.

3. Pengamatan Tipe Spora Paku

Jenis Mikroskop:.....	Nama Objek :
Tipe Mikroskop :	Ciri-ciri :
Nomor Mikroskop:.....	
Perbesaran Lensa Okuler:.....	
Perbesaran Lensa Objektif:.....	
Total Perbesaran:.....	

Warnai pengamatan Anda sesuai dengan warna objek.

4. Pengamatan Tumbuhan Berbiji Terbuka

[illegible]

Warnai pengamatan Anda sesuai dengan warna objek.

5. Pengamatan Tumbuhan Berbiji Tertutup

No.	Struktur Pembeda	Monocotyledoneae (objek:.....)	Dycotyledoneae (objek:.....)
1.	Akar		
		Ciri-ciri:	Ciri-ciri:
2.	Daun		
		Ciri-ciri:	Ciri-ciri:

No.	Struktur Pembeda	Monocotyledoneae (objek:.....)	Dycotyledoneae (objek:.....)
3.	Alat Perkembangbiakan Bunga dan atau buah		
		Ciri-ciri:	Ciri-ciri:

Warnai pengamatan Anda sesuai dengan warna objek.

Analisis Hasil Pengamatan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini untuk mendapatkan konsep penting struktur tubuh tumbuhan. Analisis hasil eksplorasi dapat membantu Saudara untuk mencapai tujuan pembelajaran

1) Menurut hasil pengamatanmu, apakah lumut memiliki struktur akar? Apa alasanmu

.....
.....
.....
.....

2) Apakah kamu menemukan spora pada tanaman lumut? Apa kegunaan spora tersebut? Apa beda spora tersebut dengan spora paku?

.....
.....
.....
.....

3) Menurut hasil pengamatanmu, kapan struktur lumut memiliki fase gametofit? Dan kapan struktur lumut memiliki fase sporofit?

.....

.....

.....

4) Menurut hasil pengamatanmu, apa struktur yang terdapat pada paku yang tergolong ke fase gametofit? Dan apa jenis fase paku yang saudara bawa untuk eksplorasi?

.....

.....

.....

5) Menurut hasil pengamatanmu, apa struktur yang terdapat pada buah Gymnospermae? Dan apa yang menyebabkan struktur tersebut dinyatakan berbiji terbuka?

.....

.....

.....

6) Menurut hasil pengamatanmu, kenapa struktur conos Gymnospermae tidak dinyatakan sebagai bunga?

.....

.....

.....

7) Jabarkanlah perbedaan struktur daun monokotil dan daun dikotil yang kamu amati, baik dari segi penulangan daun, pinggir daun, dll!

Bentuk struktur daun	Perbedaan Struktur	
	Monocotyledoneae (objek:.....)	Dycotyledoneae (objek:.....)
1)		
2)		
3)		

8) Jabarkanlah perbedaan struktur bunga monokotil dan daun dikotil yang kamu amati, baik dari segi penulangan daun, pinggir daun, dll!

Bentuk struktur bunga	Perbedaan Struktur	
	Monocotyledoneae (objek:.....)	Dycotyledoneae (objek:.....)
1)		
2)		
3)		

- 9) Jabarkanlah perbedaan struktur buah dan biji monokotil dan daun dikotil yang kamu amati, baik dari segi penulangan daun, pinggir daun, dll!

Bentuk struktur buah dan biji	Perbedaan Struktur	
	Monocotyledoneae (objek:.....)	Dicotyledoneae (objek:.....)
1)		
2)		
3)		

Dari hasil pengamatan saudara terhadap penggunaan struktur tubuh tumbuhan, apakah terdapat perbedaan struktur tubuh pada setiap divisi tumbuhan? Buatlah kesimpulan hasil pengamatanmu!

.....

.....

.....

.....

.....

Uji Pemahaman

Kerjakan soal berikut untuk mengukur pemahaman saudara terhadap materi struktur tubuh tumbuhan!

- 1) Apa yang menjadi dasar klasifikasi tumbuhan tingkat rendah dan tingkat tinggi?

.....

.....

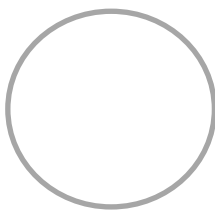
.....

- 2) Tumbuhan paku-pakuan sudah memiliki daun dan akar, mengapa tumbuhan ini masih dikelompokkan dalam tumbuhan tingkat rendah? Jelaskan!

.....

.....

.....



Bekerjalah dengan baik, periksalah setiap eksplorasi saudara, dan pastikan hasil eksplorasi saudara benar!

BAB 5.

Struktur dan Organisasi Tubuh Hewan

Inkuiri

Hewan termasuk ke dalam Kingdom Animalia. Hewan merupakan kelompok makhluk hidup yang hidup dengan cara memakan makhluk hidup lain. Perbedaan utama antara hewan dan tumbuhan adalah pada dinding sel yang dimilikinya. Sel-sel tumbuhan memiliki dinding sel, sedangkan sel-sel hewan tidak mempunyai dinding sel. Kingdom Animalia dapat dikelompokkan menjadi dua bagian berdasarkan ada tidaknya tulang belakang. Untuk mengetahui bagaimana hewan dapat dikelompokkan berdasarkan bagian-bagian yang dimilikinya, silakan pelajari materi berikut ini.

Capaian Pembelajaran:

Mahasiswa mampu menjelaskan, mendeskripsikan dan menganalisis struktur dan organisasi tubuh hewan

Bacalah tinjauan teori berikut ini untuk membantu Saudara dalam memahami struktur organisasi tubuh hewan masing-masing divisi.

Karakteristik Umum Animalia

Hewan adalah heterotrof bersel banyak yang mengambil makanan ke dalam tubuh mereka, tempat mereka mencernanya dan menyerap nutrisi yang dilepaskan. Hewan memiliki beberapa hingga ratusan jenis sel yang tidak berdinding. Sel-sel ini menjadi terspesialisasi saat individu berkembang dari embrio (tahap perkembangan awal) menjadi dewasa. Sebagian besar hewan bereproduksi secara seksual, beberapa bereproduksi secara aseksual, dan beberapa melakukan keduanya. Hampir semua hewan bersifat motil (dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain), selama sebagian atau seluruh siklus hidupnya. Berikut dijelaskan fitur umum hewan:

- 1) *Heterotrof*. Semua hewan adalah heterotrof—yaitu, mereka memperoleh energi dan molekul organik dengan memakan organisme lain. Tidak seperti tumbuhan dan alga autotrof, hewan tidak dapat membangun molekul organik dari bahan kimia

anorganik. Beberapa hewan (Herbivora) memakan autotrof; hewan lain (Karnivora) memakan heterotrof; beberapa hewan (Omnivora) memakan autotrof dan heterotrof; dan yang lainnya (Detritivora) memakan organisme pengurai.

- 2) *Multiseluler*. Semua hewan adalah multiseluler. Organisme heterotrof uniseluler yang disebut Protozoa, yang pada suatu waktu dianggap sebagai hewan sederhana, sekarang dianggap sebagai anggota kerajaan Protista yang besar dan beragam.
- 3) *Tidak Memiliki Dinding Sel*. Sel hewan berbeda dari sel organisme multiseluler lainnya: mereka tidak memiliki dinding sel yang kaku dan biasanya cukup fleksibel. Banyak sel tubuh hewan disatukan oleh kerangka ekstraseluler dari protein struktural seperti kolagen. Protein lain membentuk hubungan antarsel yang unik antara sel-sel hewan.
- 4) *Gerakan Aktif*. Hewan bergerak lebih cepat dan dengan cara yang lebih kompleks daripada anggota kerajaan lain—kemampuan ini mungkin merupakan karakteristik mereka yang paling mencolok, yang berhubungan langsung dengan fleksibilitas sel-sel mereka dan evolusi jaringan saraf dan otot. Bentuk gerakan luar biasa yang unik bagi hewan adalah terbang, kemampuan yang berkembang baik di antara Vertebrata dan serangga seperti kupu-kupu (Filum Arthropoda). Banyak hewan tidak dapat bergerak dari satu tempat ke tempat lain (mereka tidak bergerak) atau melakukannya dengan jarang atau lambat (mereka tidak bergerak) meskipun mereka memiliki otot atau serat otot yang memungkinkan bagian-bagian tubuh mereka bergerak. Namun, spons memiliki sedikit kapasitas untuk bergerak.
- 5) *Keragaman Bentuk*. Hewan sangat bervariasi dalam bentuk, mulai dari organisme yang terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang hingga paus besar dan cumi-cumi raksasa. Hampir semua hewan, seperti kelabang (Filum Arthropoda), tidak memiliki tulang belakang—oleh karena itu mereka disebut Invertebrata. Dari sejuta spesies hewan hidup yang diketahui, hanya 42.500 yang memiliki tulang belakang—oleh karena itu mereka disebut Vertebrata. Mungkin sebagian besar dari jutaan spesies hewan yang menunggu untuk ditemukan adalah Invertebrata.
- 6) *Keanekaragaman Habitat*. Kingdom Animalia terbagi menjadi 35–40 filum, yang sebagian besar memiliki anggota yang hanya hidup di laut seperti bintang laut ini (Filum Echinodermata). Anggota dari filum yang lebih sedikit hidup di air tawar, dan anggota yang lebih sedikit lagi hidup di darat. Anggota dari tiga filum yang

hidup di lingkungan laut seperti Arthropoda, Mollusca, dan Chordata, juga mendominasi kehidupan hewan di darat. Hanya satu filum hewan, Onychophora (cacing beludru) yang sepenuhnya hidup di darat.

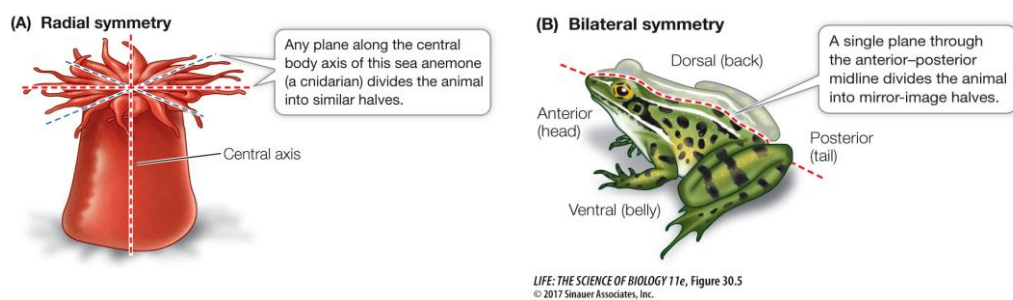
- 7) *Reproduksi Seksual*. Sebagian besar hewan bereproduksi secara seksual. Telur hewan, yang tidak dapat bergerak, jauh lebih besar daripada sperma kecil yang biasanya berflagel. Pada hewan, sel yang terbentuk dalam meiosis berfungsi sebagai gamet. Sel-sel haploid ini tidak membelah melalui mitosis terlebih dahulu, seperti yang terjadi pada tumbuhan dan jamur, tetapi langsung menyatu satu sama lain untuk membentuk zigot. Akibatnya, tidak ada padanan di antara hewan untuk pergantian generasi haploid (gametofit) dan diploid (sporofit) yang menjadi ciri tumbuhan. Beberapa individu dari beberapa spesies dan semua individu dari beberapa spesies hewan tidak mampu bereproduksi secara seksual.
- 8) *Perkembangan Embrionik*. Zigot hewan pertama-tama menjalani serangkaian pembelahan mitosis, yang disebut pembelahan, dan seperti telur katak yang membelah ini, yang menghasilkan bola sel, blastula. Pada sebagian besar hewan, blastula terlipat ke dalam pada satu titik untuk membentuk kantung berongga dengan lubang di salah satu ujungnya yang disebut blastopor. Embrio pada tahap ini disebut gastrula. Pertumbuhan dan pergerakan sel-sel gastrula selanjutnya berbeda dari satu kelompok hewan ke kelompok hewan lainnya, yang mencerminkan sejarah evolusi kelompok tersebut. Embrio dari sebagian besar jenis hewan berkembang menjadi larva, yang tampak tidak seperti spesies dewasa, hidup di habitat yang berbeda, dan memakan berbagai jenis makanan; di sebagian besar kelompok, larva berukuran sangat kecil. Larva mengalami metamorfosis, reorganisasi radikal, untuk berubah menjadi bentuk tubuh dewasa.
- 9) *Jaringan*. Sel-sel semua hewan kecuali spons terorganisasi menjadi unit struktural dan fungsional yang disebut jaringan, kumpulan sel yang bersama-sama terspesialisasi untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Hewan unik karena memiliki dua jaringan yang terkait dengan pergerakan: (1) jaringan otot, yang berkontraksi, dan (2) jaringan saraf, yang menghantarkan sinyal antarsel. Sambungan neuromuskular, tempat saraf terhubung dengan jaringan otot, ditunjukkan di sini.

Sebagian Besar Hewan Menunjukkan Simetri Radial atau Bilateral

Spons pada umumnya tidak memiliki simetri yang pasti, tumbuh sebagai massa yang tidak teratur. Hampir semua hewan lain memiliki bentuk dan simetri yang pasti yang dapat didefinisikan sepanjang sumbu imajiner yang ditarik melalui tubuh hewan tersebut. Dua jenis simetri utama adalah radial dan bilateral.

Simetri Radial

Tubuh anggota Filum Cnidaria (ubur-ubur, anemon laut, dan karang: Karang merupakan kelompok dari Cnidaria yang tidak bersuara) menunjukkan simetri radial. Bagian-bagiannya tersusun sedemikian rupa sehingga setiap bidang longitudinal yang melewati sumbu pusat membagi organisme menjadi dua bagian yang merupakan bayangan cermin yang mendekati.



Gambar 25. Simetri Tubuh hewan. kiri ke kanan; Simetri radial, dan Simetri bilateral

Simetri bilateral

Tubuh sebagian besar hewan selain Spons dan Cnidaria menunjukkan simetri bilateral, dimana tubuh memiliki bagian kanan dan kiri yang merupakan bayangan cermin satu sama lain. Hewan dengan rencana tubuh ini secara kolektif disebut Bilateria. Bidang sagital mendefinisikan bagian-bagian ini. Tubuh yang simetris bilateral memiliki, selain bagian kiri dan kanan, bagian dorsal dan ventral, yang dibagi oleh bidang frontal, dan ujung anterior (depan) dan posterior (belakang), yang dibagi oleh bidang transversal (pada hewan yang berjalan dengan keempat kakinya, dorsal adalah sisi atas).

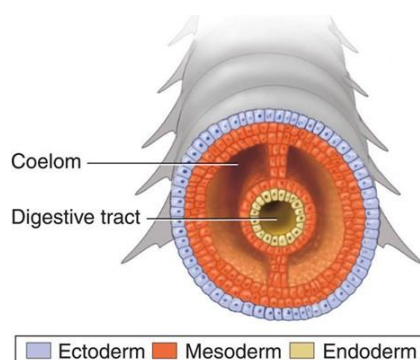
Pada Echinodermata (bintang laut dan kerabatnya), hewan dewasa simetris radial (sebenarnya simetri pentaradial, karena tubuh memiliki lima bagian yang jelas), tetapi larva simetris bilateral. Simetri bilateral merupakan kemajuan evolusi utama dalam rencana tubuh hewan. Hewan simetri bilateral

memiliki kemampuan untuk bergerak melalui lingkungan dalam arah yang konsisten (biasanya dengan ujung anterior memimpin) suatu prestasi yang sulit bagi hewan simetri radial.

Terkait dengan gerakan terarah adalah pengelompokan sel-sel saraf ke dalam otak, dan struktur sensorik, seperti mata dan telinga, di ujung anterior tubuh. Konsentrasi jaringan saraf di ujung anterior ini, yang tampaknya terjadi di awal evolusi, disebut sefalisasi. Sebagian besar tata letak sistem saraf pada hewan simetris bilateral berpusat pada satu atau lebih tali saraf longitudinal utama yang menyalurkan informasi dari organ indera anterior dan otak ke seluruh tubuh. Sefalisasi sering dianggap sebagai konsekuensi dari perkembangan simetri bilateral.

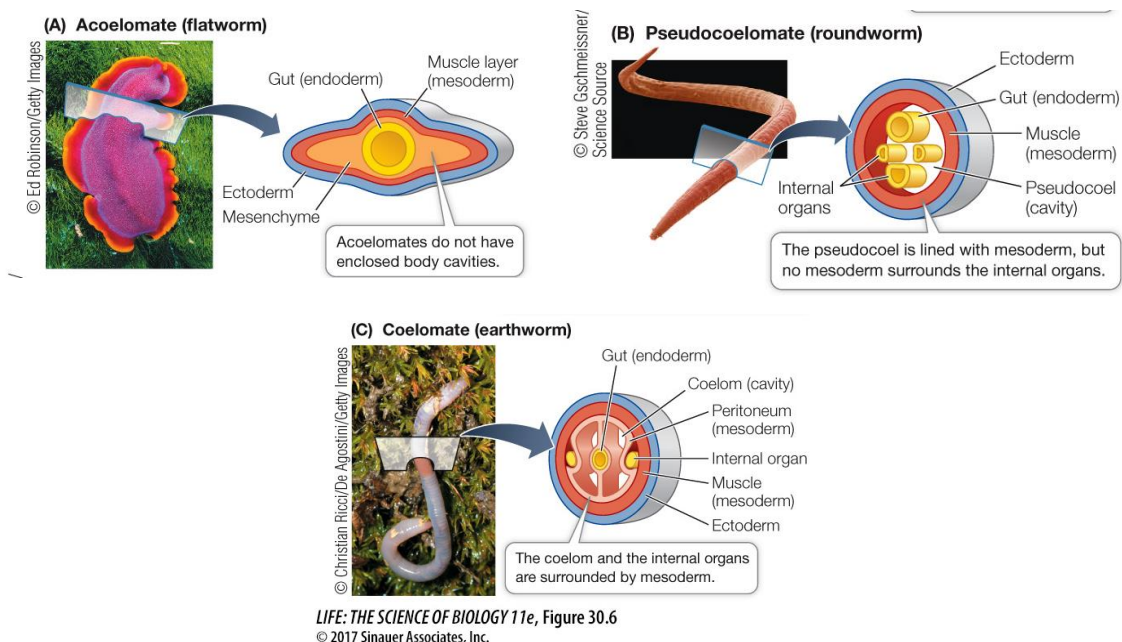
Rancangan Tubuh Hewan Bilateral

Hewan dengan embrio tiga lapis diklasifikasikan menjadi dua kelompok yang berbeda dalam cara mereka berkembang sebagai embrio (Gambar 26). Pada protostom, bukaan pertama yang terbentuk pada embrio menjadi mulut. Protostom berarti pertama dan stoma berarti bukaan. Pada deuterostom, bukaan kedua menjadi mulut. Semua hewan menerima dan mencerna makanan, lalu mengeluarkan limbah pencernaan, tetapi detail prosesnya bervariasi. Pada spons, pencernaan bersifat intraseluler. Cnidaria dan cacing pipih mencerna makanan di dalam usus seperti kantung yang disebut rongga gastrovaskular. Makanan memasuki rongga ini melalui bukaan yang sama yang mengeluarkan limbah.



Gambar 26. Embrio tiga lapis

Sebagian besar hewan bilateral memiliki usus tubular, atau saluran pencernaan lengkap, dengan bukaan di kedua ujungnya. Usus tubular memiliki kelebihan. Bagian-bagian tabung dapat dikhususkan untuk menerima makanan, mencerna makanan, menyerap nutrisi, atau memadatkan limbah. Tidak seperti rongga seperti kantung, usus tubular melakukan semua tugas secara bersamaan. Akan tetapi, sebagian besar hewan memiliki bentuk tubuh "tabung di dalam tabung", di mana rongga tubuh berisi cairan mengelilingi usus. Biasanya, rongga ini dilapisi dengan jaringan yang berasal dari mesoderm, dan disebut selom. Cacing tanah memiliki bentuk tubuh seperti ini (Gambar 27). Beberapa invertebrata, seperti cacing gelang, memiliki selom semu, dengan hanya sebagian lapisan mesoderm.



Gambar 27. Rongga Tubuh hewan. (a) aselomata pada hewan Plathyhelminthes, (b) psudoselomata pada hewan Nematoda, dan (c) selomata pada hewan Annelida.

Evolusi rongga tubuh berisi cairan memberikan sejumlah manfaat. Pertama, bahan dapat berdifusi melalui cairan ke sel-sel tubuh. Kedua, otot dapat mendistribusikan kembali cairan untuk mengubah bentuk bagian tubuh dengan cara yang memungkinkan gerakan. Terakhir, organ dalam tidak dibatasi oleh massa jaringan, sehingga organ tersebut dapat menjadi lebih besar dan bergerak lebih bebas. Gas dan nutrisi berdifusi dengan cepat melalui tubuh hewan kecil. Akan tetapi, difusi saja tidak

dapat memindahkan zat melalui tubuh yang besar dengan cukup cepat untuk menjaga sel-selnya tetap hidup.

Pada sebagian besar hewan, sistem peredaran darah mempercepat distribusi zat melalui tubuh. Dalam sistem peredaran darah terbuka, darah dipompa keluar dari pembuluh darah ke ruang internal, dari sana darah diambil lagi oleh jantung. Sistem tertutup memungkinkan aliran darah lebih cepat daripada sistem terbuka. Dalam sistem peredaran darah tertutup, jantung atau jantung mendorong darah melalui sistem pembuluh darah yang berkesinambungan. Bahan yang dibawa oleh darah berdifusi keluar dari pembuluh darah dan masuk ke dalam sel, dan sebaliknya. Segmentasi umum terjadi pada hewan bilateral, yang berarti unit serupa diulang sepanjang tubuh. Segmentasi membuka jalan bagi inovasi evolusi dalam bentuk tubuh. Bila banyak segmen memiliki organ yang menjalankan fungsi yang sama, beberapa segmen dapat dimodifikasi tanpa membahayakan kelangsungan hidup hewan.

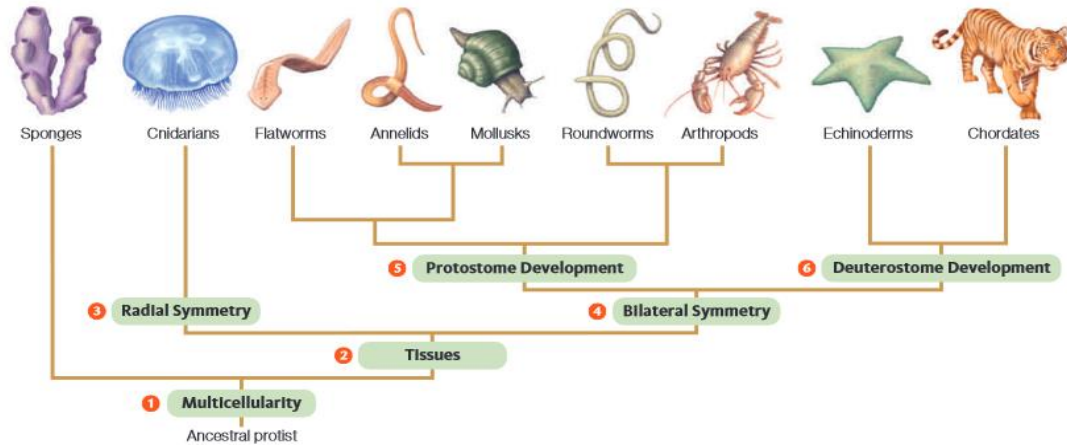
Asal Usul dan Klasifikasi

Hewan pertama kemungkinan besar muncul di laut. Karakteristik struktural invertebrata menunjukkan bahwa mereka adalah hewan multiseluler pertama dan berevolusi dari protista. Karena protista bersifat heterotrofik dan eukariotik, para ilmuwan telah menyimpulkan bahwa invertebrata multiseluler mungkin telah berkembang dari koloni protista berflagela yang saling terhubung secara longgar.

Protista kolonial mungkin telah kehilangan flagela mereka selama evolusi karena sel-sel individu dalam koloni tumbuh lebih terspesialisasi. Mereka mungkin mirip dengan protista kolonial modern yang menunjukkan beberapa tingkat spesialisasi sel, seperti beberapa spesies alga. Pada spesies ini, gamet berbeda dari sel-sel nonreproduksi. Pembagian kerja yang serupa pada protista kolonial awal mungkin merupakan langkah pertama menuju multiseluler. Ilmuwan sering menggunakan jenis diagram percabangan yang disebut diagram filogenetik, seperti yang ada pada Gambar 28, untuk menunjukkan bagaimana hewan terkait melalui evolusi.

Ahli taksonomi telah mengelompokkan hewan ke dalam beberapa fila (tunggal, filum) dengan membandingkan fosil hewan, simetri tubuh, pola perkembangan embrio, dan RNA ribosom (rRNA) serta makromolekul lainnya. Taksonomi adalah cabang ilmu yang terus berubah; oleh karena itu, tidak mengherankan jika jumlah dan nama filum hewan yang sebenarnya terus berubah dan diperdebatkan. Banyak ahli taksonomi

mengenali 30 atau lebih filum hewan yang berbeda, meskipun beberapa filum mengandung sejumlah kecil spesies.



Gambar 28. Semua hewan merupakan keturunan dari nenek moyang bersel banyak yang sama. Pohon keluarga untuk filum hewan utama berdasarkan bentuk tubuh dan perbandingan genetik. Vertebrata (hewan dengan tulang belakang) merupakan subkelompok dari Chordata.

Keanekaragaman Invertebrata

Invertebrata adalah hewan yang tidak memiliki tulang belakang. Invertebrata mencakup 95% spesies hewan yang telah diketahui. Mereka menempati hampir setiap habitat di Bumi, mulai dari air mendidih yang dilepaskan oleh sembur hidrotermal laut-dalam hingga ke tanah Antartika yang berbatu dan beku. Adaptasi terhadap berbagai lingkungan ini telah menghasilkan keanekaragaman bentuk yang luar biasa, berkisar dari spesies yang hanya terdiri dari lapisan sel-sel ganda yang sutra, duri-duri yang berputar, lusinan kaki yang berbuku, atau tentakel yang ditutupi dengan mangkok penghisap.

Salah satu contoh adalah cacing pohon natal (*Spirobranchus giganteus*). Kedua uliran yang berbentuk pohon adalah tentakel, yang digunakan untuk pertukaran gas dan menyaring partikel-partikel makanan kecil dari air disekitarnya. Gambar 28 adalah bagan filogeni hewan, dimana selain spons (hewan basal pada filum Calcarea dan Silicea) dan segelintir kelompok yang lain, semua hewan memiliki jaringan dan berada dalam klad Eumetazoa. Dan hewan tergolong klad Bilateria yang beraneka ragam.

Tabel 1. Kelompok Invertebrata

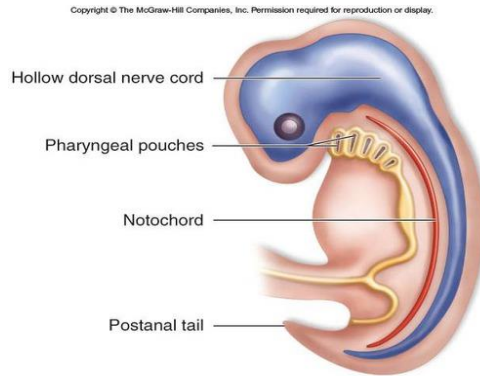
Konsep kunci	Filum	Deskripsi
Spons adalah hewan basal yang tidak memiliki jaringan sejati	Calcarea, Silica (Spons)	Tidak memiliki jaringan sejati, memiliki koanosit (sel berflagela yang menelan bakteri dan partikel makanan kecil)
Cnidaria adalah filum purba eumetazoa	Cnidaria (hydra, ubur-ubur, anemone laut, koral)	Struktur penyengat yang unik (nematokist) menampung sel-sel terspesialisasi (knidosit), diploblastik, simetri radial, rongga gastrovaskular (kompartemen pencernaan dengan bukaan tunggal)
Lophotrochozoa, klad yang diidentifikasi berdasarkan data molekular, memiliki kisaran bentuk tubuh hewan yang paling luas	Platyhelminthes (cacing pipih)	Pipih dorsoventral, aselomata tidak beruas, rongga gastrovaskular atau tidak memiliki saluran pencernaan
	Rotifera	Pseudoselomata dengan <i>alimentary canal</i> (tabung pencernaan dengan mulut dan anus), rahang (trofi) di faring, kepaladengan mahkota bersilia
	Lophophorata: Ectoprocta, Brachiopoda	Selomata dengan lofofor (struktur penangkap makanan dengan tentakel bersilia)
	Mollusca (kima, keong, cumi-cumi)	Selomata dengan tiga bagian tubuh utama (kaki yang berotot, massa visceral, mantel) selom tereduksi, kebanyakan memiliki cangkang keras dari kalsium karbonat.
	Annelida (cacing beruas)	Selomata dengan dinding tubuh beruas dan organ internal (selain saluran pencernaan yang tidak beruas).
Ecdysozoa adalah kelompok hewan yang paling kaya spesies	Nematoda (cacing gilig)	Pseudoselomata yang silindris, tak beruas dengan ujung meruncing, tidak ada sistem sirkulasi, mengalami ekdisis
	Arthropoda (krustasea, serangga, laba-laba)	Selomata dengan tubuh beruas, tonjolan berbuku, dan eksoskeleton yang terbuat dari protein dan kitin
Ekinodermata dan kordata adalah deuterostom	Echinodermata (bintang laut, bulu babi)	Selomata dengan larva bersimetri bilateral dan organisasi tubuh lima-bagian ketika dewasa, sistem pembuluh air yang unik, endoskeleton.
	Chordata (lanselet, tunikata, vertebrata)	Selomata dengan notokord, batang saraf dorsal dan berongga, celah faringeal, ekor post-anal



Gambar 29. Contoh spesies masing-masing Filum Kingdom Animalia (kecuali Chordata)

Mengenal Chordata

Ciri-ciri Chordata didefinisikan berdasarkan empat ciri yang terlihat pada embrionya: (1) Notochord, batang jaringan ikat yang kaku namun fleksibel, memanjang sepanjang tubuh dan memberikan dukungan. (2) Tali saraf berongga di bagian punggung sejajar dengan notochord. (3) Celah insang terbuka di sepanjang dinding faring (daerah tenggorokan). (4) Ekor berotot memanjang melewati anus (lihat Gambar 30).



Gambar 30. Karakteristik Chordata.

Semua Chordata memiliki keempat karakteristik ini pada suatu waktu dalam hidup mereka. Misalnya, manusia sebagai embrio memiliki kantong faring, tali saraf dorsal, ekor postanal, dan tanpa tokorda. Saat dewasa, tali saraf tetap ada, dan notokorda digantikan oleh tulang belakang. Semua kecuali satu pasang kantong faring hilang; pasangan yang tersisa ini membentuk tuba Eustachius yang menghubungkan tenggorokan ke telinga tengah. Ekor postanal mengalami kemunduran, membentuk tulang ekor (koksiks). Sejumlah karakteristik lain juga secara mendasar membedakan Chordata dari hewan lain. Otot Chordata tersusun dalam blok-blok tersegmentasi yang mempengaruhi organisasi dasar tubuh Chordata dan sering kali dapat terlihat jelas pada embrio filum ini. Sebagian besar Chordata memiliki kerangka internal tempat otot bekerja. Baik rangka internal ini atau notochord memungkinkan kekuatan gerak luar biasa yang menjadi ciri khas kelompok ini.

Vertebrata

Vertebrata (Subfilum Vertebrata) merupakan subkelompok Chordata utama ketiga. Semua Vertebrata memiliki kepala yang jelas dengan otak, dan sebagian besar memiliki sepasang mata. Hewan ini memiliki sistem peredaran darah tertutup dengan satu jantung. Organ berpasangan yang disebut ginjal menyaring darah, mengatur volume dan komposisi zat terlarutnya, dan membuang zat sisa. Sistem pencernaannya lengkap. Gambar 31 menunjukkan pohon keluarga Chordata dan mencatat inovasi yang mendefinisikan berbagai garis keturunan.

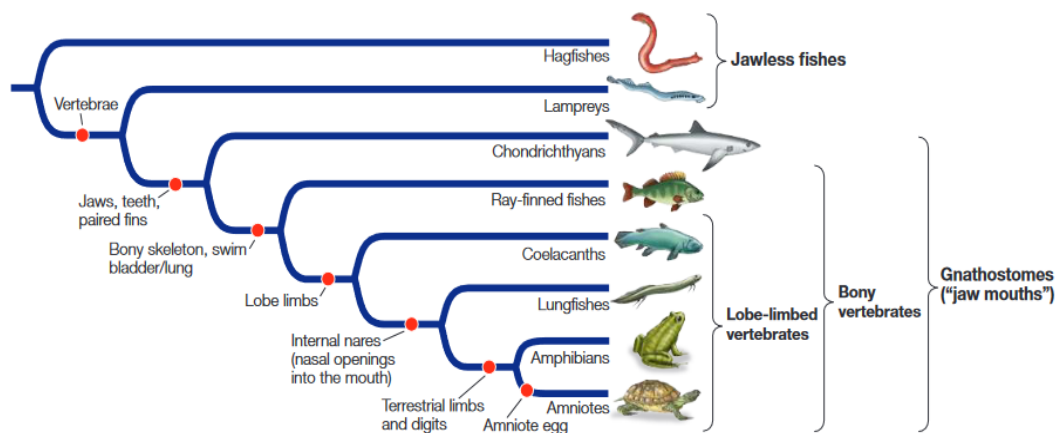
- (1) Inovasi utama pertama adalah tulang punggung, kolumna Vertebra yang berkembang dari notochord embrio Vertebrata. Pada sebagian besar vertebrata, struktur yang fleksibel namun kokoh ini membungkus sumsum tulang belakang

yang berkembang dari tali saraf. Kolumna Vertebra merupakan bagian dari endoskeleton.

- (2) Inovasi utama berikutnya adalah rahang, elemen rangka berengsel yang digunakan untuk makan. Rahang berevolusi dengan perluasan bagian tulang yang secara struktural menopang celah insang ikan tanpa rahang awal. Hewan Vertebrata membuka peluang makan baru yang memungkinkan radiasi adaptif. Sebagian besar ikan modern memiliki rahang.
- (3) Beberapa ikan berahang mengembangkan kantung udara internal. Pada beberapa spesies, kantung seperti itu berfungsi sebagai paru-paru sederhana, organ pernapasan tempat darah bertukar gas dengan udara. Satu garis keturunan ikan dengan paru-paru juga memiliki sirip berpasangan bertulang.
- (4) Keturunan hewan Vertebrata mengembangkan tungkai berpasangan bertulang, menjadi Tetrapoda pertama, atau pejalan kaki berkaki empat.
- (5) Jenis telur khusus (telur amniota) memungkinkan satu kelompok tetrapoda bertelur di darat. Anggota garis keturunan itu, amniota (reptil, burung, dan mamalia), adalah tetrapoda paling sukses di darat.

Ikan merupakan garis keturunan Vertebrata pertama yang berevolusi dan merupa. Selama periode kambrium, sebuah garis keturunan Craniata memunculkan Vertebrata. Dengan sistem saraf yang lebih kompleks dan rangka yang lebih rumit daripada nenek moyangnya, Vertebrata menjadi lebih efisien dalam dua hal penting: menangkap makanan dan menghindari pemangsaan. Selama hampir 200 juta tahun, Vertebrata hanya hidup di lautan, namun sekitar 360 juta tahun lalu, evolusi tungkai pada salah satu garis keturunan Vertebrata membuka jalan bagi hewan-hewan ini untuk mengolonisasi daratan. Di darat mereka berdiversifikasi menjadi Amphibia, Reptilia (termasuk Aves), dan Mammalia (Gambar 31).

Terdapat sekitar 52.000 spesies Vertebrata, jumlah yang relatif kecil. Walaupun Vertebrata kurang memiliki keanekaragaman spesies, mereka memiliki *disparitas* yaitu kisaran perbedaan karakteristik yang luas. Vertebrata mencakup hewan-hewan terberat yang pernah berjalan di daratan.



Gambar 31. Bagan filogeni kordata yang masih ada

Ikan, hewan akuatik paling lengkap. Ikan hiu tergolong ke dalam klad Chondrichthyes, yang berarti ikan berkartilago. Memiliki rangka yang didominasi oleh kartilago walaupun seringkali mengandung kalsium.

Gambar 28 adalah bagan filogenik yang masih ada. Hipotesis filogenik ini menunjukkan klad-klad utama Chordata sehubungan dengan klad Deuterostom utama yang lain, Echinodermata. Untuk klad-klad yang terpilih beberapa karakter turunan dicantumkan disini.

Tabel 2. Kelompok Vertebrata

Konsep kunci	Klad	Deskripsi
Kordata memiliki notokord dan batang saraf dorsal yang berongga	Cephalochordata (lanselet)	Kordata basal, pemakan suspensi yang hidup dilaut yang menunjukkan keempat karakter turunan penting dari kordata
	Urochordata (tunikata)	Pemakan suspensi yang hidup di laut, larvanya menunjukkan ciri-ciri turunan dari kordata
Kraniata adalah kordata yang berkepala	Myxini(ikan pasuk dan kerabatnya)	Organisme laut tak berahang, memiliki kepala yang mencakup sebuah tengkorak dan otak,mata, serta organ-organ indra yang lain.
Vertebrata adalah kraniata yang bertulang belakang	Petromyzontida (lampre)	Vertebrata tak berahang, biasanya makan dengan cara melekat ke ikan hidup dan mencerna darah ikan tersebut
Gnatostoma adalah vertebrata yang berahang	Chondroichthyes (hiu, pari, pari lunak, hiu kelinci)	Gnatostoma akuatik; memiliki rangka berkartilago yang dievolusikan secara sekunder dari kerangka termineralisasi milik nenek moyang
	Actinopterygii (ikan bersirip duri)	Gnatostoma akuatik; memiliki rangka bertulang dan sirip yang dapat bermanuver dan didukung oleh duri daging
	Actinistia (koelakan)	Garis keturunan purba dan sirip daging akuatik yang masih sintas di Samudera Hindia

Konsep kunci	Klad	Deskripsi
	Dipnoi (ikan paru-paru)	Sirip daging air tawar dengan paru-paru dan insang;kelompok saudara tetrapoda
Tetrapoda adalah gnatostoma yang bertungkai	Amphibia (salamander, katak, sesilia)	Memiliki empat tungkai yang berasal dari sirip termodifikasi, kebanyakan memiliki kulit lembab yang berfungsi dalam pertukaran gas;kebanyakan hidup di air (sebagai larva) maupun di darat (sebagai hewan dewasa)
Amniota adalah tetrapoda yang memiliki telur yang teradaptasi untuk kehidupan di darat	Reptilia (tuatara, kadal dan ular, penyu, krokodilia, burung)	Salah satu dari dua kelompok amniota yang masih ada;memiliki telur-telur amniotik dan ventilasi sangkar-rusuk yang merupakan adaptasi kunci bagi kehidupan di darat
Mamalia adalah amniota yang berambut dan menghasilkan susu	Mamalia (Monotremata, marsupalia, eutaria)	Berevolusi dari sinapsida nenek moyang;mencakup monotremata petelur (ekidna,platypus);marsupialia berkantong (misalnya kanguru,opossum);dan euteria (mamalia berplasenta seperti rodensia,primata)

Bereksplorasi

Bekerjalah sesuai dengan arahan yang diberikan pada cara kerja. Rencanakan cara pelaksanaan kegiatan eksplorasi, sehingga semua objek dapat diamati sesuai dengan dengan alokasi waktu yang ditentukan. Sediakan alat, bahan dan objek yang akan diamati. Letakkan di atas meja kerja Saudara dan berhati-hatilah dalam menggunakan alat dan bahan. Gambarkan hasil pengamatan sesuai dengan objek yang diamati. Cantumkan nama objek pada masing-masing kolom.

Struktur Tubuh Hewan

Sebelum saudara melakukan kegiatan eksplorasi, bacalah terlebih dahulu tujuan eksplorasi berikut ini.

Agar mahasiswa mampu menjelaskan dan membandingkan struktur dan bentuk morfologi tubuh Invertebrata dan Vertebrata berdasarkan pengamatan.

Alat, Bahan dan Objek

1. Alat : Mikroskop binokuler cahaya, baki bedah, kaca pembesar, pinset, penggaris atau jangka sorong, pipet tetes, gelas kimia, cover glass dan objek glass.
2. Bahan : -
3. Objek : Beberapa contoh Invertebrata (Preparat Hewan; Cacing gilig, Spons/Porifera, Cacing tanah, Udang, Cumi-Cumi, Ubur-ubur, Planaria, dan Bintang Ular Laut,) dan beberapa contoh Vertebrata (Ikan Nila/Mas, Ikan Pari, Katak, Cicak, Burung, dan Mencit/Hamster)

Cara Kerja

1. Pengamatan Porifera
 - a. Letakkan hewan Porifera pada baki bedah dan amati dengan menggunakan lup.
 - b. Amati morfologi tubuh Porifera pada bagian osculum, gastrocoel, porositi, spongocoel, ostium.
 - c. Gambar hasil pengamatan dilengkapi dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.
2. Pengamatan Coelenterata (sampel: Ubur-Ubur)
 - a. Letakkan sampel pada baki bedah dan amati dengan menggunakan lup.
 - b. Pelajari dan amati bentuk polip, medusa, tentakel dan mulut masing-masing objek.
 - c. Gambar hasil pengamatan dilengkapi dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.
3. Pengamatan Platyhelminthes (sampel: Planaria)
 - a. Planaria hidup di air tawar, danau, sungai dan rawa. Untuk mendapatkan cacing Planaria harus dengan memancing dengan menggunakan umpan sepotong daging atau hati domba yang diletakkan di dalam botol plastik. Planaria akan menempel pada umpan.
 - b. Lakukan pengawetan pada Planaria dengan menggunakan formalin 4%.
 - c. Untuk pengamatan letakkan Planaria pada kaca objek dan ditutup dengan kaca penutup. Amati Planaria dengan menggunakan lup atau mikroskop
 - d. Pelajari dan amati bintik mata, sucker anterior, porus genital dan tractus digestivus.
 - e. Gambar hasil pengamatan dilengkapi dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.
4. Pengamatan Annelida (sampel: cacing tanah)
 - a. Letakkan cacing tanah pada baki bedah.
 - b. pelajari dan amati bagian morfologinya dengan menggunakan bantuan lup, perhatikan:
 - 1) Perhatikan bentuk tubuhnya, hitung jumlah segmen tubuhnya, pada segmen ke berapa terdapat klitelum, lubang genital jantan dan lubang genital betina.

- 2) Tunjukkan pada gambar bagian ventral dan dorsal.
 - 3) Amati setae, kalau tidak bisa dilihat amati dengan ujung jari.
 - c. Gambar hasil pengamatan dilengkapi dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.
5. Pengamatan Nematelminthes
- a. Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan dan objek di atas meja kerja
 - b. Letakkan preparat hewan di meja pengamatan mikroskop binokuler cahaya.
 - c. Amati morfologi hewan dengan baik dari kepala hingga ekor. Amati juga bagian-bagian yang ada pada tubuhnya serta segmen-segmen tubuh, dan bentuk tubuh.
 - d. Gambarkanlah hasil pengamatan dilengkapi dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan
6. Pengamatan Mollusca (sampel: cumi-cumi)
- a. Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan dan objek di atas meja kerja
 - b. Letakkan cumi-cumi di atas baki bedah (pengamatan objek dalam keadaan masih segar).
 - c. Amati morfologi tubuhnya mulai dari anterior sampai posteriornya. Ukur panjang dan lebar tubuhnya, hitung jumlah tentakel yang ada. Perhatikan mulut, mantel, siphon dan sucker yang ada pada ujung tentakel.
 - d. Gambarkanlah hasil pengamatan dilengkapi dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan
7. Pengamatan Arthropoda (sampel: udang)
- a. Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan dan objek di atas meja kerja
 - b. Sediakan udang yang masih segar, letakkan pada baki bedah, amati dan perhatikan:
 - 1) Morfologi tubuh udang: segmen-segmen yang ada di semua bagian tubuh. Eksoskeleton mengandung khitin, bagian dorsal (tergum), ventral (sternum) dan lateral (pleuron).
 - 2) Pada bagian kepala, dada dan perut: bagian kepala dan dada bersatu (cephalothorax).
 - 3) Bagian cephalothorax, carapac (cangkang pada cephalothorax), rostrum (runcing dan bergerigi di ujung carapac), mata, antenula (ada dua pasang,

- ujungnya terbagi dua yang melekat pada segmen ke dua), antene pada segmen ke 3, mulut, cela (alat pencapit) dan branchiostegite (bagian lateral carapac).
- 4) Bagian perut: telson (runcing di ujung caudal), pleudop (kaki renang) urodop (kaki ekor) dan anus.
 - c. Gambarkan hasil pengamatan hasil pengamatan dilengkapi dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.
8. Pengamatan Echinodermata (sampel: bintang ular laut)
- a. Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan dan objek di atas meja kerja
 - b. Letakkan ular bintang laut di atas baki bedah. Pelajari dan amati bagian morfologi:
 - 1) Memiliki lima lengan yang panjang yang mudah dapat dilepaskan jika diganggu dan dapat beregenerasi. Setiap lengan disusun oleh rangkaian vertebrae berkapur yang dilindungi oleh empat lempengan dorsal, ventral dan 2 lempengan lateral.
 - 2) Memiliki dua deretan kaki tabung yang tidak memiliki alat hisap. Pedicellaria tidak ada.
 - 3) Bagian tubuh yang membulat disebut cakram sentral (discus sentralis).
 - 4) Saluran pencernaan terdapat di dalam cakram tetapi tidak memiliki anus.
 - b. Gambarkan dan beri keterangan bagian-bagian yang diamati. Bandingkanlah gambar tersebut dengan gambar yang ada di dalam literatur.
9. Vertebrata (ikan nila/mas, ikan pari, dan katak/kadal/mencit)
- a. Bersihkan meja kerja dan letakkan alat, bahan dan objek di atas meja kerja
 - b. Letakkan sampel di atas baki dengan menggunakan pinset
 - c. Amati bagian kepala (mata, hidung, mata, dan sungut), badan (alat gerak, integument, dan asesoris integument, ekor (asesoris ekor) dilengkapi dengan bagian-bagiannya serta keterangan di kolom yang telah disediakan.
 - d. Gunakan kaca pembesar atau lup apabila ada bagian yang terlalu sulit dilihat dengan mata.
 - e. Lakukan hal yang sama untuk sampel superkelas Tetrapoda dari Vertebrata
 - f. Gambarkan dan beri keterangan bagian-bagian yang diamati. Bandingkanlah gambar tersebut dengan gambar yang ada di dalam literatur.

Hasil Eksplorasi

Gambarkanlah hasil eksplorasimu pada kolom yang sudah disediakan, dan cantumkan nama spesies pada setiap filum yang diamati.

Objek : Porifera (.....)



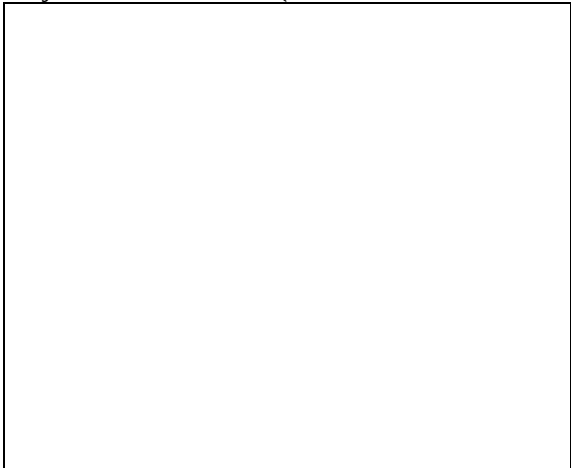
Ciri-ciri:

.....
.....
.....
.....

Klasifikasi:

.....
.....
.....
.....

Objek : Coelenterata (.....)



Ciri-ciri:

.....
.....
.....
.....

Klasifikasi:

.....
.....
.....
.....

Objek : Platyhelminthes (.....)



Ciri-ciri:

.....
.....
.....
.....

Klasifikasi:

.....
.....
.....
.....

Objek : Nematelminthes (.....)

Ciri-ciri:

.....
.....
.....
.....

Klasifikasi:

.....
.....
.....
.....

Objek : Annelida (.....)

Ciri-ciri:

.....
.....
.....
.....

Klasifikasi:

.....
.....
.....
.....

Objek : Mollusca (.....)

Ciri-ciri:

.....
.....
.....
.....

Klasifikasi:

.....
.....
.....
.....

Objek : Arthropoda (.....)



Ciri-ciri:

.....

.....

.....

.....

Klasifikasi:

.....

.....

.....

.....

Objek : Echinodermata (.....)



Ciri-ciri:

.....

.....

.....

.....

Klasifikasi:

.....

.....

.....

.....

Objek : Chordata-Pisces- Chondroichthyes (.....)



Ciri-ciri:

.....

.....

.....

.....

Klasifikasi:

.....

.....

.....

.....

Objek : Chordata-Pisces- Osteichthyes (.....)



Ciri-ciri:

.....

.....

.....

.....

Klasifikasi:

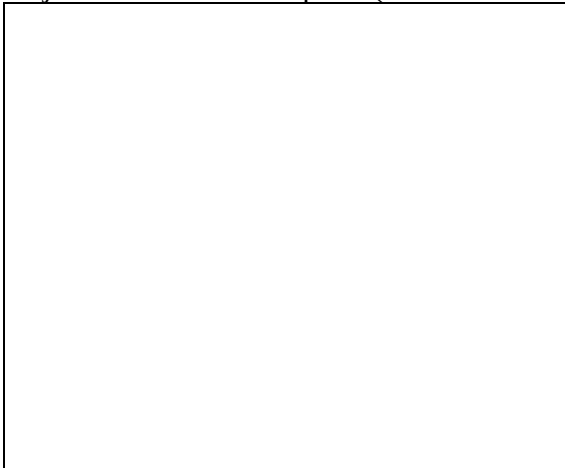
.....

.....

.....

.....

Objek : Chordata-Tetrapoda (.....)



Ciri-ciri:

.....

.....

.....

.....

Klasifikasi:

.....

.....

.....

.....

Analisis Hasil Eksplorasi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini untuk mendapatkan konsep penting struktur tubuh hewan. Analisis hasil eksplorasi dapat membantu Saudara untuk mencapai tujuan pembelajaran

- 1) (a) Bagaimana bentuk tubuh Porifera yang kamu amati? (b) Apakah kamu melihat sistem lain yang mengatur tubuh Porifera? (c) Apa guna pori-pori pada tubuh hewan tersebut?

.....

.....

.....

- 2) (a) Bagaimana bentuk tubuh Coelenterata yang kamu amati? (b) Apakah kamu menemukan struktur tentakel? apa guna struktur tersebut? (c) Menurutmu apa yang membedakan bentuk depan dan belakang hewan ini?

.....
.....
.....

- 3) (a) Bagaimana bentuk tubuh Platyhelminthes yang kamu amati? (b) Apakah kamu menemukan struktur pharink atau batil hisap? Dimana posisi struktur tersebut? (c) Apa kegunaan struktur tersebut?

.....
.....
.....

- 4) (a) Bagaimana bentuk tubuh Annelida yang kamu amati? (b) Apakah kamu dapat mengamati dengan baik segmen-segmen tubuhnya? (c) Apa yang membedakan kepala dengan ekor hewan ini?

.....
.....
.....

- 5) (a) Bagaimana bentuk tubuh Nematoda yang kamu amati? (b) Apa yang membedakan kepala dengan ekor hewan ini? (c) Berdasarkan bentuk mulutnya, menurutmu apa hewan ini bersifat parasit? Kenapa?

.....
.....
.....

- 6) (a) Bagaimana bentuk tubuh Molusca yang kamu amati? (b) Apakah ada cangkang melekat pada tubuhnya? (c) Dimana alat gerak hewan ini berada? (d) Apakah alat geraknya dapat kamu hitung? Berapa jumlahnya?

.....
.....
.....

- 7) (a) Berapa bagian tubuh Arthropoda yang kamu amati? (b) Berapa jumlah kaki hewan tersebut? (c) Apakah salahsatu pasang kaki termodif menjadi alat pertahanan tubuh? Dibagian manakah kaki yang termodif tersebut? (d) Berapakah jumlah kaki dalam 1 ruas tubuhnya? (e) Apakah hewan ini punya sayap? ada berapa pasang sayap hewan ini?

.....
.....
.....

- 8) (a) Bagaimana bentuk tubuh Echinodermata yang kamu amati? (b) Berapa jumlah kaki hewan tersebut? (c) Bagaimana struktur penutup tubuh hewan ini? (d) Pada bagian mana mulut hewan ini berada? (e) Di bagian manakah anus hewan ini berada?

.....
.....
.....

- 9) (a) Apa kamu dapat organ pernafasan eksternal ikan pari? (b) Apakah kamu menemukan struktur yang menutupi insang tersebut? (c) Apa alat gerak hewan ini? (d) Bagaimana struktur penyusun alat gerak hewan ini?

.....
.....
.....

- 10) (a) Apa kamu dapat mengamati insang ikan Osteichthyes? (b) Apa struktur yang menutupi insang tersebut? (c) dimana saja sirip ikan Osteichthyes berada? (d) Bagaimana struktur penutup tubuh hewan ini? (e) Ada dimana saja sirip hewan ini dan berapa jumlah masing-masing sirip tersebut?

.....
.....
.....

- 11) (a) Apa struktur yang menutupi tubuh hewan Tetrapoda ini? (b) Dimana saja kaki hewan tersebut? (c) apakah hewan ini memiliki kuku? (d) Bagaimana cara hewan ini bergerak? (e) Dari alat pernafasan eksternal yang diamati, dengan apa hewan ini bernafas? (f) Apakah rahang atas dan bawah hewan ini tampak dengan baik? (g) Apakah lidah hewan ini berfungsi untuk mengolah makanan?

.....
.....
.....

Dari hasil pengamatan saudara terhadap penggunaan struktur tubuh hewan, apakah kamu mendapati setiap filum memiliki karakteristik? Buatlah kesimpulan hasil pengamatanmu!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Uji Pemahaman

Kerjakan soal berikut untuk mengukur pemahaman saudara terhadap materi struktur tubuh hewan!

a. Apa yang dimaksud dengan Invertebrata dan Vertebrata?

.....
.....
.....
.....

b. Apa yang menjadi dasar klasifikasi Invertebrata dan Vertebrata?

.....
.....
.....
.....

c. Dari sekian banyak filum hewan yang dikategorikan Invertebrata, manakah filum yang lebih maju? Apa karakteristik tubuh yang menyebabkan hewan tersebut lebih maju dari hewan-hewan invertebrata yang lain?

.....
.....
.....
.....

d. Dari sekian banyak filum hewan yang dikategorikan Invertebrata, manakah filum yang lebih primitif? Apa karakteristik tubuh yang menyebabkan hewan tersebut lebih primitif dari hewan-hewan invertebrata yang lain?

.....
.....
.....
.....

e. Dari semua kelas hewan yang dikategorikan Vertebrata, manakah filum yang lebih maju? Apa karakteristik tubuh yang menyebabkan hewan tersebut lebih maju dari hewan-hewan invertebrata yang lain?

.....
.....
.....
.....

- f. Dari semua kelas hewan yang dikategorikan Vertebrata, manakah kelas yang lebih primitif? Apa karakteristik tubuh yang menyebabkan hewan tersebut lebih primitif dari hewan-hewan Vertebrata yang lain?

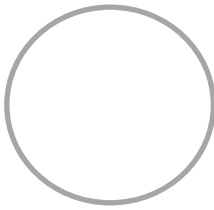
.....

.....

.....

.....

*Semoga eksplorasi dan uji pemahaman dapat membuatmu memahami dengan baik
materi Struktur Tubuh dan Organisasi Hewan
-Selamat Bekerja-*



Bekerjalah dengan baik, periksalah setiap eksplorasi saudara, dan pastikan hasil eksplorasi saudara benar!

BAB 7.

Tingkah Laku Makhluk Hidup

Inkuiri

Perilaku dasar pada hewan seperti makan, minum, tidur, istirahat, aktivitas seksual, eksplorasi, latihan, bermain, aktivitas melarikan diri, pemeliharaan dan sebagainya dilakukan oleh hewan untuk memenuhi kebutuhan dan memberi rasa nyaman serta aman terhadap diri mereka. Sedangkan tingkah laku tumbuhan meliputi responnya terhadap lingkungan berupa gerakan beberapa bagian atau keseluruhan bagian yang dapat berupa bentuk rangsangan dari luar. Contohnya seperti zat kimia tertentu, air, suhu, gravitasi, cahaya, dan lain-lain. Untuk mengetahui bagaimana tingkah laku hewan dan tumbuhan ini, silakan pelajari materi berikut ini.

Capaian Pembelajaran:

Mahasiswa mampu menjelaskan dan menganalisis respon lingkungan, dan tingkah laku bawaan dan terajar pada makhluk hidup.

Bacalah tinjauan teori berikut ini untuk membantu Saudara dalam memahami macam-macam tingkah laku hewan dan tumbuhan.

Definisi Tingkah Laku

Perilaku adalah tindakan atau serangkaian tindakan yang dilakukan oleh suatu organisme, biasanya sebagai respons terhadap rangsangan. Dalam arti yang luas ialah tindakan yang tampak, yang dilaksanakan oleh makhluk dalam usaha penyesuaian diri terhadap keadaan lingkungan yang sedemikian rupa sehingga mendapat kepastian dalam kelangsungan hidupnya.

Perilaku merupakan tindakan/ aksi yang mengubah hubungan antara organisme dan lingkungannya. Perilaku dapat terjadi sebagai akibat suatu stimulus dari luar dan dari stimulus dari dalam. Untuk mempelajari perilaku, etolog mengajukan pertanyaan tentang bagaimana dan mengapa suatu perilaku terjadi. Misalnya, bagaimana semut menemukan jalan menuju makanan dan kembali ke koloni? Mengapa semut berbagi daun dengan anggota koloni lainnya? Saat mempertimbangkan perilaku hewan, etolog

mengajukan empat pertanyaan utama: (1) Apa yang menyebabkan perilaku tersebut? Apa mekanisme yang merespons rangsangan? (2) Apa peran gen dalam perilaku; dan bagaimana perkembangannya selama masa hidup seseorang? (3) Bagaimana sejarah evolusi perilaku tersebut? (4) Bagaimana perilaku tersebut mempengaruhi kelangsungan hidup dan reproduksi organisme?

Pada beberapa respon rangsangan ini mungkin sesederhana bau makanan. Dalam pengertian ini, sel bakteri "berperilaku" dengan bergerak menuju konsentrasi gula yang lebih tinggi. Perilaku ini sangat sederhana dan cocok untuk kehidupan bakteri, memungkinkan organisme ini hidup dan bereproduksi. Ketika hewan berevolusi, mereka menempati lingkungan yang berbeda dan menghadapi beragam masalah yang mempengaruhi kelangsungan hidup dan reproduksi mereka. Sistem dan perilaku saraf mereka secara bersamaan menjadi lebih kompleks. Sistem saraf merasakan dan memproses informasi mengenai lingkungan rangsangan dan memicu respons motorik adaptif, yang kita lihat sebagai pola perilaku.

Ketika kita mengamati perilaku hewan, kita dapat menjelaskannya dengan dua cara berbeda. Pertama, kita mungkin bertanya bagaimana semuanya berfungsi, yaitu bagaimana indra hewan, jaringan saraf, atau keadaan internal memberikan dasar fisiologis bagi perilaku tersebut. Dengan cara ini, kita akan mengajukan pertanyaan tentang penyebab langsung. Untuk menganalisis penyebab langsung perilaku, kita dapat mengukur kadar hormon atau merekam aktivitas impuls neuron pada hewan.

Pada tumbuhan, tingkah laku adalah suatu reaksi yang mengikut sertakan lebih dari reaksi satu sel (kecuali jika individu tersebut terdiri dari satu sel) lebih dari satu organ, bahkan lebih dari satu sistem organ. Contoh “cahaya di arahkan ke sisi tumbuhan, tumbuhan itu akan memutar daunnya dan diarahkan ke arah cahaya tersebut”. Rangsangan selalu bekerja pada sistem mesin yang menjadi bagian tumbuhan, dan bagian yang menerima rangsangan dinamakan reseptor. Setelah rangsangan diterima, diubah (ditransduksi) menjadi bentuk lain yang sering dikenal sebagai isyarat, yang kemudian diteruskan menjadi respons motor (pertumbuhan atau kerja pulvinus) itulah yang menyebabkan gerakan tumbuhan. Untuk materi lebih lanjut kita bahas tingkah laku hewan dan tumbuhan secara terpisah.

Tingkah Laku Hewan

a. Tingkah Laku Bawaan (Innate)

Perilaku bawaan, yang lebih umum disebut naluri, adalah tindakan yang diwariskan yang dilakukan secara efektif pada saat pertama kali tanpa diajarkan. Misalnya, laba-laba orb membangun jaringnya dengan cara yang sama setiap saat. Ada sedikit sekali variasi dalam apa yang dilakukannya, dan semua keturunan betinanya akan membangun jaring mereka dengan cara yang sama tanpa diajarkan.

Pola tindakan tetap (*Fixed Action Pattern*) adalah perilaku bawaan kaku yang dilakukan semua anggota spesies dengan cara yang sama setiap kali mereka melakukannya. Pola tindakan tetap berlanjut dari awal hingga akhir tanpa modifikasi setelah stimulus lingkungan memicunya. Namun, masih ada faktor yang memengaruhi apakah hewan akan melakukan perilaku ini atau tidak. Misalnya, angsa Greylag mengambil telur yang telah berguling keluar dari sarang dengan cara yang sama setiap saat. Mereka juga akan mengambil benda-benda lain yang bentuk dan ukurannya mirip dengan telur. Namun, hanya induk angsa yang mengambil telur yang menggelinding keluar dari sarang, dan mereka hanya melakukan perilaku ini antara waktu bertelur dan menetas.



Gambar 32. Angsa Greylag dan telurnya. Pemandangan telur di luar sarang merupakan rangsangan yang memicu perilaku pengambilan. Jika telur yang menggelinding keluar dari sarangnya diambil dan dibawa pergi, angsa itu akan terus menggerakkan kepalanya seolah-olah mendorong telur imajiner. Angsa akan mencoba mendorong benda berbentuk telur, seperti bola golf, jika diletakkan di dekat sarang. Bahkan, akan melakukan pola pengambilan sebagai respons terhadap objek yang jauh lebih besar, seperti bola voli.

Pola innate sepenuhnya dikendalikan oleh genetika dan diwariskan. Mungkin ada kumpulan gen belajar pada hewan dengan pola perilaku belajar. Perilaku yang sangat mudah beradaptasi ini dipelajari melalui latihan dan pengalaman.

b. Perilaku yang Dipelajari

Beberapa aspek perilaku dipengaruhi oleh gen, tetapi sejauh mana perilaku dapat dimodifikasi oleh pengalaman? Perilaku yang dipelajari adalah tindakan yang berubah seiring pengalaman. Pembelajaran adalah modifikasi perilaku berdasarkan pengalaman. Pembelajaran dapat memengaruhi ekspresi perilaku yang bersifat bawaan dan juga perilaku yang tidak bawaan. Studi tentang perilaku yang dipelajari merupakan inti dari banyak etologi, dan jenis pembelajaran dapat bervariasi dari yang sederhana hingga yang kompleks.

1) Pembiasaan (Habituation)

Jenis pembelajaran yang paling sederhana, pembiasaan, terjadi ketika seekor hewan belajar untuk mengabaikan rangsangan yang sering terjadi dan tidak berbahaya. Habituation adalah proses pembelajaran langsung yang dilalui banyak hewan dan diakhiri dengan hewan tidak lagi bereaksi terhadap rangsangan. Biasanya, reaksi ini adalah perilaku bawaan. Dalam hal ini, hewan tersebut belajar untuk berhenti bereaksi terhadap isyarat yang tidak penting.

Misalnya, ketika sebuah benda lewat di atas kepala, seekor anak burung camar mencoba bersembunyi. Saat anak burung itu tumbuh dewasa, dan sebagai orang tua, burung-burung umum lainnya, atau daun-daun yang jatuh melewati kepala anak burung itu tanpa konsekuensi, anak burung itu belajar untuk tidak bereaksi. Namun, ketika seekor burung pemangsa terbang di atasnya, burung camar berhenti makan untuk bersembunyi. Karena bentuk pemangsa yang lewat jarang terjadi, anak burung tidak pernah terbiasa dengannya. Pembiasaan pada burung camar menghemat energi dan memungkinkan mereka makan, tetapi tetap mempertahankan pertahanan untuk keadaan darurat yang jarang terjadi.

Contoh yang lain, ketika predator mendekat, anjing padang rumput (*Cynomys ludovicianus*) akan mengeluarkan panggilan alarm, menyebabkan semua dalam kelompok itu dengan cepat masuk ke liang mereka

2) Kondisi Operan

Jenis pembelajaran yang lebih kompleks terjadi melalui coba-coba. Seekor anjing, misalnya, belajar mengaitkan desisan kucing dan punggung

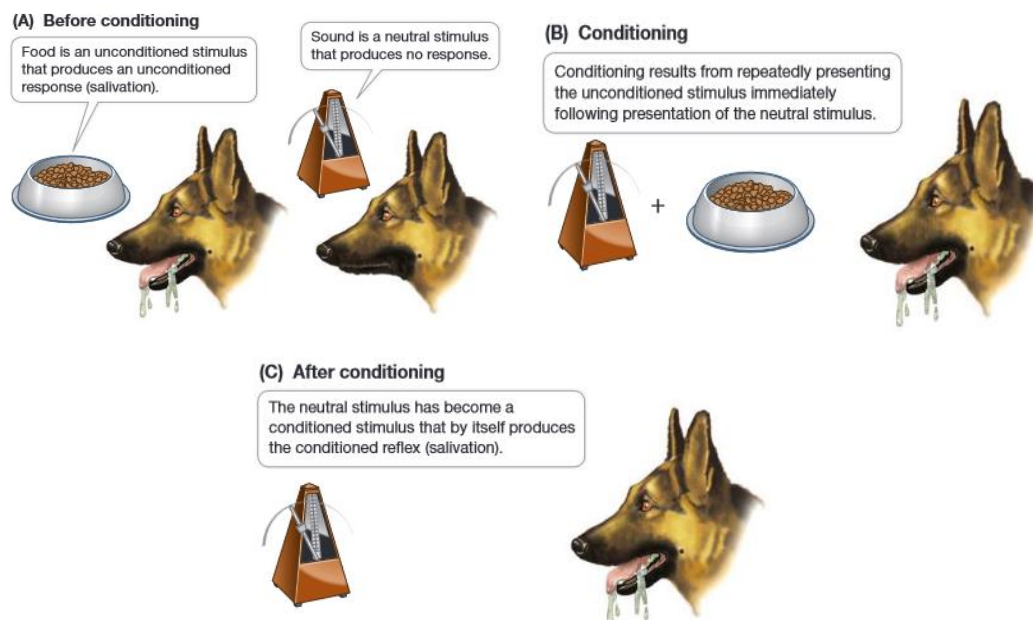
melengkung dengan garukan menyakitkan di hidung. Ketika pembelajaran coba-coba terjadi dalam kondisi yang sangat terkendali, hal itu disebut pengkondisian operan. Seekor hewan mengaitkan beberapa tindakan atau operasi (yang disebut "operan") dengan hukuman atau hadiah.



Gambar 33. Seekor rubah mengganggu landak dan berakhir dengan duri landak yang menancap pada wajahnya

3) Pengkondisian Klasik

Hewan belajar mengaitkan respons dengan stimulus prediktif. Hewan merespons (mengeluarkan air liur) setelah stimulus alami (daging) dan belajar mengaitkan stimulus alami dengan stimulus prediktif (bel).



Gambar 34. Perilaku makan anjing sebelum dan sesudah pengkodisian

Jenis pengondisian ini berbeda dari pengondisian operan di mana hewan belajar merespons (menekan tuas) sebelum hadiah muncul (pelet makanan).

Pengondisian klasik terjadi di alam maupun dalam kondisi buatan. Misalnya, seekor burung gagak belajar mengasosiasikan pemandangan kulit telur yang pecah dan berkilau di pantai dengan kehadiran anak burung camar yang baru menetas dan menukik ke bawah untuk mendapatkan makanan lezat.

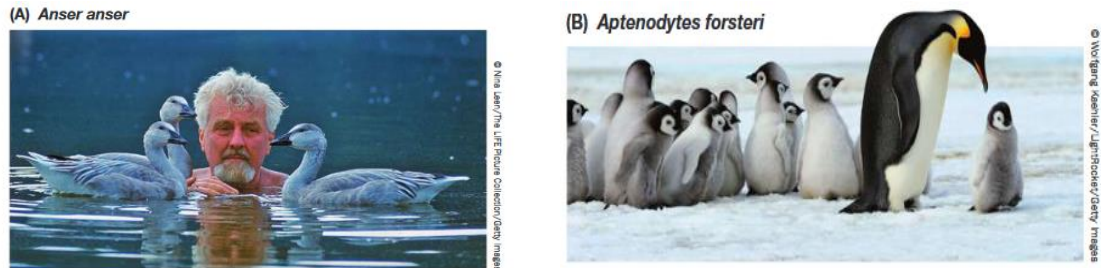
4) Pemecahan Masalah dan Penalaran

Jenis pembelajaran yang lebih kompleks disebut pembelajaran pemecahan masalah. Salah satu contoh pemecahan masalah di mana seekor simpanse menggunakan alat untuk mengeluarkan rayap dari sarang. Perilaku ini dapat dipelajari dari mengamati induknya, dapat merupakan hasil dari coba-coba, atau kombinasi dari beberapa mekanisme pembelajaran. Salah satu jenis pemecahan masalah, penalaran, melibatkan kemampuan untuk memecahkan masalah yang sebelumnya tidak pernah dihadapi oleh individu dengan cara yang tidak ditentukan oleh naluri. Misalnya, jika seekor simpanse memasuki ruangan dengan kotak-kotak berserakan di lantai dan melihat seikat pisang diikat di langit-langit, hewan tersebut akan menyusun kotak-kotak tersebut untuk membentuk platform guna mengambil pisang-pisang tersebut.

c. Gen, Pembelajaran dan Tingkah Laku

Satu kelas perilaku yang ditentukan oleh gen dan pembelajaran disebut imprinting (pencetakan). Pencetakan adalah bentuk pembelajaran di mana hewan muda membentuk asosiasi permanen dengan lingkungannya. Pencetakan yang paling umum terjadi ketika hewan yang baru lahir belajar mengidentifikasi sosok ibu. Misal angsa mengidentifikasi ibu mereka dan mengikuti mereka ke kolam untuk mencari makan. Anak angsa mengikuti objek besar pertama yang mereka lihat menjauh dari sarang. Anak angsa akan mengikuti kereta, kotak, balon. Contoh lain ditemukan pada penyu laut. Penyu laut meniru karakteristik pantai tempat mereka menetas. Bertahun-tahun kemudian mereka dapat menemukan jalan kembali ke pantai yang sama untuk berkembang biak. Peniruan terjadi selama fase tertentu dalam perkembangan hewan, yang disebut periode sensitif. Selama masa ini, jenis pembelajaran tertentu terjadi yang nantinya sangat sulit diubah. Misalnya, anak-anak kecil akan lebih mudah mempelajari banyak bahasa. Hal ini akan jauh lebih sulit di kemudian hari. Para ilmuwan

berhipotesis bahwa perubahan dalam kemampuan belajar saat hewan muda tumbuh dewasa ini terkait dengan gen yang mengendalikan proses perkembangan.



Gambar 35. Pencetakan. Pencetakan membantu induk dan keturunannya mengenali satu sama lain (A) Angsa kelabu yang mencetak pada Konrad Lorenz saat menetas mengikutinya ke mana pun ia pergi. (B) Pencetakan memungkinkan Penguin Kaisar jantan menemukan anaknya sendiri di antara banyak anak lainnya.

d. Jenis Tingkah Laku Hewan

Semua hewan perlu mendapatkan makanan, mencari tempat tinggal, melindungi diri, menarik pasangan, bereproduksi, dan merawat anak-anak. Bagian ini membahas jenis-jenis perilaku yang membantu hewan melakukan tindakan ini.

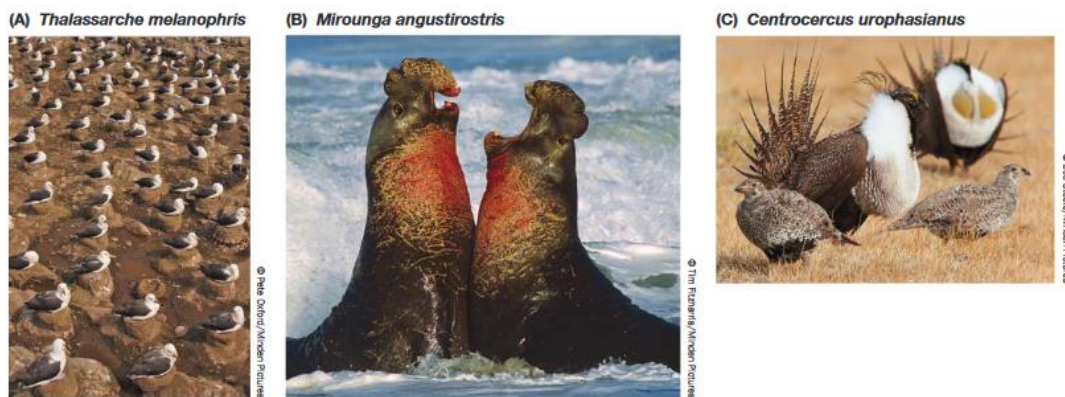
1) Tingkah Laku Makan

Kebanyakan hewan menghabiskan sebagian besar waktu terjaga mereka untuk mencari, menangkap, atau memakan makanan mereka. Bagaimana mereka menyeimbangkan energi yang mereka keluarkan dibandingkan energi yang mereka peroleh? Salah satu kemungkinan penjelasan dijelaskan oleh hipotesis optimalitas, gagasan bahwa hewan cenderung berperilaku dengan cara yang memaksimalkan pengumpulan makanan sambil meminimalkan upaya dan paparan predator. Misalnya, para peneliti telah menyaksikan burung gagak memilih siput besar (moluska mirip siput) terbang bersamanya hingga ketinggian sekitar 5 m (16 kaki), lalu menjatuhkannya ke batu. Jika cangkangnya pecah, burung gagak memakan siput tersebut. Jika cangkangnya gagal pecah, burung gagak mengambilnya dan menjatuhkannya lagi. Hipotesis optimalitas akan memperkirakan bahwa menjatuhkan siput untuk kedua kalinya lebih mungkin menghasilkan makanan daripada mencari siput besar lainnya. Eksperimen menegaskan bahwa perilaku burung gagak mengoptimalkan nutrisi dibandingkan upaya yang dikeluarkan.

2) Tingkah Laku Kompetitif

Setiap spesies membutuhkan tempat tinggal yang menyediakan perlindungan dari cuaca buruk, makanan dan air yang cukup, serta akses ke pasangan. Karena sumber daya tersebut terbatas, persaingan sering kali menjadi hasilnya. Persaingan antara hewan dari spesies yang sama dapat dilihat dalam beberapa jenis perilaku.

- a) **Perilaku Agresif.** Konflik fisik atau perilaku mengancam antar hewan disebut perilaku agresif. Jenis perilaku ini meliputi pertunjukan dan kontes kekuatan yang menentukan individu mana yang lebih besar atau lebih kuat. Impala jantan menunjukkan perilaku agresif saat bersaing untuk mendapatkan pasangan. Paling sering, kontes ini mengakibatkan satu hewan "menyerah" kepada yang lain. Biasanya, jantan yang lebih besar atau lebih sehat menang, dan keduanya selamat tanpa cedera.
- b) **Perilaku Teritorial.** Salah satu cara untuk memastikan bahwa seekor hewan mampu memperoleh sumber daya yang cukup untuk dirinya sendiri, pasangannya, dan keturunannya adalah dengan memilih dan membangun wilayah. Wilayah adalah area yang ditempati dan dipertahankan oleh hewan atau sekelompok hewan dari anggota spesies yang sama. Hewan membangun wilayah dengan berbagai cara, termasuk menandai batas dengan urin atau isyarat visual,
- c) **Hirarki Dominasi.** Persaingan dapat mengarah pada pemeringkatan yang jelas bagi individu dalam kelompok, dari yang paling dominan hingga yang paling bawahan. Jenis pemeringkatan ini, yang disebut hierarki dominasi, mengurangi kebutuhan akan persaingan dan perilaku agresif karena bawahan belajar untuk tunduk guna menghindari konflik. Salah satu contoh hierarki dominasi adalah yang dibentuk oleh ayam. Ayam yang dominan dapat mematuk semua ayam lainnya. Ayam yang paling bawahan dipatuk oleh semua ayam lain dalam kelompok. Dari perilaku ayam inilah istilah "urutan kekuasaan" berasal dan mengklaim wilayah dengan sinyal vokal. Hewan teritorial akan mengancam atau menyerang penyusup.



Gambar 36. Hewan mempertahankan wilayah yang berbeda ukurannya. (A) Wilayah bersarang banyak burung laut, seperti Albatross beralis hitam, hanya seluas yang dapat dipertahankan burung tersebut tanpa meninggalkan sarang. (B) Anjing laut gajah utara jantan bertarung dengan penuh semangat untuk mempertahankan wilayah pantai tempat para betina keluar dari air untuk melahirkan anak-anaknya. (C) Burung belibis besar jantan berkumpul di sebuah lek di Colorado untuk melakukan pertunjukan yang bertujuan untuk mengesankan para betina dan memenangkan kesempatan untuk kawin.

3) Tingkah Laku Reproduksi.

Perilaku ini sering kali berbeda antara jantan dan betina. Perbedaan umumnya berpusat pada daya tarik atau persaingan untuk mendapatkan pasangan. Perilaku reproduksi dapat membantu hewan mengenali anggota spesies yang sama, atau anggota lawan jenis. Perilaku ini juga dapat menjadi indikator kesehatan yang baik.

- a) **Seleksi Seksual.** Hewan pada umumnya memilih pasangan berdasarkan sifat atau perilaku tertentu. Kecenderungan ini menciptakan proses yang disebut seleksi seksual. Ciri atau perilaku yang meningkatkan kemampuan individu untuk memperoleh pasangan akan muncul dengan frekuensi yang lebih tinggi dalam suatu populasi. Burung bowerbird betina memilih burung jantan berdasarkan kemampuannya untuk membangun dan menghias punjung (sarang) yang menarik.
- b) **Sistem Perkawinan.** Sistem perkawinan meningkatkan kemungkinan anak-anaknya untuk bertahan hidup. Poligami jantan (lebih dari satu betina), monogami, dan poligami betina (lebih dari satu jantan) adalah strategi reproduksi yang terutama ditentukan oleh jumlah dan jenis pengasuhan orang tua yang dibutuhkan oleh anak-anaknya. Monogami disukai dalam situasi di mana ada keuntungan bagi kedua orang tua untuk membesarkan anak-anaknya.

Pada burung, misalnya, akan sulit bagi satu orang tua untuk melindungi sarang dan anak-anaknya sambil juga menyediakan cukup makanan bagi anak-anaknya. Jenis situasi ini dapat menjelaskan mengapa burung cenderung monogami.



Gambar 37. Sarang Bowerbird. Jantan sedang membangun sarang untuk menarik perhatian betina



(a) Monogamous species



(b) Polygynous species



(c) Polyandrous species
© 2011 Pearson Education, Inc.

Gambar 38. Sistem perkawinan. (a) Monogami, (b) Poligini, dan (c) Poliandri

- c) **Perilaku Orangtua (Mengasuh Anak).** Investasi orangtua adalah waktu dan energi yang harus dikeluarkan seseorang untuk menghasilkan dan mengasuh keturunan. Manfaat pengasuhan orangtua adalah meningkatkan kemungkinan anak-anak akan bertahan hidup hingga dewasa. Biayanya adalah pengasuhan orangtua umumnya hanya dapat diberikan untuk sejumlah kecil anak karena investasi energi yang besar oleh orangtua. Biasanya, betina lebih banyak berinvestasi dalam pengasuhan orangtua daripada jantan. Pada mamalia seperti paus, betina mengandung anak di dalam tubuhnya selama perkembangan, dan setelah lahir anak harus menyusui. Pada beberapa spesies, jantan menyediakan sebagian besar investasi orangtua. Kuda laut jantan, misalnya, membawa telur hingga menetas.



Gambar 39. Pola pengasuhan. Ikan kardinal harimau mengerami telur di mulutnya

4) Tingkah Laku Sosial

Perilaku sosial dapat didefinisikan sebagai segala bentuk interaksi antara dua atau lebih hewan, biasanya dari spesies yang sama. Beberapa spesies, seperti bonobo, menghabiskan sebagian besar hidup mereka dalam kelompok sosial.

- a) **Kelompok Sosial.** Kelompok sosial telah berevolusi dalam kerajaan hewan karena ada manfaat hidup dalam kelompok. Manfaat ini dapat mencakup perlindungan dari predator dan keberhasilan yang lebih besar dalam mencari makan. Misalnya, ikan di tepi luar kawanan menanggung sebagian besar bahaya pemangsaan. Ikan yang berenang di tepi terus-menerus bergeser, sehingga sebagian besar individu tidak terpapar bahaya untuk waktu yang lama. Singa yang berburu secara kooperatif dapat menjatuhkan mangsa besar jauh lebih efisien daripada singa yang berburu sendirian
- b) **Altruisme.** Kadang-kadang, salah satu anggota kelompok sosial bertindak dengan cara yang menguntungkan anggota kelompok lainnya sambil merugikan individu tersebut. Jenis perilaku ini disebut altruisme. Salah satu contoh altruisme dapat dilihat pada tupai tanah yang ditemukan di Amerika Utara. Hewan-hewan ini hidup dalam koloni besar. Jika salah satu anggota koloni melihat predator, ia akan membunyikan alarm dengan nada tinggi. Panggilan ini memperingatkan anggota koloni lainnya untuk bersembunyi sekaligus membahayakan hewan yang memanggil.

Aphelocoma coerulescens



Gambar 40. Pembantu di Sarang Burung Scrub-Jay Florida yang masih muda sering kali tidak bereproduksi pada beberapa tahun pertama masa dewasanya untuk membantu orang tuanya membesarkan saudara-saudaranya. Burung-burung muda ini membantu orang tuanya memberi makan anak-anaknya, mempertahankan wilayah, dan melindungi sarang dari predator. (Menurut E. O. Wilson. 1975. Sosiobiologi, Sintesis Baru. Harvard University Press: Cambridge, MA)

5) Tingkah Laku Siklik.

Hewan menunjukkan berbagai perilaku siklus yang disinkronkan dengan perubahan lingkungannya. Perilaku ini umumnya berkembang sebagai akibat dari perubahan suhu, variasi ketersediaan makanan, atau kemungkinan pemangsaan.

- a) **Ritme Biologis.** Pada siang hari, gorila sibuk mencari makan, tetapi pada malam hari, mereka beristirahat. Siklus biologis harian disebut ritme sirkadian. Predator telah mengembangkan ritme biologis sebagai respons terhadap aktivitas mangsanya. Misalnya, tikus aktif di malam hari, dan akibatnya, burung hantu juga aktif di malam hari. Banyak hewan laut yang hidup di sepanjang pantai memiliki siklus biologis yang terkait dengan pasang surut. Siklus pasang surut juga disebut siklus bulan karena pasang surut ditentukan oleh fase bulan. Misalnya, kepiting biola di pantai timur Amerika Serikat muncul dari liangnya pada setiap pasang surut (dua kali setiap 24 jam). Ada juga siklus biologis tahunan. Beberapa hewan mengalami periode tidak aktif dan suhu tubuh menurun selama musim dingin saat makanan langka. Jenis perilaku ini disebut hibernasi. Beberapa hewan yang berhibernasi, seperti tupai tanah, menurunkan suhu tubuh mereka hingga beberapa derajat di atas titik beku dan tidak bangun selama berminggu-minggu.

- b) **Perilaku Migrasi.** Migrasi adalah pergerakan kelompok berkala yang menjadi ciri khas suatu populasi atau spesies. Ada banyak jenis migrasi. Kupu-kupu raja, bermigrasi ratusan mil setiap tahun untuk menghabiskan musim dingin di Meksiko. Ikan salmon bermigrasi dari habitat laut mereka ke sungai untuk berkembang biak, lalu kembali ke laut. Migrasi melelahkan dan berisiko, tetapi memungkinkan hewan menemukan habitat dengan makanan musiman yang berlimpah dan menyediakan tempat bersarang yang aman dari predator.



Gamba 41. Migrasi burung menuju sumber daya

Tingkah Laku Tumbuhan

Tumbuhan tampak tidak bergerak karena akarnya tetap di tempatnya. Namun, selang waktu fotografi menunjukkan bahwa bagian-bagian tumbuhan sering bergerak. Kebanyakan tumbuhan bergerak terlalu lambat sehingga kita tidak menyadarinya. Tumbuhan bergerak sebagai respons terhadap beberapa rangsangan lingkungan, seperti cahaya, gravitasi, dan gangguan mekanis. Tropisme adalah respons pertumbuhan yang terjadi secara perlahan, sedangkan gerakan nastik terjadi lebih cepat.

a. Tropisme

Tropisme adalah respons di mana tanaman tumbuh ke arah atau menjauhi rangsangan lingkungan. Pertumbuhan ke arah rangsangan lingkungan disebut tropisme positif, dan pertumbuhan menjauhi rangsangan disebut tropisme negatif. Setiap jenis tropisme diberi nama berdasarkan rangsangannya. Jenis-jenis tropisme dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Macam-Macam Gerak Tropisme pada Tanaman

No.	Tropisme	Stimulus	Contoh Positif
1	Fototropisme	Cahaya	Tanaman tumbuh mengikuti cahaya
2	Thigmotropisme	Sentuhan	tanaman merambat melilit pohon
3	Gravitropisme	Gravitasi	Akar tumbuh ke bawah
4	Kemotropisme	Kimia	serbuk sari tumbuh ke arah bakal biji

1) Fototropisme,

pertumbuhan tanaman sebagai respons terhadap cahaya yang datang dari satu arah disebut fototropisme. Pada beberapa batang tanaman, fototropisme tidak disebabkan oleh gerakan auksin. Dalam hal ini, cahaya dapat menyebabkan produksi penghambat pertumbuhan pada sisi yang terkena cahaya. Fototropisme negatif terkadang terlihat pada tanaman merambat yang merambat pada dinding datar tempat sulur melingkar tidak memiliki apa pun untuk melingkarinya. Tanaman merambat ini memiliki ujung batang yang tumbuh menjauhi cahaya, ke arah dinding. Pertumbuhan ini menghasilkan akar adventif atau cakram perekat yang bersentuhan dengan dinding tempat mereka dapat menempel.

Pelacakan matahari, juga disebut heliotropisme, adalah gerakan daun atau bunga saat mengikuti gerakan matahari melintasi langit. Dengan terus-menerus menghadap ke arah sumber cahaya yang bergerak, tanaman memaksimalkan cahaya yang tersedia untuk fotosintesis. Gerakan-gerakan ini sebenarnya bukan tropisme tetapi jenis gerakan yang terkait.

2) Tigmotropisme

Tigmotropisme adalah respons pertumbuhan tanaman saat menyentuh benda padat. Sulur dan batang tanaman merambat, seperti morning glory, melilit saat menyentuh benda. Tigmotropisme memungkinkan beberapa tanaman merambat untuk memanjat tanaman atau benda lain, sehingga meningkatkan peluang tanaman merambat untuk menangkap cahaya untuk fotosintesis. Diperkirakan bahwa etilen dan sejenis auksin terlibat dalam respons ini.

3) Gravitropisme

Gravitropisme adalah respons pertumbuhan tanaman terhadap gravitasi. Akar biasanya tumbuh ke bawah dan batang biasanya tumbuh ke atas—artinya, akar bersifat gravitropik positif dan batang bersifat gravitropik negatif. Seperti

fototropisme, gravitropisme tampaknya sebagian diatur oleh auksin. Satu hipotesis mengusulkan bahwa ketika bibit ditempatkan secara horizontal, auksin terakumulasi di sepanjang sisi bawah akar dan batang. Konsentrasi auksin ini merangsang pemanjangan sel di sepanjang sisi bawah batang, dan batang tumbuh ke atas. Konsentrasi auksin yang sama menghambat pemanjangan sel di sisi bawah akar, dan akar tumbuh ke bawah.

4) Kemotropisme

Pertumbuhan tanaman yang terjadi sebagai respons terhadap zat kimia disebut kemotropisme. Contohnya adalah pertumbuhan tabung serbuk sari setelah bunga diserbuki. Tabung serbuk sari tumbuh keluar dari butiran serbuk sari dan turun melalui kepala putik dan tangkai putik ke bakal biji, ke arah peningkatan konsentrasi zat kimia yang diproduksi oleh bakal biji.



Gambar 42. Proses tropisme pada tumbuhan (a) Fototropisme, (b) Tigmotropisme, (c) Gravitropisme, dan (d) kemotropisme

b. Gerakan Nastik

Gerakan tumbuhan yang terjadi sebagai respons terhadap rangsangan lingkungan, tetapi tidak bergantung pada arah rangsangan disebut gerakan nasti. Gerakan ini diatur oleh perubahan tekanan air terhadap dinding sel (tekanan turgor) sel tumbuhan tertentu.

1) Gerakan Tigmonasti

Gerakan tigmonasti adalah gerakan nasti yang terjadi sebagai respons terhadap sentuhan pada tumbuhan. Banyak gerakan tigmonasti yang cepat, seperti

penutupan perangkat daun pada tumbuhan perangkat alat Venus di sekitar serangga. Daun tumbuhan putri malu yang sensitif terlipat dalam beberapa detik setelah disentuh.



Gambar 43. Gerakan tigmonasti sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) terkena sentuhan

Pergerakan ini disebabkan oleh hilangnya tekanan turgor secara cepat pada sel-sel tertentu, suatu proses yang mirip dengan yang terjadi pada sel penutup. Stimulasi fisik pada daun tanaman menyebabkan ion kalium dipompa keluar dari sel-sel di pangkal anak daun dan tangkai daun. Air kemudian bergerak keluar dari sel-sel melalui osmosis. Saat sel-sel menyusut, daun tanaman bergerak.

2) Niktinastik

Gerakan niktinastis merupakan respons terhadap siklus harian terang dan gelap. Gerakan ini melibatkan jenis mekanisme osmotik yang sama dengan gerakan tigmonastis, tetapi perubahan tekanan turgor lebih bertahap. Gerakan niktinastis terjadi pada banyak tanaman, termasuk tanaman kacang-kacangan, pohon locust madu, dan pohon sutra.



Gambar 44. Tanaman doa (Calathea plant). Saat siang (kiri) dan malam (malam)

Tanaman doa, mendapatkan namanya dari fakta bahwa helaian daunnya vertikal pada malam hari, menyerupai tangan yang sedang berdoa. Pada siang hari, helaian daunnya horizontal. Ahli botani Linnaeus menanam banyak spesies tanaman dengan gerakan niktinastis dalam lingkaran besar untuk membuat "jam bunga". Gerakan niktinastis setiap spesies terjadi pada waktu tertentu dalam sehari.

c. Tanggapan Musiman

Di daerah nontropis, respons tanaman sangat dipengaruhi oleh perubahan musim. Misalnya, banyak pohon menggugurkan daunnya di musim gugur, dan sebagian besar tanaman hanya berbunga pada waktu-waktu tertentu dalam setahun. Bagaimana tanaman "merasakan" perubahan musim? Meskipun suhu berperan dalam beberapa kasus, tanaman menandai musim terutama dengan merasakan perubahan panjang malam.

1. Fotoperiodisme

Respons tanaman terhadap perubahan panjang siang dan malam disebut fotoperiodisme. Fotoperiodisme memengaruhi banyak proses tanaman, termasuk pembentukan organ penyimpanan dan dormansi kuncup. Namun, proses fotoperiodik yang paling banyak dipelajari adalah pembungaan. Beberapa tanaman memerlukan panjang malam tertentu untuk berbunga. Pada spesies lain, panjang malam tertentu hanya membuat tanaman berbunga lebih cepat daripada yang seharusnya.

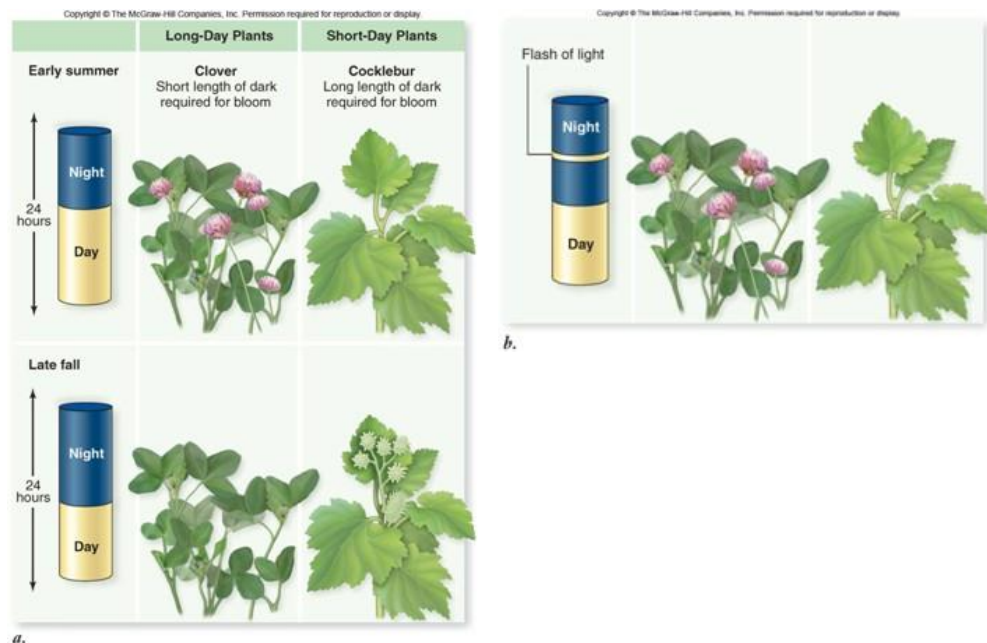
a) Panjang Siang dan Panjang Malam

Peneliti telah menemukan bahwa faktor penting dalam pembungaan adalah jumlah kegelapan, atau panjang malam, yang diterima tanaman. Banyak spesies tanaman memiliki persyaratan khusus untuk kegelapan, yang disebut panjang malam kritis. Meskipun para ilmuwan sekarang tahu bahwa panjang malam, dan bukan panjang siang, yang mengatur pembungaan, istilah tanaman hari pendek dan tanaman hari panjang masih digunakan.

Tanaman hari pendek/ *short day plant* (SDP) berbunga ketika siang hari pendek dan malam lebih panjang dari panjang tertentu. Sebaliknya, tanaman hari panjang/ *long day plant* (LDP) berbunga ketika siang hari panjang dan malam lebih pendek dari panjang tertentu. Tanaman dapat dibagi menjadi tiga kelompok, tergantung pada responsnya terhadap fotoperiode, yang bertindak sebagai indikator musim. Ketiga kelompok tanaman dirangkum dalam Tabel 4. Kelompok terbesar, yang terdiri dari tanaman hari netral/ *neutral day plant* (NDP) tidak terpengaruh oleh panjang hari. Tanaman yang merupakan tanaman hari netral untuk pembungaan meliputi tomat, dandelion, mawar, jagung, kapas, dan kacang-kacangan.

Tabel 4. Fotoperiodisme Pembungaan

No.	Tipe tanaman	Kondisi yang Dibutuhkan Waktu Pembungaan	Musim Berbunga
1	Tanaman hari Netral (NDP)	tidak terpengaruh oleh siklus siang-malam	musim semi ke musim gugur
2	Tanaman hari pendek (SDP)	hari pendek (malam panjang)	Musim semi, Musim gugur
3	Tanaman hari panjang (LDP)	hari panjang (malam pendek)	Musim panas



Gambar 45. Periodisme pada tanaman hari netral, hari pendek dan hari panjang

Tanaman hari pendek berbunga pada musim semi atau musim gugur, saat panjang hari pendek. Misalnya, bunga ragweed berbunga saat panjang hari kurang dari 14 jam, dan bunga poinsettia berbunga saat panjang hari kurang dari 12 jam. Bunga krisan, bunga goldenrod, stroberi, bunga tulip, dan kacang kedelai biasanya termasuk Tanaman hari pendek untuk pembungaan. Tanaman hari panjang berbunga saat panjang hari, biasanya di musim panas. Misalnya, bunga gandum hanya berbunga saat panjang hari lebih dari sekitar 10 jam. Lobak, aster, bunga iris, bayam, dan bit biasanya termasuk tanaman hari panjang untuk pembungaan.

b) Menyesuaikan Siklus Pembungaan Tanaman

Perhatikan Gambar 45, yang membandingkan pembungaan poinsettia (SDP) dengan bunga iris (LDP). Dengan malam 8 jam, LDP berbunga tetapi SDP tidak. Dengan malam 16 jam, SDP berbunga dan LDP tidak. Namun, jika malam 16 jam terganggu di tengah oleh satu jam cahaya, LDP berbunga dan SDP tidak. Respons ini menunjukkan bahwa lamanya kegelapan tanpa gangguan merupakan faktor penting. Meskipun ada total 15 jam kegelapan setiap hari, SDP tidak berbunga karena satu jam cahaya tersebut. Penanam bunga yang ingin mendapatkan pembungaan musim dingin LDP cukup memaparkannya pada tingkat cahaya pijar rendah di tengah malam. Pembungaan musim panas pada SDP diperoleh dengan menutupi tanaman pada sore hari dengan kain buram sehingga SDP menerima cukup kegelapan.

c) Pengaturan oleh Fitokrom

Tumbuhan memantau perubahan panjang hari dengan pigmen kebiruan yang peka terhadap cahaya yang disebut fitokrom. Fitokrom ada dalam dua bentuk, berdasarkan panjang gelombang cahaya yang diserapnya. Bentuk yang menyerap sinar merah disebut Pr, dan bentuk yang menyerap sinar merah jauh (inframerah) disebut Pfr. Cahaya siang mengubah Pr menjadi Pfr. Dalam gelap, Pfr diubah menjadi Pr. Fitokrom berperan dalam dormansi kuncup dan perkecambahan biji serta dalam pembungaan.

2. Vernalisasi

Vernalisasi adalah stimulasi pembungaan oleh suhu rendah. Vernalisasi penting untuk tanaman biji-bijian yang ditanam di musim gugur, seperti gandum musim dingin, jelai, dan gandum hitam. Petani sering memanfaatkan vernalisasi untuk menanam dan memanen tanaman mereka sebelum musim panas tiba. Misalnya, benih gandum ditanam di musim gugur dan bertahan hidup di musim dingin sebagai bibit kecil. Paparan suhu musim dingin yang dingin menyebabkan tanaman berbunga di awal musim semi, dan panen awal pun dihasilkan. Jika gandum yang sama ditanam di musim semi, akan memakan waktu sekitar dua bulan lebih lama untuk menghasilkan panen. Jadi, suhu dingin tidak mutlak diperlukan untuk banyak tanaman biji-bijian, tetapi mempercepat pembungaan.

Tanaman dua tahunan adalah tanaman yang biasanya hidup hanya selama dua tahun, menghasilkan bunga dan biji selama tahun kedua. Tanaman dua tahunan, seperti wortel, bit, seledri, dan foxglove, bertahan hidup di musim dingin pertama mereka sebagai akar besar dengan tanaman kecil di atas tanah. Di musim semi, batang berbunga mereka memanjang dengan cepat, suatu proses yang disebut bolting. Kebanyakan tanaman dua tahunan harus mengalami vernalisasi sebelum berbunga pada tahun kedua. Tanaman tersebut kemudian mati setelah berbunga. Perawatan tanaman dua tahunan dengan giberelin terkadang digunakan sebagai pengganti suhu dingin.

3. Warna Musim Gugur

Beberapa pohon terkenal karena warna musim gugurnya yang spektakuler, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 46. Perubahan warna musim gugur terutama disebabkan oleh respons fotoperiodik. Saat malam menjadi lebih panjang di musim gugur, daun berhenti memproduksi klorofil. Saat pigmen hijau menurun, pigmen daun lainnya karotenoid menjadi terlihat. Karotenoid meliputi karoten oranye dan xantofil kuning. Karotenoid selalu ada di daun tetapi tersembunyi oleh klorofil. Kelompok pigmen daun lainnya, antosianin, menghasilkan warna merah dan merah keunguan dalam cuaca dingin dan cerah.



Gambar 46. Perubahan warna hijau daun. Di banyak tempat di seluruh dunia, musim gugur ditandai dengan perubahan warna dedaunan hijau yang perlahan dan indah menjadi warna merah, jingga, kuning, dan ungu yang cerah. Daun hijau tampak hijau karena adanya pigmen klorofil yang merupakan kunci fotosintesis.

Pada kegiatan eksplorasi ini kita akan mengamati gerakan hewan dan tumbuhan dengan diberikan rangsangan cahaya. Perhatikan reaksi yang diperlihatkan oleh hewan dan tumbuhan tersebut.

Bereksplorasi

Bekerjalah sesuai dengan arahan yang diberikan pada cara kerja. Rencanakan cara pelaksanaan kegiatan eksplorasi, sehingga semua objek dapat diamati sesuai dengan dengan alokasi waktu yang ditentukan. Sediakan alat, bahan dan objek yang akan diamati. Letakkan di atas meja kerja Saudara dan berhati-hatilah dalam menggunakan alat dan bahan. Gambarkan hasil pengamatan sesuai dengan objek yang diamati. Cantumkan nama objek pada masing-masing kolom.

Struktur Tubuh Hewan

Sebelum saudara melakukan kegiatan eksplorasi, bacalah terlebih dahulu tujuan eksplorasi berikut ini.

Agar mahasiswa mampu menjelaskan tingkah laku yang diperlihatkan oleh hewan dan tumbuhan terhadap rangsangan yang diberikan berdasarkan pengamatan.

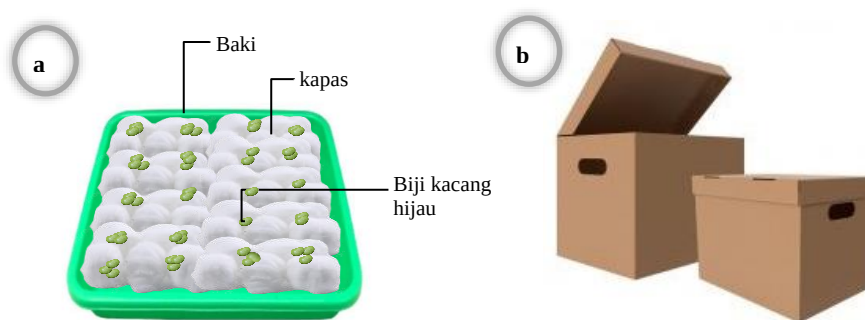
Alat, Bahan dan Objek

1. Alat : Kardus, baki plastik, senter, cawan petri, stopwatch, alat-alat tulis.
2. Bahan : Kapas, air, tepung,
3. Objek : Biji kacang hijau, dan cacing tanah.

Cara Kerja

1. Pengamatan tingkah laku tumbuhan terhadap rangsangan cahaya

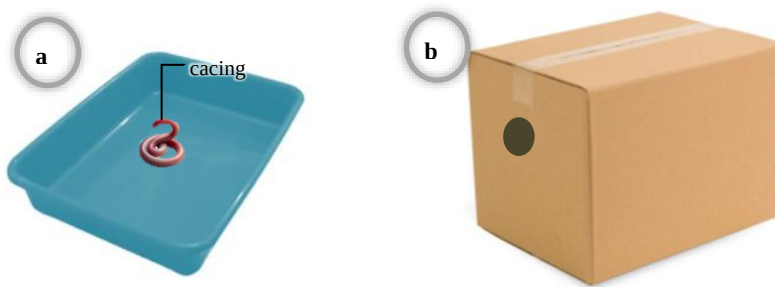
- Sediakan 3 buah kardus dengan ukuran yang sama (kardus minuman gelas mineral). Perhatikan bagian kardus, ada bagian dinding, bagian alas dan bagian atap. Kardus 1 dilubangi pada satu bagian dinding saja, kardus 2 dilubangi pada 2 bagian dinding yang saling berhadapan, dan kardus 3 dinding kardus dibiarkan utuh namun kardus tidak memakai tutup. Lubang yang dibuat berbentuk segi empat dengan ketinggian dari dasar 15-20 cm, luas lubang= 10 x 5 cm (perhatikan Gambar 47b).
- Sediakan 3 buah baki plastik dan masukkan ke dalam kardus-kardus tersebut.
- Susunlah kapas pada baki kemudian sirami dengan sedikit air sampai lembab. Lalu susunlah biji kacang hijau di atas kapas lembab tersebut dengan jarak tanam masing-masing biji 3 cm. setiap titik tanam minimal 3 biji (perhatikan Gambar 47a).
- Tutuplah bagian atap kardus (kecuali kardus 3) dan letakkan semua kardus pada tempat yang sama, yang aman dengan kapasitas cukup cahaya matahari.
- Biarkan pertumbuhan kecambah selama 10 hari (perhatikan kondisi kelembaban kapas). Kemudian amati apa reaksi dari kecambah tersebut terhadap cahaya.
- Dokumentasikan hasil pengamatan saudara.



Gambar 47. Rangkaian percobaan pengaruh rangsangan cahaya terhadap pertumbuhan kecambah. (a) rangkaian alat dan bahan media tumbuh, (b) kotak percobaan.

2. Pengamatan tingkah laku hewan terhadap rangsangan cahaya

- Sediakan 1 buah kardus yang dilubangi pada bagian tengah di salah satu dindingnya. Lubang tersebut berdiameter sebesar 5 cm dengan posisi lubang mendekati pada bagian atap kardus.
- Siapkan satu buah baki yang berukuran sedikit lebih kecil dari luas kardus. bersihkan baki tersebut dan biarkan kering.
- Letakkan cacing pada baki, kemudian tutuplah baki tersebut dengan kardus.
- Masukkan cahaya senter pada bagian kardus yang sudah dilubangi selama 5-15 menit.
- Kemudian bukalah kardus, pindahkan cacing pada tempat yang lain. Taburi baki dengan tepung untuk melihat jejak pergerakan cacing. Amati arah pergerakan cacing dengan melihat corak yang terbentuk pada tepung.
- Dokumentasikan hasil pengamatan saudara kemudian berilah alur yang jelas pada corak gerakan cacing pada tepung tersebut.



Gambar 48. Rangkaian percobaan pengaruh rangsangan cahaya terhadap pergerakan cacing. (a) baki percobaan, (b) kotak percobaan.

Hasil Eksplorasi

Gambarkanlah hasil eksplorasimu pada kolom yang sudah disediakan, dan buatlah keterangan untuk melengkapi deskripsi gambar!

1. Pengamatan tingkah laku tumbuhan

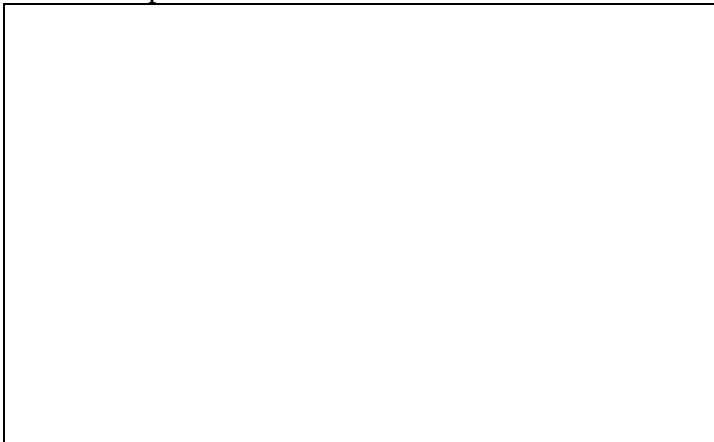
Kecambah pada kardus 1



Keterangan:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

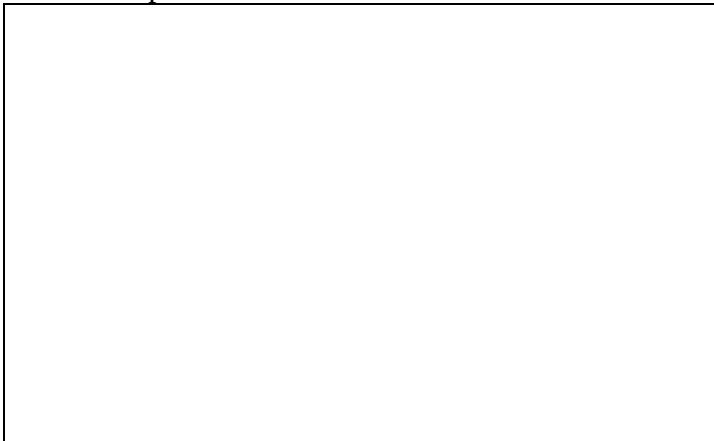
Kecambah pada kardus 2



Keterangan:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Kecambah pada kardus 3



Keterangan:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Pengamatan tingkah laku hewan



Keterangan:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Analisis Hasil Eksplorasi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini untuk mendapatkan konsep penting struktur tubuh hewan. Analisis hasil eksplorasi dapat membantu Saudara untuk mencapai tujuan pembelajaran

- 1) Perhatikan pertumbuhan kecambah pada kotak 1 dan 2. (a) kemana arah tumbuh kecambah pada kotak 1, dan 2? (b) Apakah ada pertumbuhan panjang batang yang berbeda dalam 1 kotak tersebut? (c) Dimanakah pertumbuhan batang yang paling panjang (berapa cm)? Dan (d) dimanakah pertumbuhan batang yang paling pendek (berapa cm)?

.....
.....
.....

- 2) Perhatikan pertumbuhan kecambah pada kotak 3 (a) kemana arah tumbuh kecambah pada kotak? (b) Apakah ada pertumbuhan panjang batang yang berbeda dalam kotak tersebut? (c) Dimanakah pertumbuhan batang yang paling panjang? (d) dimanakah pertumbuhan batang yang paling pendek? (e) hitung tinggi masing-masing 3 kecambah yang terdapat pada bagian tengah, kiri-kanan, depan dan belakang, berapa tinggi rata-rata tanaman tersebut?

.....
.....
.....

Tempat tumbuh	Tengah			Kiri			kanan			Depan			Belakang			Rata-rata
Panjang (cm)																

3) Dari hasil eksplorasimu, apa gerakan pertumbuhan kecambah tersebut? Apa alasannya?

.....
.....
.....

4) Apabila dari hasil eksplorasimu terdapat pertumbuhan panjang yang berbeda pada kecambah tersebut, apa yang menyebabkan hal tersebut terjadi?

.....
.....
.....

5) Perhatikan pergerakan cacing tanah pada baki bertepung! Kemana arah pergerakan cacing tersebut, apakah menuju cahaya atau menjauhi cahaya? Apakah terdapat pola bolak-balik pada pergerakan tersebut?

.....
.....
.....

6) Setelah mengamati pergerakan cacing tanah pada baki bertepung, apa jenis tingkah laku yang dilakukan oleh cacing tersebut? Apa alasannya?

.....
.....
.....

Dari hasil pengamatan saudara terhadap pengaruh cahaya terhadap makhluk hidup, apakah kamu mendapati respon yang berbeda dari tumbuhan ataupun hewan pengamatan? Buatlah kesimpulan hasil pengamatanmu!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Uji Pemahaman

Kerjakan soal berikut untuk mengukur pemahaman saudara terhadap materi tingkah laku makhluk hidup!

- a. Apa yang dimaksud dengan tingkah laku? Apakah tingkah laku hewan memiliki kesamaan dengan tumbuhan? Apa alasannya?

.....
.....
.....
.....

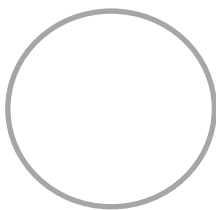
- b. Apa yang menyebabkan tumbuhan bereaksi terhadap cahaya?

.....
.....
.....
.....

- c. Apa yang membedakan reaksi hewan dan tumbuhan terhadap cahaya?

.....
.....
.....
.....

*Semoga eksplorasi dan uji pemahaman dapat membuatmu memahami dengan baik materi Tingkah Laku pada Makhluk Hidup
-Selamat Bekerja-*



Bekerjalah dengan baik, periksalah setiap eksplorasi saudara, dan pastikan hasil eksplorasi saudara benar!

BAB 7.

P rinsip Dasar Hereditas dan Persilangan

Inkuiri

Dalman biologi, dikenal istilah persilangan individu untuk mengawinkan dua organisme. Ada monohibrid dan dihibrid. Perbedaan antara persilangan monohibrid dengan dihibrid terletak pada jumlah sifat yang ingin diturunkan. Adanya persilangan memiliki tujuan untuk membentuk keturunan dengan sifat-sifat yang mirip induknya. Baik hewan, tumbuhan, dan manusia, bisa disilangkan untuk mendapatkan keturunan dengan perpaduan sifat yang diinginkan. Untuk mengetahui bagaimana persilangan hewan dan tumbuhan ini, silakan pelajari materi berikut ini.

Capaian Pembelajaran:

Mahasiswa mampu menjelaskan, menelaah dan membuktikan konsep dan prinsip hereditas serta implikasinya dalam kehidupan

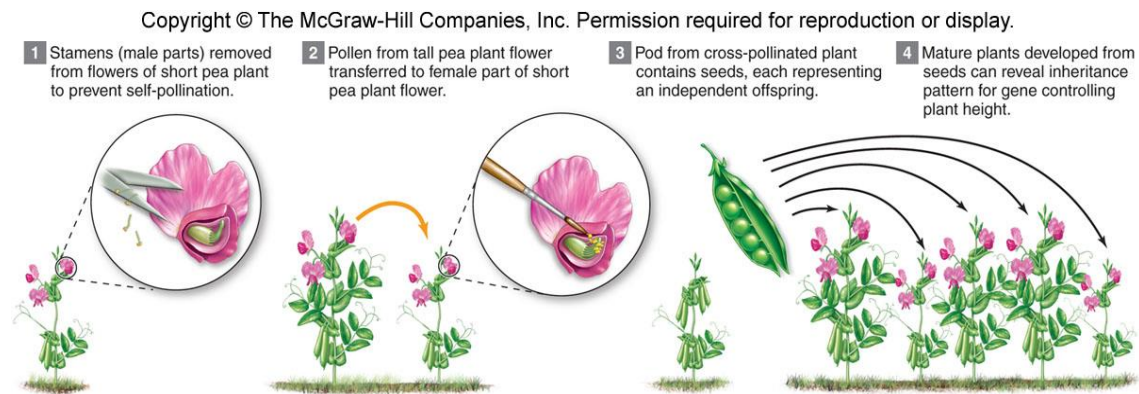
Bacalah tinjauan teori berikut ini untuk membantu Saudara dalam memahami macam-macam persilangan.

Pendekatan Eksperimen Mendel

Genetika adalah bidang biologi yang dikhususkan untuk memahami bagaimana karakteristik diwariskan dari orangtua kepada keturunannya. Genetika didirikan dengan karya Gregor Johann Mendel. Bagian ini menjelaskan eksperimen Mendel dan prinsip-prinsip genetika yang dihasilkan dari eksperimen tersebut.

Mendel mempelajari variasi pada sifat-sifat tanaman kacang polong. Spesies ini secara alami melakukan penyerbukan sendiri, yang berarti bunganya menghasilkan gamet jantan dan betina yang membentuk embrio yang dapat hidup saat keduanya bertemu. Untuk mempelajari pewarisan, Mendel harus melakukan perkawinan terkendali antara individu-individu dengan sifat-sifat tertentu, kemudian mengamati dan mendokumentasikan sifat-sifat keturunan mereka. Pengendalian atas reproduksi

tanaman kacang polong individu dimulai dengan mencegahnya melakukan penyerbukan sendiri. Mendel melakukan ini dengan membuang kepala sari bunga yang mengandung serbuk sari (Gambar 49-1), kemudian menyikat karpel yang mengandung telur dengan serbuk sari dari tanaman lain (Perhatikan Gambar 49-2). Mendel mengumpulkan benih dari individu yang melakukan penyerbukan silang (Gambar 49-3), dan mencatat sifat-sifat tanaman kacang polong baru yang tumbuh darinya (Gambar 49-4).

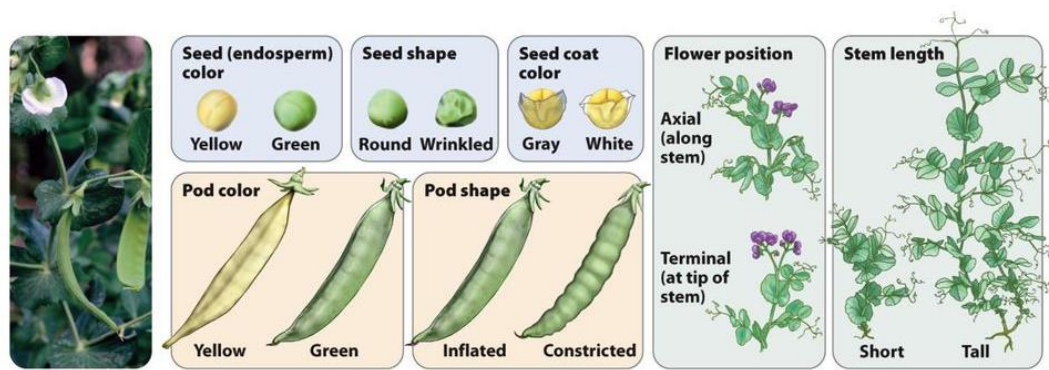


Gambar 49. Pendekatan eksperimen mendel terhadap tanaman kapri

Persilangan Monohibrid

Gregor Johann Mendel adalah orang pertama yang melakukan persilangan pada tanaman kapri atau ercis dan mengamati hasil persilangan sampai dengan keturunan kedua (F₂). Dalam penelitiannya Mendel menggunakan tanaman kapri karena terdapat berbagai sifat yang menguntungkan, yaitu :

1. Tanaman kapri dapat menyerbuk sendiri dan dapat juga disilangkan.
2. Tanaman kapri memiliki beberapa bagian yang dapat memperlihatkan sifat yang berbeda, antara lain :
 - a. Ukuran tanaman (tinggi dan rendah).
 - b. Batang tanaman (bunga sepanjang batang dan bunga diujung batang).
 - c. Buah polong (penuh dan berlekuk, kuning dan hijau).
 - d. Biji (bulat dan berlekuk, kuning dan hijau, kulit biji putih dan abu – abu).



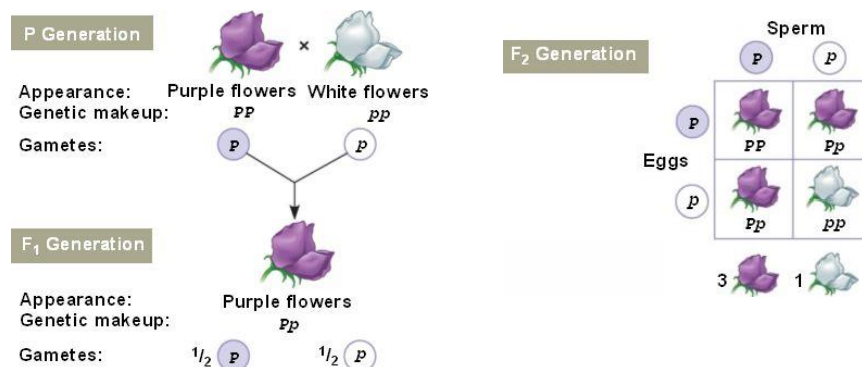
Photograph by Charles Stirling/Alamy
Figure 3.3
Genetics: A Conceptual Approach, Sixth Edition
 © 2017 W. H. Freeman and Company

Gambar 50. Tujuh karakter tanaman kapri yang digunakan Mendel untuk eksperimen.

Dari hasil persilangan dengan satu pasang sifat yang berbeda, maka Mendel merumuskan Hukum Mendel I (hukum segregasi) menyatakan bahwa pada saat pembentukan gamet, gen yang merupakan pasangan akan dipisahkan (disegregasikan) ke dalam dua sel anak. Bila dua organisme dengan satu pasang sifat yang berbeda disilangkan, maka keturunan pertama (F1) akan menunjukkan sifat yang dominan sedangkan sifat yang resesif akan muncul pada generasi keduanya (F2).

Contoh:

Persilangan antara tanaman kapri berbunga ungu homozigot (PP) dengan tanaman kapri berbunga putih (pp) menghasilkan F1, yaitu tanaman kapri bunga ungu heterozigot (Pp) 100%. Persilangan antara F1 x F1 menghasilkan keturunan F2 yang memperlihatkan 4 kombinasi terdiri dari 2 macam fenotipe, yaitu 3 bunga ungu:1 bunga putih (lihat Gambar 51).



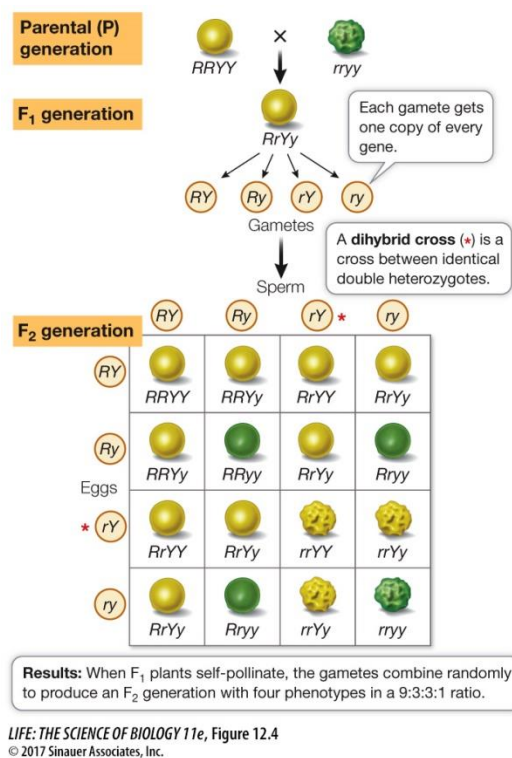
Gambar 51. Persilangan monohybrid (satu sifat beda)

Persilangan Dihybrid

Persilangan antara dua individu selain dengan satu sifat beda atau monohybrid dapat juga terjadi persilangan antara dua individu dengan dua sifat yang berbeda atau dihibrid bahkan lebih dari dua sifat beda atau polihybrid. Persilangan dihibrid adalah persilangan antara dua individu dengan dua sifat yang berbeda.

Contoh :

Persilangan antara tanaman kapri yang bijinya bulat kuning homozigot (RRYY) dengan tanaman kapri berkerut hijau (rryy) menghasilkan F₁, yaitu tanaman bulat kuning heterozigot (RrYy) 100%. Persilangan antara F₁ x F₁ menghasilkan keturunan F₂ yang memperlihatkan 16 kombinasi terdiri dari 4 macam fenotipe, yaitu 9 bulat kuning : 3 bulat hijau : 3 berkerut kuning : 1 berkerut hijau. (lihat Gambar 52).



Gambar 52. Persilangan dihibrid (dua sifat beda)

Mendel dapat mengambil kesimpulan bahwa anggota dari sepasang gen memisah secara bebas (tidak saling mempengaruhi) ketika berlangsung meiosis selama pembentukan gamet-gamet. Prinsip ini dirumuskan sebagai hukum Mendel II yang berbunyi “*The law of Independent Assortment of Genes*” (Hukum pengelompokan gen secara bebas).

Contoh pada genotipe dihibrid RrYy :

gen R mengelompok dengan gen Y, mengelompok pada gamet RY

gen R mengelompok dengan gen y, mengelompok pada gamet Ry

gen r mengelompok dengan gen Y, mengelompok pada gamet rY

gen r mengelompok dengan gen y, mengelompok pada gamet ry

Analisis Chi-square (χ^2)

Dalam suatu percobaan, jarang ditemukan hasil yang tepat betul seperti yang diharapkan suatu hipotesis karena selalu ada penyimpangan (deviasi) antara hasil yang didapat dengan hasil yang diharapkan. Apabila penyimpangan terlalu besar, maka hipotesis harus ditolak. Sedangkan bila penyimpangan cukup kecil, maka hipotesis diterima. Chi-square (χ^2) merupakan suatu metode pengukuran penyimpangan hasil pengamatan dari hasil yang diharapkan secara hipotesis.

Rumus untuk menghitung harga χ^2 :

$$\chi^2 = \sum \frac{(d)^2}{e}$$

Keterangan :

d = deviasi/penyimpangan adalah selisih antara hasil yang diperoleh (observed disingkat o dan hasil yang diramal)

e = hasil yang diramal/diharapkan (expected)

Jadi :

$$D = o - e$$

Σ = sigma (jumlah)

Dalam menghitung penyimpangan harus diperhatikan juga besarnya derajat kebebasan (*degree of freedom*), yang nilainya sama dengan jumlah kelas fenotipe dikurangi dengan satu. Pada hasil persilangan monohibrid diperoleh rasio fenotipe 3 : 1 (dominansi penuh), berarti ada 2 kelas fenotipe sehingga :

$$\begin{aligned} \text{derajat kebebasannya (dk)} &= 2 - 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

Bila terdapat sifat intermedier maka rasio fenotipe F₂ = 1 : 2 : 1 , berarti terdapat 3 kelas fenotipe sehingga :

$$\begin{aligned} \text{dk} &= 3 - 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

Pada persilangan dihibrid rasio fenotipe pada F2 = 9 : 3 : 3 : 1, berarti terdapat 4 kelas fenotipe maka :

$$\begin{aligned} dk &= 4 - 1 \\ &= 3 \end{aligned}$$

Contoh :

Suatu tanaman berbatang tinggi heterozigot (Tt) menyerbuk sendiri dan menghasilkan keturunan yang terdiri dari 13 tanaman berbatang tinggi dan 7 tanaman berbatang pendek. Apakah hasil tersebut dapat dipercaya akan kebenarannya? Apakah sesuai dengan hukum Mendel?

Jawab :

Menurut Mendel setiap persilangan monohibrid (Tt) yang menyerbuk sendiri seharusnya menghasilkan keturunan dengan rasio fenotipe = 3 tanaman tinggi : 1 tanaman pendek. Jadi secara teoritis seharusnya didapatkan 15 tanaman berbatang tinggi dan 5 tanaman berbatang pendek.

	Tinggi	Pendek	Jumlah
Diperoleh (o)	13	7	20
Diharapkan (e)	15	5	20
Deviasi (d)	-2	2	
(d) ² /e	0.27	0.8	

$$\chi^2 = \sum : \frac{(d)^2}{e} = 0.27 + 0.8 = 1.07$$

Selanjutnya kita menggunakan Tabel χ^2 , deretan angka paling atas mendatar merupakan nilai kemungkinan. Kolom sebelah kiri tegak lurus memuat angka-angka yang menunjukkan besarnya derajat kebebasan (dk). Angka-angka lainnya adalah nilai χ^2 . Menurut ahli statistik, apabila nilai χ^2 yang diperoleh berada di dalam kolom nilai kemungkinan 5% atau di dalam kolom sebelah kirinya maka data hasil percobaan dapat dianggap baik atau hipotesis diterima. Apabila nilai χ^2 yang diperoleh berada di dalam kolom nilai kemungkinan 1% atau di dalam kolom sebelah kanannya maka data hasil percobaan dapat dianggap buruk sekali atau hipotesis ditolak. Hal ini disebabkan karena penyimpangan sangat berarti dan ada faktor lain di luar faktor kemungkinan yang berperan.

Tabel: Tabel χ^2

Derajat kebebasan (dk)	Kemungkinan						
	90%	70%	50%	20%	10%	5%	1%
1	0,02	0,15	0,46	1,64	2,71	3,84	6,64
2	0,21	0,71	1,39	3,22	4,60	5,99	9,21
3	0,58	1,42	2,37	4,64	6,25	7,82	11,34
4	1,06	2,20	3,36	5,99	7,78	9,49	13,28

Pada kegiatan eksplorasi ini kita akan mengamati persilangan hewan dan tumbuhan dengan menggunakan kancing genetika. Perhatikan sifat yang diperlihatkan oleh hasil persilangan tersebut.

Bereksplorasi

Bekerjalah sesuai dengan arahan yang diberikan pada cara kerja. Rencanakan cara pelaksanaan kegiatan eksplorasi, sehingga semua objek dapat diamati sesuai dengan dengan alokasi waktu yang ditentukan. Sediakan alat, bahan dan objek yang akan diamati. Letakkan di atas meja kerja Saudara dan berhati-hatilah dalam menggunakan alat dan bahan. Gambarkan hasil pengamatan sesuai dengan objek yang diamati. Cantumkan nama objek pada masing-masing kolom.

Persilangan Monohibrid dan Dihibrid

Sebelum saudara melakukan kegiatan eksplorasi, bacalah terlebih dahulu tujuan eksplorasi berikut ini.

Agar mahasiswa mampu menjelaskan hukum Mendel I dan II dengan melakukan persilangan menggunakan kancing genetika.

Perlengkapan

Alat : Kancing genetika hitam, putih, merah dan hijau. Masing-masing sebanyak 30 pasang, wadah aduk kancing dan alat tulis.

Cara Kerja

a. Persilangan Monohirid

1. Tandai kancing hitam dengan lambang H untuk gen penentu warna hitam dan kancing warna putih dengan lambang h untuk gen penentu warna putih.
2. Masukkan dan campurkan:

- a) 15 kancing jantan warna hitam dengan 20 kancing jantan putih ke dalam satu kotak jantan
- b) 15 kancing betina warna hitam dengan 20 kancing betina putih ke dalam satu kotak betina.
3. Aduk isi kotak dengan cara menggoyangkan agar kaedah acak tercapai. Dengan demikian peluang pengambilan kancing warna hitam dengan kancing warna putih dalam satu kotak sama.
4. Ambil satu buah kancing dari kotak jantan dan betina secara bersamaan, pasangkan kemudian catat kombinasi alel yang diperoleh sampai 30x pengambilan.
5. Ulangi pengambilan sebanyak dua kali dengan prosedur yang sama.
6. Tentukan perbandingan genotipe dan fenotipe kombinasi yang diperoleh.
7. Bandingkan data pengamatan kelompok dengan data yang seharusnya menurut Hukum Mandel I dengan menggunakan uji Chi-square (χ^2) dan buat kesimpulan.

b. Persilangan Dihybrid

1. Beri lambang huruf M untuk warna merah dan m untuk putih dan kumpulkan masing-masing sebanyak 40 buah.
2. Beri lambang huruf K untuk warna hijau dan k untuk kuning dan kumpulkan masing-masing sebanyak 40 buah.
3. Masukkan dan campurkan:
 - a) 20 kancing jantan warna merah dengan 20 kancing jantan warna putih ke dalam kotak jantan.
 - b) 20 kancing betina warna merah dengan 20 kancing betina warna putih ke dalam kotak betina.
 - c) Lakukan hal yang sama juga dengan kancing warna kuning-hijau, sehingga didapatkan 1 kotak jantan merah-putih, 1 kotak betina merah-putih, 1 kotak jantan hijau-kuning dan 1 kotak betina hijau-kuning.
4. Ambil satu buah kancing dari kotak jantan dan kotak betina merah-putih, pasangkan. Lakukan hal yang sama secara bersamaan terhadap kancing hijau-kuning. Letakkan kedua kancing hasil persilangan tersebut dengan posisi

bergandengan, warna dominan berada di atas. Kancing hasil persilangan berikutnya diurutkan ke bawah.

5. Catat kombinasi alel yang diperoleh sampai 40x pengambilan.
6. Ulangi pengambilan sebanyak dua kali dengan prosedur yang sama.
7. Tentukan perbandingan genotipe dan fenotipe kombinasi yang diperoleh.
8. Bandingkan data pengamatan kelompok dengan data yang seharusnya menurut hukum Mendel II dengan menggunakan uji Chi-square dan tarik kesimpulan.

Hasil Eksplorasi

Tuliskan hasil eksplorasimu pada kolom gamet jantan dan gamet betina pada tabel yang sudah disediakan! Kemudian lanjutkan untuk mengisi genotipe dan fenotipe!

a. Persilangan Dihybrid

Segregasi alel pada waktu pembentukan gamet dan genotipe serta fenotipe yang terbentuk

No.	Gamet jantan	Gamet betina	Genotipe	Fenotipe
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

No.	Gamet jantan	Gamet betina	Genotipe	Fenotipe
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				

No.	Gamet jantan	Gamet betina	Genotipe	Fenotipe
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				

b. Persilangan Dihybrid

Pengelompokan gen pada waktu pembentukan gamet dan genotipe serta fenotipe yang terbentuk :

No.	Gamet jantan		Gamet betina		Genotipe		Fenotipe
	G-1	G-2	G-1	G-2	G-1	G-2	
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

No.	Gamet jantan		Gamet betina		Genotipe		Fenotipe
11.							
12.							
13.							
14.							
15.							
16.							
17.							
18.							
19.							
20.							
21.							
22.							
23.							
24.							
25.							
26.							
27.							
28.							
29.							
30.							
31.							
32.							
33.							
34.							
35.							
36.							
37.							
38.							
39.							

No.	Gamet jantan		Gamet betina		Genotipe		Fenotipe
40.							
41.							
42.							
43.							
44.							
45.							
46.							
47.							
48.							
49.							
50.							
51.							
52.							
53.							
54.							
55.							
56.							
57.							
58.							
59.							
60.							
61.							
62.							
63.							
64.							
65.							
66.							
67.							
68.							

No.	Gamet jantan		Gamet betina		Genotipe		Fenotipe
69.							
70.							
71.							
72.							
73.							
74.							
75.							
76.							
77.							
78.							
79.							
80.							

Analisis Hasil Eksplorasi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini untuk mendapatkan konsep penting struktur tubuh hewan. Analisis hasil eksplorasi dapat membantu Saudara untuk mencapai tujuan pembelajaran

- 1) Berapa perbandingan genotip dan fenotip yang kamu dapati dari persilangan monohybrid!

.....
.....
.....

- 2) Berapa perbandingan genotip dan fenotip yang kamu dapati dari persilangan dihybrid!

.....
.....
.....

- 3) Buatlah perbandingan fenotip yang kamu dapati dari persilangan monohybrid dengan uji Chi-square!

.....
.....
.....

- 4) Buatlah perbandingan fenotip yang kamu dapati dari persilangan dihibrid dengan uji Chi-square!

.....
.....
.....

Dari hasil pengamatan saudara terhadap persilangan monohybrid dan dihibrid, apakah kamu mendapati perbedaan hasil persilangan? Buatlah kesimpulan hasil pengamatanmu!

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Uji Pemahaman

Kerjakan soal berikut untuk mengukur pemahaman saudara terhadap materi prinsip dasar hereditas dan persilangan

1. Apakah yang dimaksud dengan segregasi ?

.....
.....
.....

2. Sebutkan alasan Mendel menggunakan kacang kapri sebagai bahan percobaan?

.....
.....
.....

3. Apakah yang dimaksud dengan fenotipe dan genotipe ?

.....
.....
.....

4. Apakah yang dimaksud dengan Chi-square (χ^2) ?

.....
.....
.....

5. Bagaimanakah bunyi hukum Mendel II ?

.....
.....
.....

6. Apakah yang dimaksud dengan alel ?

.....
.....
.....

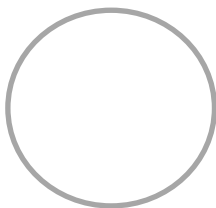
7. Apakah yang dimaksud dengan sifat dominan dan sifat resesif ?

.....
.....
.....
.....

8. Tentukanlah rasio fenotipe pada F2 pada persilangan dihibrid !

.....
.....
.....

*Semoga eksplorasi dan uji pemahaman dapat membuatmu memahami dengan baik
materi Prinsip Dasar Hereditas dan Persilangan
-Selamat Bekerja-*



Bekerjalah dengan baik, periksalah setiap eksplorasi saudara, dan pastikan hasil eksplorasi saudara benar!

