

# BIG BOOK

# BIOLOGI

**SMA  
KELAS  
1, 2, & 3**

**METODE TERBAIK  
MERAH NILAI UJIAN  
9 ATAU BAHKAN 10**

- Kumpulan Lengkap Ringkasan Materi
- Kumpulan Lengkap Rumus Praktis
- Soal & Pembahasan Terupdate
- Latihan & Evaluasi

**1.060  
SOAL**

**BONUS BEASISWA 100 JUTA**

**FREE ANDROID APPS**

- Apps TOEFL CMEDIA
- Apps TRYOUT SBMPTN

GET IT ON  
 **Google play**

**FREE TRY OUT ONLINE**  
[www.rajatryout.com](http://www.rajatryout.com)

**BIG  
BOOK**

**BIOLOGI**



**ANNISA RAHMAH, dkk**

media

# BIG BOOK

# BIOLOGI

**SMA  
KELAS  
1, 2, & 3**



# BIG BOOK

## BIOLOGI SMA KELAS 1, 2, & 3

**Penyusun:** Annisa Rahmah, Avni Khairunnisa, Nestiyanto, Sari Yulianti, Kholifah, dan Nita Kurnia Sari

**Penyunting:** Hadian dan Ayu

**Proofreader:** Fini

**Layout:** Nonos, linda

**Ilustrasi:** Linda

**Pendesain sampul:** Jimmy

**Diterbitkan pertama kali oleh:** Penerbit Cmedia  
Imprint Kawan Pustaka

### **Redaksi:**

Jl. H. Montong No. 57, Ciganjur, Jagakarsa  
Jakarta Selatan 12630  
Telp. (021) 78883030 Ext. 213, 214, 216  
Faks. (021) 7270996  
E-mail: [redaksi@penerbitcmedia.com](mailto:redaksi@penerbitcmedia.com)  
Website: [www.penerbitcmedia.com](http://www.penerbitcmedia.com)

### **Distributor:**

PT KAWAHmedia  
Jl. M. Kahfi II No. 12A, Srengseng Sawah,  
Jagakarsa, Jakarta Selatan 12630  
Telp. (021) 78881000 Ext. 120, 121, 122  
Faks. (021) 78882000  
E-mail: [kawahmedia@gmail.com](mailto:kawahmedia@gmail.com)

### **Cetakan pertama, 2015**

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

### **Katalog Dalam Terbitan (KDT)**

Annisa Rahmah; Big Book Biologi SMA Kelas 1, 2, & 3;  
Penyunting, Fini. --- Cet. 1. --- Jakarta: Cmedia, 2015  
viii + 696 hal; 22 cm

ISBN 978-602-1609-74-3

1. Big Book Biologi SMA

II. Hadian dan Ayu

I. Judul.

III. Seri.

370

Jika Anda menemukan kesalahan cetak, cacat produk, atau kesalahan lain dalam buku ini, silakan kontak kami, atau kembalikan kepada kami untuk kami ganti.

# PRAKATA

Dengan mengucapkan puji syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT, akhirnya penulis dapat mewujudkan ide penulisan buku ini.

*Big Book Biologi SMA Kelas 1, 2, & 3* hadir sebagai solusi siswa untuk menghadapi ulangan harian, ujian tengah dan akhir semester, ujian sekolah, ujian nasional, hingga seleksi bersama masuk perguruan tinggi (SBMPTN), serta seleksi mandiri masuk perguruan tinggi negeri, disusun untuk memperkaya bahan kepustakaan ilmu biologi pada tingkat SMA/MA sederajat. Selain itu, buku ini bertujuan untuk mempermudah pengajar dan siswa dalam mempelajari ilmu biologi.

Konsep buku ini disajikan sesederhana mungkin, dilengkapi dengan beberapa rumus praktis, contoh soal dan pembahasan, serta trik penyelesaian soal dengan *solusi smart*.

Semoga buku ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu biologi di masa depan.

Penulis

# DAFTAR ISI

	Ruang Lingkup Biologi	1
	Virus	19
	Bakteri	41
	Protista	61
	Jamur	85
	Keanekaragaman Hayati	101
	Plantae	129
	Animalia	171

	Ekosistem	257
	Struktur dan Fungsi Sel	289
	Jaringan	319
	Sistem Gerak	357
	Sistem Sirkulasi	381
	Sistem Pencernaan	403
	Sistem Pernapasan	427
	Sistem Ekskresi	447
	Sistem Saraf	465
	Sistem Reproduksi dan Sistem Imunitas	495
	Pertumbuhan dan Perkembangan	523
	Metabolisme	541

	Hereditas	569
	Mutasi dan Evolusi	615
	Bioteknologi	643
	Soal Evaluasi	663
	Kunci Jawaban	679



Biologi adalah ilmu tentang kehidupan dan organisme hidup, termasuk struktur, fungsi, pertumbuhan, evolusi, persebaran, dan taksonominya.

# RUANG LINGKUP BIOLOGI

# 1

Biologi merupakan ilmu yang mempelajari keanekaragaman dan interaksi seluruh makhluk hidup di bumi. Interaksi tersebut dapat terjadi antara sesama makhluk hidup ataupun antara makhluk hidup dan material tidak hidup. Begitu luasnya cakupan biologi, maka para ahli membagi ruang lingkup pembahasan menjadi beberapa cabang disiplin ilmu. Pembagian cabang-cabang disiplin ilmu bertujuan untuk memudahkan dalam hal proses pengelompokkan, pengkajian dan penelitian mendalam, serta dapat mengetahui manfaat dari suatu makhluk hidup.

## A. OBJEK DAN PERMASALAHAN BIOLOGI

### a. Tingkat Molekul

Molekul merupakan bagian yang menyusun komponen-komponen penting pada makhluk hidup. Molekul yang umum dikenal adalah karbohidrat, protein, lemak, dan asam nukleat. Terdapat pula interaksi antara molekul yang dapat diamati pada DNA, RNA, dan asam amino lainnya. Adapun ilmu yang mempelajari tingkat molekul, antara lain:

1. Biokimia: ilmu yang mempelajari tentang struktur penyusun komponen sel.
2. Biologi molekuler: ilmu yang mempelajari pengaturan komponen sel.
3. Genetika: ilmu yang mempelajari perbedaan karakter genetis pada tiap individu .

## **b. Tingkat Sel**

Sel merupakan satu unit fungsional terkecil pada bagian tubuh makhluk hidup. Pada bagian sel terdapat organel-organel sel yang memiliki peran masing-masing. Makhluk hidup ada yang memiliki satu unit sel (uniseluler), seperti bakteri. Ada pula makhluk hidup yang tersusun dari banyak sel (multiseluler), seperti tumbuhan dan hewan. Ilmu yang mempelajari tingkat sel disebut sitologi. Sitologi adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur dan fungsi sel.

## **c. Tingkat Jaringan**

Jaringan terbentuk oleh sekelompok sel yang terdiferensiasi karena memiliki kesamaan bentuk dan fungsi. Umumnya pembahasan tingkat jaringan mengenai analisis dan penanganan berbagai penyakit pada makhluk hidup. Ilmu yang mempelajari tingkat jaringan adalah histologi, yaitu ilmu yang mempelajari jaringan pada tumbuhan dan hewan.

## **d. Tingkat Organ**

Organ tersusun dari beberapa jaringan berbeda yang membentuk satu kesatuan. Beberapa contoh organ antara lain jantung, hati, paru-paru, mata, dan ginjal. Organ akan membentuk sistem dalam menjalankan fungsinya yang sering disebut sebagai sistem organ. Ilmu yang mempelajari tingkat organ antara lain:

1. Anatomi: ilmu yang mempelajari tentang struktur organ.
2. Fisiologi: ilmu yang mempelajari tentang fungsi organ.

3. Pulmonologi: ilmu yang mempelajari tentang paru-paru.
4. Kardiologi: ilmu yang mempelajari tentang jantung.
5. Endokrinologi: ilmu yang mempelajari tentang sistem endokrin.

#### **e. Tingkat Individu**

Individu merupakan gabungan antara sistem organ yang saling melengkapi satu sama lainnya dan dapat menunjang proses metabolisme tubuh. Individu menjadi unit dasar anggota kehidupan. Ilmu yang mempelajari tingkat individu, antara lain:

1. Embriologi: ilmu yang mempelajari tentang pertumbuhan dan perkembangan embrio.
2. Taksonomi: ilmu yang mempelajari tentang pengelompokkan spesies berdasarkan kesamaan dan perbedaan karakter

#### **f. Tingkat Populasi**

Populasi terbentuk karena adanya sekelompok individu sejenis yang saling berinteraksi. Interaksi tersebut terjadi pada rentang waktu dan letak geografis yang sama. Misalnya, populasi badak Jawa di Ujung Kulon. Ilmu yang banyak dikaji pada tingkat populasi, yaitu:

1. Biogeografi: ilmu yang mempelajari tentang pola distribusi spesies dan proses penyebabnya.
2. Genetika populasi: ilmu yang mempelajari tentang persebaran dan perubahan frekuensi alel.
3. Virologi: ilmu yang mempelajari virus.
4. Bakteriologi: ilmu yang mempelajari bakteri.
5. Mikologi: ilmu yang mempelajari kelompok jamur.
6. Botani: ilmu yang mempelajari dunia tumbuhan: anggrek (orchidologi).
7. Zoologi: ilmu yang mempelajari tentang hewan: burung (ornitologi), serangga (entomologi), molusca (malakologi), dan ikan (iktiologi).



### **g. Tingkat Komunitas**

Interaksi antarpopulasi di wilayah tertentu, akan membentuk suatu komunitas. Interaksi tersebut dapat menciptakan hubungan timbal balik berupa simbiosis ataupun predasi. Ilmu yang mengkaji pada tingkat komunitas adalah etologi. Etologi adalah ilmu yang mempelajari tentang perilaku makhluk hidup.

### **b. Tingkat Ekosistem**

Ekosistem merupakan hubungan timbal balik antara makhluk hidup (biotik) dan lingkungan (abiotik) yang membentuk keseimbangan alam (homeostatis). Ekosistem dapat berupa ekosistem air (akuatik) maupun darat (terrestrial). Ilmu yang mempelajari pada tingkatan ekosistem, antara lain:

1. Ekologi: ilmu yang mempelajari tentang tempat hidup makhluk hidup dan interaksinya.
2. Toksikologi: ilmu yang mempelajari tentang pengaruh zat kimia terhadap makhluk hidup.
3. Limnologi: ilmu yang mempelajari tentang perairan tawar.

### **i. Tingkat Bioma**

Bioma terbentuk dengan adanya sekelompok hewan dan tumbuhan yang tinggal pada lingkungan geografis tertentu. Beberapa contoh objek bioma, seperti kawasan hutan tropis, padang rumput, padang pasir, dan tundra.

## **B. METODE ILMIAH**

Dalam rangka mengembangkan penelitian pada ruang lingkup biologi, para ilmuwan menetapkan suatu metode baku yang disebut dengan metode ilmiah. Terdapat beberapa tahapan dalam menerapkan metode ilmiah agar dapat memperoleh hasil penelitian yang baik, akurat, dan dapat dipercaya. Tahapan tersebut sebagai berikut:

### **a. Penentuan Rumusan Masalah dan Hipotesis**

Umumnya diawali dengan munculnya pertanyaan akan sebuah fenomena yang terjadi. Setelah itu dilanjutkan dengan menginventarisasi kemungkinan-kemungkinan hipotesis yang berlaku.

### **b. Penetapan Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian harus dibuat dengan baik agar dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan atas fenomena yang ada sehingga dapat menentukan hipotesis yang tepat. Tujuan juga harus dibuat dengan detail agar metode yang dipilih juga tepat.

### **c. Pengumpulan Literatur**

Studi literatur menjadi bagian yang sangat penting dalam metode ilmiah karena dapat menjadikan pemahaman seorang peneliti lebih komperhensif dalam menganalisis permasalahan dan mengaitkannya dengan hasil yang diperoleh. Tanpa adanya studi literatur yang baik akan berdampak pada miskinnya pembahasan atas hasil yang diperoleh.

### **d. Penentuan Metode Penelitian**

Metode merupakan penjabaran mengenai hal-hal yang akan dilakukan untuk dapat mencapai tujuan yang diinginkan. Metode dapat berupa cara kerja, langkah kerja, serta penggunaan alat dan bahan.

### **e. Penyajian Hasil**

Hasil adalah hal-hal yang ditemukan dan terjadi pada saat penelitian dilakukan. Hasil tersebut harus dapat terdokumentasikan dengan baik agar dapat menjadi dasar untuk pengambilan kesimpulan ataupun sebagai alat validasi. Hasil yang diperoleh

dapat bersifat data kualitatif (dapat berupa ciri morfologi) dan data kuantitatif (dapat berupa angka satuan ukur yang tersaji dalam bentuk tabel, diagram, atau grafik).

#### **f. Pembabasaan Hasil yang Biperoleh**

Pembahasan hasil dilakukan untuk menjawab hipotesis awal yang telah ditentukan. Analisis yang mendalam dilakukan dengan adanya studi literatur yang relevan, sikap ilmiah peneliti yang baik, serta penulisan sistematika yang sesuai kaidah.

#### **g. Kesimpulan**

Kesimpulan menjadi bagian intisar dari hasil penelitian yang dilakukan. Kesimpulan dibuat untuk dapat menjawab pertanyaan dalam rumusan masalah dan dapat menunjukkan apakah hasil percobaan tersebut mendukung atau tidak hipotesis yang sudah dibuat sebelumnya.

Hal lain yang perlu diperhatikan dalam mendesain sebuah penelitian adalah penentuan variabel yang akan digunakan. Terdapat dua istilah variabel dalam penelitian, yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*). Variabel bebas adalah faktor perlakuan yang dapat dengan bebas diubah sesuai desain penelitian. Contoh variabel bebas, yaitu pemberian kadar pupuk dan intensitas cahaya.

Variabel terikat merupakan pengaruh atau respon yang terjadi setelah diberikannya perlakuan. Contoh variabel terikat, yaitu kecepatan pertumbuhan kecambah pada kadar pupuk tertentu dan laju pertambahan massa ikan dengan penggunaan pakan tertentu. Variabel terikat bersifat alami sesuai dengan perlakuan yang diberikan (variabel bebasnya).

Berdasarkan pemahaman tentang variabel bebas dan variabel terikat, seorang peneliti juga harus mampu menetapkan kelompok perlakuan yang akan diteliti. Umumnya, kelompok perlakuan dibedakan menjadi dua, yaitu kelompok uji dan kelompok kontrol.

Kelompok uji merupakan kelompok yang diberikan perlakuan sedangkan kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak diberikan perlakuan. Kelompok kontrol digunakan sebagai alat pembandingan apakah perlakuan yang kita lakukan sesuai dengan hipotesis atau tidak.

## **C. PERAN ILMU BIOLOGI**

Penelitian yang dilakukan dalam bidang biologi umumnya mengarah ke pada dua hal, yaitu yang bernilai positif dan nilai negatif. Nilai positif yang diteliti akan dikategorikan menjadi suatu pemberdayaan atau pemanfaatan sumberdaya hayati. Pemanfaatan sumberdaya hayati tersebut dapat meningkatkan kesejahteraan hidup manusia. Contoh pemanfaatan sumberdaya hayati sebagai berikut:

### **a. Sumber Pangan**

Sumber pangan dapat berupa pengelolaan makhluk hidup dalam bidang pertanian, perkebunan, dan peternakan.

### **b. Sumber Kesehatan**

Sumber kesehatan dapat berupa pembentukan vaksin oleh mikroorganisme, teknik bayi tabung, dan perkembangan teknik-teknik kedokteran.

### **c. Sumber Industri**

Sumber industri dapat dilakukan dengan memanfaatkan proses fermentasi dan bioteknologi oleh mikroorganisme dan pengembangan teknologi hasil pangan.

Semua penelitian dalam biologi dapat bernilai negatif jika dilakukan dengan tujuan yang salah dan cara yang tidak benar. Tujuan yang salah, salah satunya ialah adanya hasrat untuk meningkatkan keuntungan semata, sehingga ingin mengeksploitasi

semua sumberdaya hayati. Adapun cara yang tidak benar dapat terjadi karena seorang peneliti tidak mengindahkan kaidah-kaidah metode ilmiah dengan baik, melanggar norma etika, susila dan agama, serta tidak memahami konsep keseimbangan alam.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Unit fungsional terkecil dalam tubuh adalah ....
- |             |          |
|-------------|----------|
| A. molekul  | D. atom  |
| B. sel      | E. organ |
| C. jaringan |          |

**Jawaban: B**

Sel menjadi bagian unit fungsional terkecil di dalam tubuh karena memiliki organel-organel sel yang memiliki fungsi masing-masing dan sel memiliki ukuran yang relatif kecil.

2. Tingkat yang berperan dalam membentuk rantai makanan ialah ....
- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| A. tingkat bioma     | D. tingkat populasi |
| B. tingkat ekosistem | E. tingkat individu |
| C. tingkat komunitas |                     |

**Jawaban: C**

Rantai makanan terbentuk karena adanya interaksi antarpopulasi, sehingga tingkat yang berperan adalah komunitas.

3. Molekul yang berperan dalam proses pengaturan sel dan penurunan sifat ....
- |               |                |
|---------------|----------------|
| A. DNA        | D. inti sel    |
| B. RNA        | E. semua benar |
| C. asam amino |                |

**Jawaban: A**

DNA memiliki basa-basa nitrogen yang berfungsi untuk menyintesis protein-protein penting dan dapat melakukan replikasi saat terjadi pembelahan sel.

4. Kelompok makhluk hidup yang dapat hidup dalam tingkatan sel ialah ....

A. virus	D. animalia
B. monera	E. semua salah
C. plantae	

**Jawaban: B**

Monera merupakan kelompok kingdom yang tersusun hanya satu sel (bersifat uniseluler).

5. Seorang peneliti akan mengkaji lebih detail tentang kingdom Monera, maka penelitian tersebut seharusnya mengambil disiplin ilmu ....

A. virologi	D. bioteknologi
B. zoologi	E. bakteriologi
C. moneralogi	

**Jawaban: E**

Bakteriologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bakteri.

6. Virus dikelompokkan ke dalam makhluk hidup karena memiliki ciri ....

A. dapat makan dan minum
B. melakukan proses sintesis protein
C. dapat berkembang biak di dalam inang
D. dapat dilihat dengan mikroskop
E. struktur yang kompleks

**Jawaban: C**

Virus dapat melakukan proses perkembangbiakan dengan cara menyisipkan materi genetiknya ke dalam sel inang. Reproduksi virus dapat terjadi secara litik dan lisogenik.

7. Penelitian tentang jamur sangat banyak diminati oleh para ilmuwan, penelitian tersebut termasuk ke dalam bidang ilmu ....

A. botani	D. fisiologi
B. planktonologi	E. mikologi
C. fungiologi	

**Jawaban: E**

Mikologi adalah ilmu yang mempelajari tentang jamur.

8. Unit fungsional dasar makhluk hidup dapat dipelajari dengan memperdalam kajian ilmu ....
- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| A. fisiologi    | D. embriologi |
| B. sitologi     | E. selulogi   |
| C. biomolekuler |               |

**Jawaban: B**

Sitologi adalah ilmu yang mempelajari tentang sel.

9. Posisi ke dua dan ke tujuh dalam susunan tingkatan unit kehidupan, yaitu ....
- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| A. sel dan bioma         | D. jaringan dan organ   |
| B. molekul dan ekosistem | E. molekul dan populasi |
| C. sel dan komunitas     |                         |

**Jawaban: C**

Susunan tingkat kehidupan yaitu molekul – sel – jaringan – organ – individu – populasi – komunitas – ekosistem – bioma.

10. Makhluk hidup memiliki kemampuan untuk dapat menyesuaikan diri terhadap lingkungan sekitar, hal tersebut menunjukkan ciri makhluk hidup, yaitu ....
- |                    |             |
|--------------------|-------------|
| A. kamuflase       | D. mimikri  |
| B. berkembang biak | E. autotomi |
| C. beradaptasi     |             |

**Jawaban: C**

Adaptasi adalah kemampuan makhluk hidup dalam menyesuaikan lingkungan barunya agar dapat bertahan hidup.

# LATIHAN SOAL 1

*Perhatikan daftar di bawah ini untuk menjawab soal nomor 1 dan 2!*

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| 1. Sel       | a. Embriologi   |
| 2. Jaringan  | b. Parasitologi |
| 3. Komunitas | c. Ekologi      |
| 4. Populasi  | d. Etologi      |
| 5. Organ     | e. Sitologi     |
- 
1. Pasangan antara tingkatan dengan disiplin ilmu yang tepat adalah ....

A. 1 dan b	D. 4 dan a
B. 3 dan d	E. 5 dan c
C. 2 dan e	
  2. Adanya musim kawin pada jenis hewan tertentu dapat dipelajari secara mendalam melalui disiplin ilmu yang ditunjukkan oleh huruf ....

A. e	D. b
B. d	E. a
C. c	
  3. Seorang dokter kandungan yang akan memeriksa ibu yang mengandung harus mempelajari bidang ilmu ....

A. onkologi	D. embriologi
B. anatomi	E. fisiologi
C. patologi	



4. Selain mempelajari ilmu botani, seorang petani yang akan menyebarkan tanamannya agar dapat berbuah sebaiknya mempelajari juga ilmu ....
  - A. anatomi dan fisiologi tumbuhan
  - B. entomologi dan ornitologi
  - C. kriptogami dan origami
  - D. genetika dan biomolekuler
  - E. sitologi dan orchidologi
  
5. Makhluk hidup yang dapat membuat makanannya sendiri disebut ....
  - A. autotrof
  - B. heterotrof
  - C. saprobik
  - D. homototrof
  - E. kemototrof
  
6. Seseorang yang sering merokok akan mengalami kerusakan pada salah satu organ pernapasannya. Oleh karena itu, sebaiknya diperiksa oleh dokter yang ahli dalam bidang ilmu ....
  - A. endokrinologi
  - B. kriminologi
  - C. kardiologi
  - D. embriologi
  - E. pulmonologi
  
7. Contoh kawasan bioma di bawah ini yang terdapat di Indonesia, *kecuali* ....
  - A. hutan hujan tropis
  - B. sabana
  - C. gurun pasir
  - D. padang rumput
  - E. tundra
  
8. Hal pertama seorang peneliti dalam melakukan penelitian berdasarkan metode ilmiah ialah karena adanya ....
  - A. dana yang cukup besar
  - B. keuntungan dari hasil penelitian
  - C. pertanyaan yang muncul atas fenomena yang terjadi
  - D. ingin mendapatkan gelar
  - E. unsur ketidaksengajaan

9. Proses setelah perumusan masalah adalah menentukan hipotesis, apa arti dari hipotesis tersebut ....
- A. kesimpulan awal yang harus diuji lebih lanjut
  - B. pendapat akhir seorang peneliti
  - C. asumsi-asumsi yang tepat berdasarkan studi literatur
  - D. metode yang dipakai dalam penelitian
  - E. tujuan dasar penelitian
10. Jika Anton mampu menggunakan mikroskop dengan baik berarti dia telah menguasai ....
- A. perumusan masalah
  - B. penentuan hipotesis dan tujuan
  - C. metode penelitian
  - D. penyajian hasil
  - E. pengumpulan literatur
11. Pengumpulan literatur yang baik dapat dilakukan dengan mendapatkan sumber dari, *kecuali* ....
- A. seminar ilmiah
  - B. buku ensiklopedia
  - C. jurnal
  - D. situs Internet
  - E. sosial media
12. Berikut ini data yang dapat dimasukkan ke dalam tipe kualitatif, yaitu ....
- A. berat badan
  - B. warna rambut
  - C. tinggi badan
  - D. ukuran sepatu
  - E. panjang tangan
13. Umumnya data yang bersifat kuantitatif dapat diketahui dengan adanya ....
- A. variabel
  - B. kontrol
  - C. alat ukur
  - D. sampel
  - E. ciri-ciri

14. Data kualitatif dapat disajikan dalam bentuk kuantitatif dengan cara ....
- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| A. kualitifikasi    | D. pembuatan diagram  |
| B. kuantifikasi     | E. tidak dapat diubah |
| C. pembuatan grafik |                       |

*Perhatikan daftar di bawah ini untuk menjawab pertanyaan nomor 15-17!*

1. Pembahasan
  2. Studi literatur
  3. Rumusan masalah
  4. Kesimpulan
  5. Tujuan
  6. Hasil
  7. Metode
15. Susunan yang tepat agar dapat melakukan penelitian secara ilmiah adalah ....
- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| A. 1-2-3-4-5-6-7 | D. 5-3-2-7-6-1-4 |
| B. 7-6-5-4-3-2-1 | E. 3-5-2-7-6-1-4 |
| C. 3-5-1-2-4-7-6 |                  |
16. Nomor berapa saja yang menunjukkan kecerdasan IQ dari seorang peneliti ....
- |            |            |
|------------|------------|
| A. 3 dan 4 | D. 1 dan 7 |
| B. 2 dan 1 | E. 4 dan 5 |
| C. 6 dan 4 |            |
17. Hubungan yang sangat erat dan berkaitan dalam metode penelitian ilmiah ditunjukkan antara nomor ... dan ....
- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 2 | D. 1 dan 4 |
| B. 3 dan 4 | E. 2 dan 7 |
| C. 5 dan 6 |            |
18. Variabel yang merupakan faktor dari terjadinya perubahan pada objek penelitian disebut ....
- |            |            |
|------------|------------|
| A. terikat | D. acak    |
| B. bebas   | E. teratur |
| C. kontrol |            |

19. Kelompok kontrol dibuat dengan tujuan untuk ....
- A. validasi
  - B. pelengkap
  - C. menghabiskan dana
  - D. menambah dana
  - E. kuantifikasi

*Bacalah cerita ini untuk menjawab pertanyaan nomor 20-24!*

Suatu hari Andi melakukan penelitian pada biji kacang hijau. Andi menanam biji tersebut pada tiga gelas yang masing-masing diletakkan pada kondisi yang berbeda. Gelas pertama diletakkan pada kondisi yang gelap, gelas kedua diletakkan pada rumah kaca dengan intensitas cahaya 70% dan gelas ketiga diletakkan pada ruang terbuka. Setelah beberapa hari diletakkan, ternyata tinggi dari ketiga tanaman tersebut berbeda-beda.

20. Ada kelompok variabel apa saja yang terdapat pada percobaan Andi ....
- A. terikat dan bebas
  - B. bebas dan acak
  - C. bebas dan kontrol
  - D. terikat, bebas, dan kontrol
  - E. terikat, bebas, dan acak
21. Variabel bebas ditunjukkan oleh ....
- A. tiga gelas kacang hijau
  - B. intensitas cahaya
  - C. perbedaan tinggi ketiga gelas kacang hijau
  - D. tidak ada yang tepat
  - E. media tanaman
22. Hasil akhir yang menunjukkan adanya perbedaan tinggi kacang hijau merupakan ....
- A. variabel kontrol
  - B. variabel bebas
  - C. variabel terikat
  - D. variabel campuran
  - E. variabel akhir

23. Dari ketiga gelas yang berisi kecambah kacang hijau, mana yang termasuk kontrol ....
- A. 1, 2, dan 3
  - B. hanya 1 dan 2
  - C. hanya 2 dan 3
  - D. hanya 3
  - E. hanya 2
24. Kesimpulan Andi dari penelitian di atas adalah ....
- A. biji kacang hijau memiliki kualitas yang berbeda
  - B. penggunaan gelas dapat memengaruhi pertumbuhan
  - C. ketinggian kecambah kacang hijau berbeda-beda
  - D. cahaya matahari memengaruhi pertumbuhan kecambah
  - E. tidak ada yang dapat disimpulkan karena metodenya sederhana
25. Penelitian dalam ruang lingkup biologi akan menghasilkan nilai positif dan negatif, hal apa yang termasuk ke dalam nilai positif penelitian ....
- A. menangani masalah kelaparan
  - B. meningkatkan jumlah penduduk
  - C. menemukan vaksin baru
  - D. meningkatkan mutu kualitas penduduk
  - E. menjaga keseimbangan alam
26. Contoh penelitian yang bersifat negatif di bawah ini, yaitu ....
- A. penemuan vaksin polio
  - B. pengembangan kultur jaringan
  - C. sistem akuaponik dan akuakultur
  - D. penanaman monokultur
  - E. pemanfaatan bioteknologi mikroorganisme
27. Manfaat penelitian biologi dapat digunakan untuk, *kecuali* ....
- A. sumber ekonomi
  - B. sumber energi
  - C. sumber mineral
  - D. sumber pangan
  - E. sumber kosmetik

28. Pemanfaatan sumberdaya alam yang baik harus berdasarkan ....
- A. keuntungan maksimal
  - B. sesuai kehendak
  - C. pembangunan berkelanjutan
  - D. kebutuhan pasar
  - E. modal yang dikeluarkan
29. Dampak dari meningkatnya jumlah penduduk ialah ....
- A. meningkatnya suhu
  - B. meningkatnya jumlah air kotor
  - C. menurunnya jumlah pengangguran
  - D. menurunnya konsentrasi karbon
  - E. menurunnya jumlah gas buangan
30. Dampak paling signifikan atas terjadinya perubahan iklim sangat dirasakan pada kelompok rantai makanan yang menempati posisi ....
- A. predator puncak
  - B. konsumen II
  - C. konsumen I
  - D. produsen
  - E. dekomposer





# VIRUS

# 2

## A. SEJARAH PENEMUAN VIRUS

Virus berasal dari bahasa Latin yang artinya racun. Penemuan virus dimulai ketika seorang ilmuwan Jerman, Adolf Mayer, pada tahun 1883 melakukan penelitian tentang penyakit mosaik pada tembakau. Mayer menyemprotkan ekstrak daun tembakau yang berpenyakit mosaik ke tanaman tembakau yang sehat. Kemudian tumbuhan tembakau tersebut akan mengalami kekerdilan dan muncul belang-belang pada warna daun. Mayer menganggap bahwa penyakit tersebut disebabkan oleh bakteri yang sangat kecil.

Pada tahun 1892, ilmuwan Rusia bernama Dimitri Ivanowsky menguji kembali penelitian Mayer. Ivanowsky menyaring ekstrak daun tembakau dengan saringan bakteri. Namun, filtrat yang didapat tetap menyebabkan tanaman tembakau yang sehat tertular oleh penyakit mosaik. Ivanowsky juga menduga bahwa penyakit mosaik tembakau tersebut disebabkan oleh suatu bakteri yang berukuran sangat kecil atau bakteri tersebut memproduksi racun yang dapat melewati saringan.

Beberapa tahun kemudian, Martinus W. Beijerinck melakukan penelitian yang sama dengan Ivanowsky. Beijerinck beranggapan



bahwa ada agen penginfeksi yang bereproduksi dan menyerang tanaman tembakau tersebut. Namun, Beijerinck menduga agen penginfeksi tersebut berbeda dengan bakteri karena tidak dapat diperbanyak di medium agar. Hipotesis Beijerinck tersebut diperkuat oleh penelitian Wendell Stanley, ilmuwan Amerika, yang dapat mengkristalkan agen penginfeksi tersebut, yaitu *Tobacco mosaic virus* (TMV).

Virus tidak dapat dikelompokkan sebagai sel karena virus tidak memiliki nukleus dan sitoplasma. Virus dapat dikatakan sebagai benda mati dan benda hidup. Virus dikatakan sebagai benda hidup ketika berada di dalam sel inang dan bereproduksi, sedangkan sebagai benda mati, virus disebut virion. Virion adakah kondisi ketika virus yang berada di luar sel inang hanya sebagai partikel mikroskopis yang dapat mengkristal.

## **B. CIRI DAN STRUKTUR VIRUS**

### **a. Ciri-ciri Virus**

Virus memiliki ciri dan sifat yang membedakannya dari organisme lain, yaitu:

1. *Virus hanya memiliki salah satu asam nukleat, DNA atau RNA saja.*
2. *Berukuran sangat kecil sekitar 20 - 300 nm.*
3. *Virus tidak dapat bereproduksi di luar sel inang.*
4. *Virus bersifat parasit obligat.*
5. *Virus dapat dikristalkan.*

### **b. Struktur Virus**

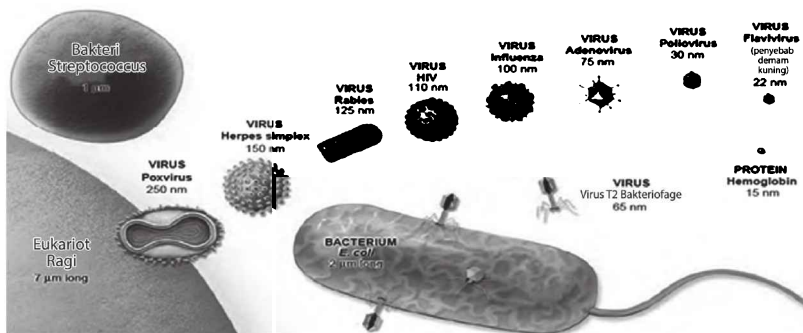
#### **1. Bentuk**

Virus memiliki bentuk bervariasi. Ada yang bulat, batang, polihedral, oval, dan ada yang seperti huruf T. Virus yang berbentuk bulat misalnya virus influenza dan Human

immunodeficiency virus (HIV). Virus yang berbentuk batang, contohnya Tobacco mosaic virus (TMV), sedangkan virus yang berbentuk oval, misalnya Rabies Virus.

## 2. Ukuran

Virus merupakan mikroorganisme yang sangat renik. Ukuran virus berkisar 20 - 300 nm. Oleh karena ukurannya yang renik, virus hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron.



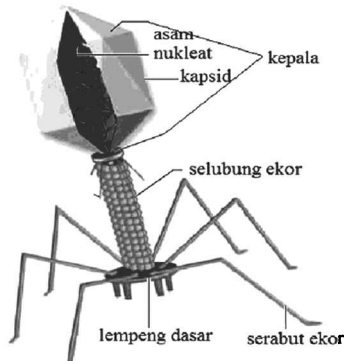
Gambar 2.1 Berbagai bentuk dan ukuran virus.  
Sumber Gb. (Raven dkk., 2011: 531)

## 3. Bagian Tubuh Virus

Virus memiliki struktur yang sangat sederhana. Virus pada umumnya terdiri dari asam nukleat dan selubung protein (kapsid). Gabungan asam nukleat dan kapsid disebut nukleokapsid. Asam nukleat virus hanya terdiri dari DNA saja atau RNA saja dengan bentuk rantai tunggal maupun rantai ganda. Contoh virus DNA adalah virus cacar, sedangkan contoh virus RNA adalah virus influenza dan HIV.

Kapsid adalah pembungkus asam nukleat, yang tersusun dari subunit protein yang disebut kapsomer. Kapsid dapat berbentuk heliks maupun polihedral. Virus polihedral memiliki bagian tambahan yaitu selubung ekor, lempeng dasar, dan serabut ekor yang berfungsi untuk melekat pada sel yang diinfeksi. Beberapa virus seperti virus influenza, virus HIV,

dan virus herpes memiliki sampul atau envelope yang tersusun dari lipid dan glikoprotein. Virus yang tidak memiliki sampul disebut virus telanjang.



Gambar 2.2 Struktur tubuh virus.  
Sumber Gb. Raven dkk., 2011: 530

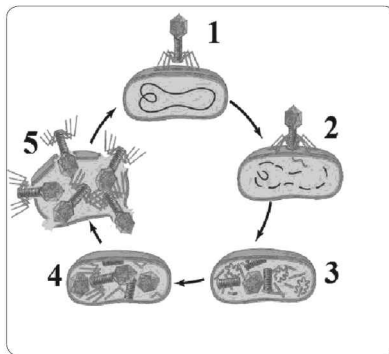
### c. Cara Hidup dan Reproduksi

Virus hanya dapat bereproduksi ketika berada di dalam sel organisme lain. Virus hidup secara parasit dalam inang berupa bakteri, mikroorganisme eukariot, tumbuhan, hewan, serta manusia. Cara reproduksi virus dibagi menjadi dua siklus, yaitu siklus litik dan siklus lisogenik.

Siklus litik terjadi apabila partikel virus keluar dari sel inang dengan cara memecahkan sel tersebut dan menyebabkan sel inang mati. Tahapan reproduksi virus pada siklus litik dibagi menjadi 5 tahapan, yaitu adsorpsi, penetrasi, sintesis, perakitan, dan lisis.

1. Tahap adsorpsi. Tahap adsorpsi adalah tahapan ketika partikel virus melekat pada sel inang yang akan diinfeksi. Tempat pelekatan terjadi di membran sel inang yang memiliki protein reseptor yang mengenali virus.
2. Tahap penetrasi. Tahap penetrasi adalah tahapan ketika materi genetik virus dimasukkan ke dalam sitoplasma sel inang.

3. Tahap sintesis. Tahap sintesis adalah tahapan ketika sel inang telah dikendalikan oleh virus untuk mensintesis dan memperbanyak komponen penyusun virus.
4. Tahap perakitan. Tahap perakitan adalah tahap penyusunan komponen-komponen virus menjadi partikel virus yang utuh.
5. Tahap lisis. Tahap lisis adalah tahap ketika partikel virus keluar dari sel inang dengan merusak sel tersebut.



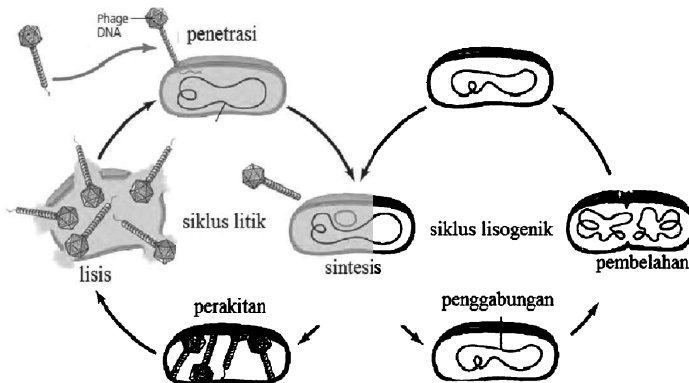
Keterangan tahapan siklus litik:

1. Tahap Adsorpsi
2. Tahap Penetrasi
3. Tahap Sintesis
4. Tahap Perakitan
5. Tahap Lisis

Gambar 2.3 Tahapan siklus litik.

Pada siklus lisogenik, materi genetik virus disisipkan pada materi genetik sel inang yang kemudian mengalami replikasi saat pembelahan sel inang. Materi genetik virus kemudian diwariskan pada sel-sel anakan hasil pembelahan tanpa menyebabkan lisis (kematian) pada sel inang.

1. Tahap adsorpsi dan penetrasi. Tahap adsorpsi dan penetrasi pada siklus lisogenik sama dengan siklus litik.
2. Tahap penggabungan. Tahap penggabungan antara materi genetik virus dan materi genetik sel inang.
3. Tahap pembelahan. Materi genetik yang telah bergabung kemudian mengalami replikasi dan diwariskan pada sel anakan hasil pembelahan sel inang.



Gambar 2.4 Perbandingan antara tahapan pada siklus litik dengan siklus lisogenik.  
Sumber Gb. (Campbell dkk., 2011: 386)

## INGAT !

### Tahapan reproduksi siklus litik virus :

ADa PEN SI RA SIS (dibaca) → Ada pensi rasis

1. **AD** : Adsorpsi
2. **PEN** : Penetrasi
3. **SI** : Sintesis
4. **RA** : Perakitan
5. **SIS** : Lisis

### d. Klasifikasi Virus

Sistem klasifikasi virus berbeda dengan sistem taksonomi Binomial Nomenclature yang digunakan untuk klasifikasi organisme pada umumnya. Virus diklasifikasikan berdasarkan sistem

International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV), yaitu hanya terbagi menjadi tiga tingkatan takson: famili, genus, dan spesies. Nama spesies menggunakan bahasa Inggris dan diakhiri kata virus.

Berikut ini beberapa contoh klasifikasi virus.

Tabel 2.1 Kelompok dan jenis virus.

No.	Kelas/Famili	Spesies
1.	Picornavirus	<i>Rhinovirus, poliovirus, hepatitis A virus,</i>
2.	Togavirus	<i>Rubella virus</i>
3.	Paramyxovirus	<i>Measles virus, Mumps virus</i>
4.	Retrovirus	<i>Human Inmmunodeficiency Virus (HIV)</i>
5.	Orthomyxovirus	<i>Influenza virus</i>
6.	Flavivirus	<i>Virus demam kuning, hepatitis C virus</i>
7.	Rhabdovirus	<i>Rabies virus</i>
8.	Filovirus	<i>Ebola virus</i>
9.	Coronavirus	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS)</i>
10.	Pavovirus	<i>Papilloma virus (virus kanker serviks)</i>

Berdasarkan tempat hidupnya (sel inang), virus dikelompokkan menjadi:

1. Virus bakteri. Virus bakteri disebut juga sebagai bakteriofage, karena sel inangnya adalah bakteri. Contohnya adalah T4 virus yang menyerang bakteri *Escherichia coli*.
2. Virus tumbuhan. Virus yang menyerang sel tumbuhan, contohnya Tobacco mosaic virus (TMV), virus tungro pada padi, dan *Citrus vein phloem degeneration virus* (CVPD).
3. Virus hewan. Virus yang menyerang hewan antara lain virus rabies pada anjing, virus ebola pada kera, dan virus penyakit kuku pada ternak.
4. Virus yang menyerang manusia. Virus yang menyerang manusia dapat ditularkan secara langsung maupun tidak langsung. Virus yang menyebabkan penyakit pada manu

## e. Virus dalam Kehidupan

### 1. *Virus yang merugikan.*

Virus dapat menyebabkan penyakit berbahaya, antara lain:

- Virus patogen pada manusia
  - ❖ Polio. Virus polio menyerang sel-sel pada sistem saraf pusat dan dapat mengakibatkan kelumpuhan.
  - ❖ Cacar. Penyebab cacar adalah Measles virus atau Pox virus yang menyerang sel kulit dan menimbulkan gejala awal seperti demam kemudian muncul luka cacar di seluruh tubuh.
  - ❖ Rabies. Penyakit rabies disebabkan oleh Rhabdo virus. Virus ini dapat menginfeksi anjing, monyet, kucing, dan juga manusia. Virus ini menyerang sistem saraf pusat sehingga menimbulkan gejala hidropobia, gelisah, agresif, dan lumpuh.
  - ❖ Ebola. Penyakit ebola adalah penyakit mematikan yang disebabkan oleh Ebola virus. Virus ebola menyerang sistem pertahanan tubuh dengan gejala demam yang disertai pendarahan.
  - ❖ Hepatitis. Virus hepatitis menyerang sel-sel hati sehingga menimbulkan gejala perut membesar dan tubuh berwarna kuning.
  - ❖ Demam Berdarah. Penyakit demam berdarah disebabkan oleh Dengue virus yang menginfeksi manusia melalui inang perantara nyamuk *Aedes aegypti*.
    - » Influenza. Penyakit influenza disebabkan oleh influenza virus yang menyerang sel-sel saluran pernapasan bagian atas.
    - » Gondong. Penyakit gondong disebabkan oleh Mumps virus yang menyerang sel-sel kelenjar ludah (kelenjar parotid), sehingga menimbulkan bengkak di belakang telinga.

- » AIDS. Acquired immuno deficiency syndrom disebabkan oleh HIV yang menyerang sel-sel limfosit T, sehingga menurunkan kekebalan tubuh.
- » Herpes genitalia. Herpes genitalia disebabkan oleh Herpes simplex virus yang menyerang membran mukus di mulut, kulit, dan alat kelamin. Gejala penyakit herpes adalah muncul rasa gatal dan bintil-bintil seperti luka melepuh.
- » Rubella. Penyakit rubella dikenal juga dengan istilah campak Jerman. Virus rubella kebanyakan menyerang anak-anak dibandingkan orang dewasa, dengan gejala muncul ruam pada kulit.
- Virus patogen pada hewan
  - ❖ Polyma, penyebab tumor pada hewan.
  - ❖ Rous Sarcoma Virus (RSV), penyebab kanker pada ayam.
  - ❖ Rhabdovirus, penyebab rabies pada vertebrata (anjing, kera, dan lainlain). Vaksin rabies ditemukan oleh Louis Pasteur.
  - ❖ Tetelo pada ayam atau NCD (New Castle Disease).
  - ❖ Penyakit kuku dan mulut pada ternak, seperti sapi dan kambing.
- Virus patogen pada tumbuhan
  - ❖ Virus mozaik penyebab mozaik (bercak kuning) pada tembakau.
  - ❖ CVPD (Citrus Vein Phloem Degeneration) penyebab penyakit pada jeruk.
  - ❖ Virus tungro, penyebab penyakit pada tanaman padi. Vektornya adalah wereng hijau dan wereng cokelat.

## 2. Pemanfaatan virus

- Untuk membuat antitoksin
- Untuk melemahkan bakteri
- Untuk reproduksi vaksin



## AYO DIINGAT!

Penyakit pada manusia yang disebabkan virus:

**P Aca R O l Is D I God A He Ru** (dibaca) → pacar olis digoda heru

1. **P** : Polio
2. **Aca** : Cacar
3. **R** : Rabies
4. **O l** : Ebola
5. **Is** : Hepatitis
6. **D** : Demam berdarah
7. **I** : Influenza
8. **God** : Gondong
9. **A** : AIDS
10. **He** : Herpes
11. **Ru** : Rubella

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Virus dianggap sebagai benda mati karena ....
  - A. dapat bereproduksi di dalam sel hidup
  - B. memiliki asam nukleat
  - C. memiliki kapsid
  - D. dapat melewati saringan bakteri
  - E. dapat dikristalkan

**Jawaban: E**

Virus dianggap sebagai benda mati karena strukturnya seperti mineral dan dapat dikristalkan, sedangkan sebagai makhluk hidup karena dapat bereproduksi di dalam sel.

2. Bakteriofage adalah istilah untuk virus yang menyerang ....
  - A. manusia
  - B. manusia dan bakteri
  - C. hewan
  - D. bakteri
  - E. tumbuhan

**Jawaban: D**

Bakteriofage merupakan sebutan untuk virus yang menyerang bakteri.

3. Kapsid pada virus tersusun dari senyawa ....
  - A. protein
  - B. posfat
  - C. karbohidrat
  - D. glukosa
  - E. lipid

**Jawaban: A**

Kapsid pada virus merupakan kumpulan kapsomer, yaitu senyawa protein

4. Siklus hidup virus pada sel inang, tanpa menyebabkan kerusakan (pecah) membran sel inang disebut ....
- A. siklus lisis
  - B. siklus litik
  - C. siklus lisogenik
  - D. siklus penetrasi
  - E. siklus adsorpsi

**Jawaban: C**

Siklus hidup virus dibagi menjadi dua jenis, yaitu siklus litik dan siklus lisogenik. Siklus litik terjadi apabila partikel virus keluar dari sel inang dengan cara memecahkan sel tersebut dan menyebabkan sel inang mati. Sementara siklus lisogenik terjadi tanpa menyebabkan kerusakan membran sel inang.

5. Bagian dari bakteriofage yang masuk ke dalam sel inangnya adalah ....
- A. kapsid
  - B. selubung protein
  - C. asam nukleat
  - D. DNA dan RNA
  - E. lempeng dasar

**Jawaban: C**

Dalam siklus hidup virus pada tahap kedua, yaitu tahap penetrasi, bagian tubuh virus yang masuk ke dalam sel inang adalah asam nukleat saja, yaitu DNA saja atau RNA saja sebab virus hanya memiliki salah satu asam nukleat.

6. Penyakit pada manusia yang penyebabnya tidak sama seperti penyakit demam berdarah adalah ...
- A. AIDS
  - B. polio
  - C. malaria
  - D. ebola
  - E. hepatitis

**Jawaban: C**

Penyakit demam berdarah disebabkan oleh virus. Penyakit lain yang disebabkan oleh virus adalah Hepatitis, AIDS, polio, dan ebola. Penyakit malaria bukan disebabkan oleh virus, tetapi oleh protozoa.

7. Medium kultur yang paling tepat untuk membiakkan virus adalah ....
- A. kaldu daging
  - B. medium agar
  - C. garam fisiologis
  - D. embrio tikus hidup
  - E. medium glukosa

**Jawaban: D**

Virus hanya dapat berkembang biak di dalam sel inang yang hidup, sehingga embrio tikus hidup merupakan medium kultur yang paling tepat.

8. Reproduksi virus secara litik terdiri dari tahapan ....
- A. adsorpsi, replikasi, sintesis, perakitan, lisis
  - B. adsorpsi, penetrasi, sintesis, perakitan, lisis
  - C. penetrasi, adsorpsi, lisis, perakitan, sintesis
  - D. replikasi, adsorpsi, penetrasi, perakitan, lisis
  - E. lisis, sintesis, penetrasi, perakitan, adsorpsi

**Jawaban: B**

Tahapan reproduksi virus terdiri dari lima tahapan, yaitu adsorpsi, penetrasi, sintesis, perakitan, dan lisis.

9. Istilah untuk partikel virus yang berada di luar sel inang adalah...
- A. venom
  - B. virion
  - C. viroid
  - D. virus mati
  - E. prion

**Jawaban: B**

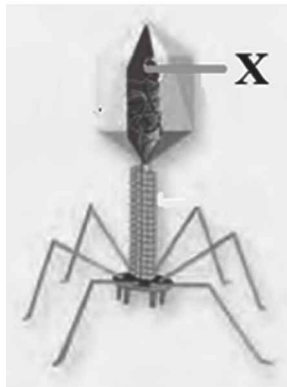
Partikel virus yang lengkap dan berada di luar sel inang dan tidak dapat bereproduksi disebut sebagai virion.



# LATIHAN SOAL 2

1. Penelitian yang dilakukan Adolf Mayer, D. Ivanowsky, dan M. Beijerinck merupakan penelitian pada ....
  - A. *human immunodeficiency virus*
  - B. *tobacco mosaic virus*
  - C. herpes simplex virus
  - D. *ebola virus*
  - E. *citrus vein phloem degeneration virus*
2. Virus merupakan organisme aseluler. Namun, virus dapat dikelompokkan sebagai makhluk hidup, sebab ....
  - A. memiliki selubung protein
  - B. dapat diperbanyak di medium agar
  - C. bereproduksi di dalam sel inang
  - D. memiliki DNA dan RNA
  - E. membutuhkan makanan
3. Bakteriofage merupakan istilah yang digunakan untuk ....
  - A. bakteri yang memakan virus
  - B. bakteri yang diserang virus
  - C. virus yang menyerang bakteri
  - D. virus yang diserang bakteri
  - E. bakteri yang menginfeksi virus

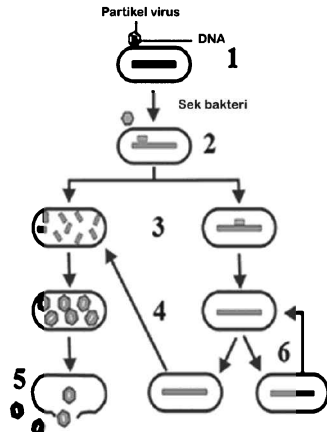
4. Komponen dasar penyusun partikel virus yang benar adalah ....
- A. DNA, RNA, dan kapsomer
  - B. DNA dan RNA
  - C. DNA, RNA, dan ekor
  - D. RNA dan ekor
  - E. DNA dan selubung protein
5. Salah satu virus RNA yang memiliki kemampuan berevolusi dengan cepat adalah ....
- A. virus T4
  - B. bakteriofage
  - C. *herpes simplex virus*
  - D. *influenza virus*
  - E. *poxvirus*
6. Bagian pada gambar yang ditunjuk adalah ....



Sumber Gb. (Raven dkk. 2009: 529)

- A. asam nukleat
- B. lempeng dasar
- C. kapsid
- D. selubung ekor
- E. selubung protein

7. Perhatikan gambar berikut!



Sumber Gb. (Suwarno, 2009: 25)

Tahapan yang ditunjukkan pada no. 2 dan no. 5 secara berturut-turut adalah ....

- A. penetrasi dan reprodusi
- B. lisis dan penetrasi
- C. penetrasi dan lisis
- D. lisis dan lisogenik
- E. adsorpsi dan lisis

8. Kelompok virus yang menyebabkan penyakit AIDS adalah ....

- A. *rhabdovirus*
- B. *poxvirus*
- C. *paramyxovirus*
- D. *retrovirus*
- E. *togavirus*

9. Penyakit yang ditandai dengan gejala menurunnya jumlah trombosit, lemas, demam, dan bintik merah pada kulit yang disebabkan oleh virus adalah ....

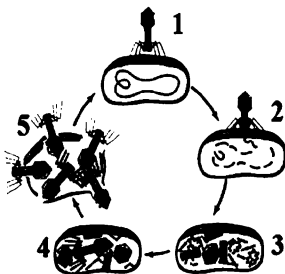
- A. anemia
- B. malaria
- C. kaki gajah
- D. demam berdarah
- E. herpes



- |                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| 10. 1. Hepatitis  | a. HIV                 |
| 2. AIDS           | b. <i>Rhabdo virus</i> |
| 3. Gondong        | c. <i>Poxvirus</i>     |
| 4. Cacar          | d. <i>Mumps virus</i>  |
| 5. Demam berdarah | e. <i>Dengue virus</i> |

Pasangan antara penyakit dan virus yang menyebabkan yang salah adalah ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan b | D. 4 dan c |
| B. 2 dan a | E. 5 dan e |
| C. 3 dan d |            |
11. Virion adalah istilah untuk ....
- partikel virus yang telah memperbanyak diri di dalam sel inang
  - komponen penyusun virus yang menyelubungi asam nukleat
  - materi genetik pada virus
  - partikel virus yang berada di luar sel inang
  - agen infeksi seperti virus tetapi tanpa selubung protein
12. Penyakit AIDS yang disebabkan oleh virus HIV dapat menular melalui ....
- |                       |            |
|-----------------------|------------|
| A. batuk              | D. makanan |
| B. jarum suntik bekas | E. pakaian |
| C. bersentuhan tangan |            |
13. Tahapan yang menunjukkan aktivitas replikasi komponen penyusun virus ditunjukkan oleh nomor ....



Sumber Gb. (Campbell dkk.  
2011: 385)

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4
- E. 5

14. Virus tersusun dari asam nukleat dan selubung protein yang disebut sebagai ....

- A. kepala virus
- B. nukleotida
- C. nukleokapsid
- D. *Deoxyribo Nucleic Acid*
- E. kapsomer

15. *Human Immunodeficiency Virus* adalah jenis virus yang menyerang target, yaitu ....

- A. sel darah merah
- B. sel trombosit
- C. sel monosit
- D. sel limfosit T
- E. sel saraf

16. AIDS disebabkan oleh virus HIV yang merupakan salah satu jenis dari ....

- A. virus bakteri
- B. virus DNA
- C. virus RNA
- D. virus DNA dan RNA
- E. virus tanpa kapsid

17. Salah satu pemanfaatan dari virus adalah sebagai vaksin. Vaksin adalah ....

- A. virus yang sudah dilemahkan
- B. bakteri yang mengandung virus dan sudah mati
- C. cairan berisi virus yang siap bereproduksi
- D. zat yang mengandung virus dan bakteri
- E. suplemen penambah daya tahan tubuh

18. Untuk dapat menyebabkan penyakit pandemik pada manusia, virus influenza tipe H5N1 harus memiliki kemampuan ....

- A. menginfeksi primata seperti monyet dan simpanse
- B. berkembang menjadi virus dengan target inang yang berbeda
- C. berubah menjadi lebih patogen
- D. mudah untuk ditransmisikan dari satu manusia ke manusia lain
- E. berkembang bebas di dalam tubuh ayam ternak

19. Virus yang menyerang manusia dan kera dengan gejala pendarahan di dalam dan di luar tubuh adalah ....
- A. virus herpes
  - B. virus SARS
  - C. virus kanker serviks
  - D. virus campak
  - E. virus ebola
20. Berikut ini pernyataan yang salah mengenai *virion* adalah ....
- A. tidak dapat bereproduksi
  - B. memiliki selubung kapsid
  - C. merupakan bentuk utuh dari virus
  - D. berada bebas di lingkungan
  - E. menempel pada DNA sel inang
21. Berikut pernyataan yang tepat tentang virus *Avian Influenza A (H5N1)* adalah ....
- 1) virus RNA
  - 2) anggota kelompok Orthomyxovirus
  - 3) penyebab penyakit flu burung
  - 4) tidak dapat menular pada manusia
22. Kesamaan tahapan dalam siklus litik dan lisogenik adalah ....
- 1) tahap adsorpsi
  - 2) tahap penetrasi
  - 3) tahap sintesis
  - 4) tahap lisis
23. Berikut ini yang merupakan manfaat virus bagi manusia ....
- 1) Sebagai obat generik
  - 2) Suplemen penambah nafsu makan
  - 3) Meningkatkan perekonomian
  - 4) Sebagai vaksin
24. Berikut ini pernyataan yang tepat mengenai viroid ....
- 1) memiliki asam nukleat
  - 2) pertikel virus yang lengkap
  - 3) tidak memiliki selubung protein
  - 4) memiliki kapsid

25. Enzim yang terlibat dalam tahapan siklus reproduksi semua jenis virus adalah ....
- 1) Enzim RNA polimerase
  - 2) Enzim lisozim
  - 3) Enzim reverse-transcriptase
  - 4) Enzim restriksi
26. SARS merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus jenis Coronavirus.

**SEBAB**

SARS menyerang saluran pernafasan manusia.

27. M. Beijerinck mengatakan agen yang menyebabkan penyakit mosaik pada tembakau sebagai filterable virus atau virus lolos saring.

**SEBAB**

Tanaman sehat yang disemprotkan filtrat ekstrak tembakau berpenyakit menjadi tertular meskipun ekstrak sudah disaring dengan saringan bakteri.

28. Gejala penyakit yang ditimbulkan oleh manusia yang terinfeksi Papilomavirus adalah terjadinya pendarahan di dalam dan di luar tubuh.

**SEBAB**

Papilomavirus dapat menyebabkan penyakit kanker serviks rahim pada wanita.

29. Kesamaan antara viroid dan virion adalah sama memiliki asam nukleat.

**SEBAB**

Viroid dan virion sama – sama memiliki selubung kapsid.

30. Sebelum memasukkan materi genetika ke sel inang, virus terlebih dahulu melekat pada membran sel inang.

**SEBAB**

Sel inang memiliki reseptor protein khusus yang dapat mengenali virus.



# BAKTERI

# 3

Berdasarkan domain, makhluk hidup diklasifikasikan menjadi **3 domain**, yaitu Archaea (Archaeobacteria), **Eubacteria**, dan **Eukarya**. Sebelumnya Archaea dan Bacteria dimasukkan ke dalam satu tingkatan kingdom (kerajaan) yang disebut Monera. Kingdom **Monera** memiliki ciri-ciri antara lain berukuran renik, bersel tunggal (uniseluler), dan tidak memiliki membran inti (prokariotik). Bakteri berasal dari kata bakterion yang artinya batang kecil. Bakteri pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan Belanda yang juga penemu mikroskop, yaitu **Anthony van Leeuwenhoek**. Ilmu yang khusus mempelajari tentang bakteri disebut **bakteriologi**.

## A. EUBACTERIA

Domain Eubacteria dibagi menjadi dua kelompok yaitu **Bacteria** (bakteri) dan **Cyanobacteria** (alga hijau biru). Eubacteria memiliki ciri umum, antara lain:

- ~ Berukuran renik (umumnya 1-5 mikron)
- ~ Organisme uniseluler (bersel satu)
- ~ Tidak memiliki membran inti (prokariotik)
- ~ Inti sel hanya berupa nukleoid
- ~ Dinding sel tersusun dari peptidoglikan

## a. Bentuk Sel Eubacteria

Berdasarkan bentuk, bacteria dikelompokkan menjadi tiga, yaitu kokus (bulat), basil (batang), dan spirilia (spiral).

### 1. Bakteri kokus

- Monokokus, yaitu sel kokus tunggal. Contohnya *Chlamydia trachomatis* penyebab sakit mata.
- Diplokokus, yaitu dua sel kokus berhimpitan. Contohnya *Diplococcus pneumoniae* penyebab radang pneumonia dan *Neisseria gonorrhoeae* penyebab penyakit kelamin gonore atau raja singa.
- Sarkina, yaitu delapan sel bakteri kokus berdempetan membentuk kubus. Contohnya *Thiosarcina rosea* bakteri pada belerang.
- Streptokokus, yaitu lebih dari empat sel bakteri berhimpit membentuk untaian. Contohnya *Streptococcus mutans* penyebab gigi berlubang.
- Stafilocokus, yaitu lebih dari empat sel bakteri kokus membentuk seperti buah anggur. Contohnya *Staphylococcus aureus* penyebab radang paru-paru.

### 2. Bakteri basil

- Monobasil, yaitu berupa sel bakteri basil tunggal. Contohnya, *Escherichia coli* bakteri pada usus besar manusia dan *Propionibacterium acnes* penyebab jerawat.
- Diplobasil, yaitu dua sel bakteri basil berdempetan. Contohnya *Salmonella thyposa* penyebab penyakit tipus.
- Streptobasil, yaitu beberapa sel bakteri basil membentuk rantai. Contohnya *Bacillus anthracis* penyebab penyakit antraks pada ternak dan *Azotobacter* bakteri pengikat nitrogen dalam tanah.

### 3. Bakteri spirila

- Spiral, yaitu sel bakteri yang berbentuk gelombang. Contohnya *Thiospirillopsis floridina* bakteri pada belerang.

- *Vibrio*, yaitu bentuk sel seperti tanda baca koma. Contohnya *Vibrio cholerae* penyebab penyakit kolera.
- *Spiroseta*, yaitu sel berbentuk seperti sekrup. Contohnya *Treponema pallidum* penyebab penyakit kelamin sifilis.

## b. Struktur Anatomi Eubacteria

Struktur dan fungsi dasar dari sel bakteri meliputi:

### 1. Bagian penutup sel

Bagian penutup sel bakteri terdiri dari 3 jenis, yaitu membran plasma, dinding sel, dan kapsul.

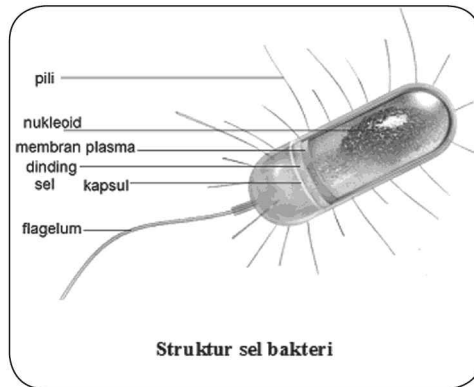
- **Membran plasma** sel bakteri merupakan bagian penutup paling dalam yang mengandung enzim oksidasi atau respirasi dan dapat membentuk lipatan lipatan yang disebut **mesosom**. Mesosom memiliki fungsi yang sama dengan mitokondria pada sel eukariotik, yaitu untuk respirasi sel.
- **Dinding sel** pada bakteri berfungsi untuk melindungi dan memberi bentuk sel. Dinding sel bakteri tersusun dari **peptidoglikan** yaitu gabungan polisakarida dan protein. Polisakarida yang menyusun peptidoglikan adalah N-asetilglukosamin dan N-asetil asam muramat. Namun, ada pula kelompok bakteri yang tidak memiliki dinding sel dan bersifat patogen yaitu *Mycoplasma*.

Berdasarkan ketebalan kandungan peptidoglikan, bakteri dibagi menjadi dua kelompok yaitu bakteri gram positif dan gram negatif.

- **Bakteri gram positif** yaitu bakteri yang memiliki kandungan peptidoglikan yang tebal dan berwarna ungu jika diwarnai dengan pewarnaan Gram. Contohnya *Bacillus sp.*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Vibrio cholerae*, dan *Treponema pallidum*.
- **Bakteri gram negatif** yaitu bakteri yang memiliki kandungan peptidoglikan yang tipis dan berwarna merah jika diwarnai dengan pewarnaan Gram. Contohnya *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Streptococcus mutans*.



- **Kapsul atau lapisan lendir** merupakan lapisan terluar yang banyak mengandung air dan dimiliki oleh beberapa jenis bakteri tertentu. Kapsul berfungsi untuk membantu sel bakteri melekat pada suatu permukaan maupun dengan sel bakteri lainnya, menghindari sistem imunitas pada tubuh manusia, serta melindungi sel saat kekeringan.



Gambar 3.1 Struktur sel bakteri  
Sumber Gb. (Starr dkk., 2010: 248)

## 2. *Bagian sitoplasma*

Sitoplasma merupakan cairan sel. Sitoplasma bakteri tidak mengandung organel seperti pada sel eukariotik, tetapi hanya mengandung **ribosom** dan bagian menyerupai inti sel yang disebut **nukleoid**. Ribosom tersusun dari protein dan asam ribonukleat (RNA) dan berfungsi untuk sintesis protein. Ribosom pada bakteri berukuran lebih kecil dibandingkan dengan ribosom pada domain Eukarya (kelompok makhluk hidup eukariotik). Nukleoid pada bakteri merupakan wilayah yang mengandung materi genetika yaitu asam deoksiribonukleat (DNA). Beberapa bakteri memiliki tambahan DNA lain yang berukuran kecil dan berbentuk sirkuler yang disebut **plasmid**.

## 3. *Struktur tambahan*

Beberapa bakteri memiliki struktur tambahan yaitu flagel, pili dan fimbria, dan endospora.

- **Flagelum** merupakan struktur bulu cambuk mengandung protein pada permukaan sel bakteri. Flagelum berfungsi sebagai alat gerak. Flagelum pada bakteri ada yang berjumlah satu (**monotrik**), banyak flagel di satu sisi saja (**lofotrik**), banyak flagel di kedua ujung sisi (**amfitrik**), dan tersebar di seluruh permukaan (**peritrik**).
- **Pili** merupakan struktur berbentuk rambut halus di permukaan dan berfungsi sebagai penghubung antar sel bakteri saat melakukan konjugasi (pertukaran materi genetik). Pili berukuran lebih pendek dari flagel dan kaku. **Fimbria** merupakan struktur seperti pili tetapi lebih kecil. Pili hanya dimiliki oleh bakteri gram negatif, seperti *Escherichia coli*.
- **Endospora** merupakan spora nonreproduksi yang terbentuk pada jenis bakteri gram positif jika kondisi lingkungan tidak menguntungkan. Endospora berfungsi sebagai pertahanan hidup. Endospora memiliki dinding yang tebal sehingga dapat tahan terhadap radiasi cahaya, suhu panas, kekeringan, dan zat kimia. Contoh bakteri yang dapat membentuk endospora, yaitu *Bacillus sp.* dan *Clostridium sp.*

### c. Cara Hidup dan Reproduksi

Berdasarkan cara memperoleh makanan, bakteri dibedakan menjadi bakteri heterotrof dan bakteri autotrof.

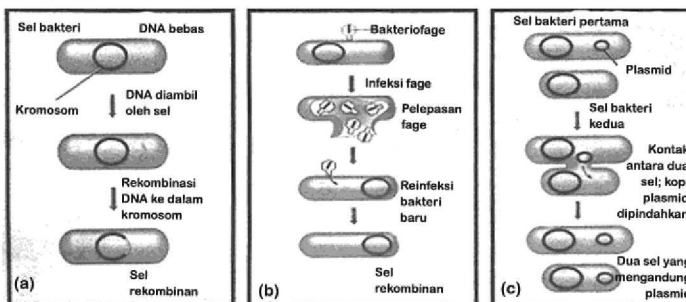
- ~ **Bakteri heterotrof** memperoleh makanan berupa senyawa organik dari organisme lain, baik secara **saprofit** (menguraikan sisa organisme yang sudah mati) maupun **parasit** (memperoleh makanan dari inang yang hidup). Contoh bakteri saprofit seperti *Escherichia coli* dan *Lactobacillus bulgaricus*. Contoh bakteri parasit adalah *Mycobacterium tuberculosis* penyebab TBC, *Clostridium tetani* penyebab tetanus, dan *Bacillus anthracis* penyebab penyakit antraks pada ternak.
- ~ **Bakteri autotrof** adalah bakteri yang mampu membuat makanan sendiri. Bakteri autotrof dibedakan menjadi bakteri fotoautotrof dan bakteri kemoautotrof. **Bakteri fotoautotrof** yaitu bakteri yang menggunakan energi cahaya matahari untuk

membuat makanan. **Bakteri kemoautorof** yaitu bakteri yang menggunakan energi kimia untuk membuat makanan. Energi kimia diperoleh dari proses oksidasi senyawa anorganik.

Bakteri ada yang memerlukan oksigen (aerob) ada yang tidak memerlukan oksigen (anaerob) untuk merombak makanannya.

- ~ **Bakteri aerob** contohnya bakteri perombak nitrogen di dalam tanah seperti *Nitrosococcus*, *Nitrosomonas*, dan *Nitrobacter*. *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* merupakan bakteri nitrit, yaitu yang mengubah  $\text{NH}_3$  (amonia) menjadi  $\text{NO}_2^-$  (nitrit). *Nitrobacter* adalah bakteri yang mengubah  $\text{NO}_2^-$  (nitrit) menjadi  $\text{NO}_3^-$  (nitrat).
- ~ **Bakteri anaerob** melakukan **fermentasi** untuk memperoleh energi dan merombak makanan. Bakteri anaerob dibedakan menjadi *bakteri anaerob obligat* (hanya dapat hidup jika tidak ada oksigen) seperti bakteri metana (*Methanobacterium*) serta bakteri tetanus (*Clostridium tetani*), dan **bakteri anaerob fakultatif** (tetap dapat hidup jika ada maupun tidak ada oksigen) seperti *Escherichia coli* dan *Lactobacillus*.

Bakteri memperbanyak diri dengan reproduksi seksual maupun aseksual. Reproduksi aseksual dilakukan dengan melakukan **pembelahan biner**, yaitu setiap sel dapat membelah menjadi dua. Sedangkan reproduksi seksual dilakukan dengan pertukaran materi genetik (rekombinasi DNA) secara **transformasi**, **transduksi**, dan **konjugasi**.



Gambar 3.2 Reproduksi seksual pada bakteri  
Sumber Gb. (Aryulina dkk., 2004: 67)

#### d. Cyanobacteria

Kelompok lain dalam domain Eubacteria yaitu **Cyanobacteria** atau ganggang/algahijau biru. Cyanobacteria dibedakan dari Bacteria karena memiliki ciri khusus yaitu habitat di air, tidak memiliki alat gerak sehingga hidup bersifat planktonik, serta **memiliki pigmen klorofil** sehingga dapat melakukan fotosintesis yang menghasilkan oksigen. Bentuk tubuh Cyanobacteria ada yang bulat dan ada yang berbentuk benang (filamen).

Cyanobacteria berbentuk filamen memiliki tiga macam sel utama, yaitu heterokista, akinet, dan baeosit. **Heterokista** adalah sel yang berfungsi untuk mengikat nitrogen. **Akinet** adalah sel spora yang berfungsi untuk pertahanan diri. Sedangkan **baeosit** merupakan sel hasil reproduksi yang mengandung klorofil. Sel baru dapat dibentuk dengan pembelahan biner, fragmentasi bagian filamen (**hormogonia**), dan pembentukan spora akinet.

Cyanobacteria memiliki warna yang beraneka ragam karena mengandung pigmen fikosianin, fikoeritrin, serta klorofil. Cyanobacteria hidup secara autotrof dan menghasilkan oksigen dalam proses fotosintesis. Pigmen fotosintesis pada Cyanobacteria disebut juga sebagai **bakterioklorofil** atau **bakteriopurpurin**.

Cyanobacteria berwarna hijau-biru seperti *Anabaena* menyebabkan air danau tampak kehijauan dan Cyanobacteria merah seperti *Oscillatoria rubescens* membuat laut di Timur Tengah berwarna merah atau biasa dikenal sebagai Laut Merah. Beberapa jenis Cyanobacteria dapat memfiksasi (mengikat) nitrogen bebas seperti *Anabaena azollae* yang bersimbiosis dengan paku air *Azolla pinata*, serta *Nostoc* yang bersimbiosis dengan jamur membentuk lumut kerak (*lichen*).

## B. ARCHAEABACTERIA

Archaeobacteria merupakan kelompok bakteri yang tidak mengandung peptidoglikan pada dinding selnya dan secara biokimia berbeda dengan Eubacteria. Archaeobacteria hidup di habitat yang ekstrim yang mirip dengan lingkungan kehidupan

awal di bumi. Berdasarkan habitatnya, Archaeobacteria dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu :

**a. Bakteri metanogen.**

Bakteri metanogen merupakan kelompok Archaeobacteria yang menghasilkan metana serta bersifat anaerob. Metana merupakan produk oksidasi gas hidrogen menggunakan CO<sub>2</sub>. Bakteri metanogen dapat ditemukan di rawa sebagai pengurai dan pada usus binatang, contohnya adalah *Methanobacterium*.

**b. Bakteri halofil.**

Bakteri halofil hidup dilingkungan dengan salinitas (kadar garam) yang tinggi sekitar 20 ppm, heterotrof, dan merupakan bakteri aerob. Bakteri halofil mengandung **bakteriorhodopsin** yang menyebabkan warna merah. Contoh bakteri halofil adalah *Halobacterium* dan *Halococcus* yang dapat ditemukan di Laut Mati.

**c. Bakteri termoasidofil.**

Bakteri termoasidofil hidup di habitat yang asam pada kisaran pH 2-4 dan bertemperatur tinggi. Bakteri termoasidofil seperti *Sulfolobus* dapat hidup sampai suhu 90°C, sedangkan *Pyrolobus fumarii* dapat hidup di area *hydrothermal vent* laut dalam dengan suhu hingga 113°C.

## **C. BAKTERI DALAM KEHIDUPAN**

**a. Bakteri yang Menguntungkan**

- ~ *Rhizobium* bersimbiosis pada akar polong-polongan dan *Azotobacter* yang terdapat bebas di dalam tanah dapat mengikat nitrogen sehingga dapat menyuburkan tanah.
- ~ *Escherichia coli* membantu pembusukan makanan di dalam usus besar.
- ~ *Lactobacillus bulgaricus* untuk pembuatan yogurt dan *Lactobacillus casei* untuk pembuatan keju.
- ~ *Acetobacter xylium* dimanfaatkan untuk pembuatan *nata de coco*.

*Acetobacter sp.* dimanfaatkan untuk mengubah air cuka menjadi alkohol dan alkohol menjadi asam cuka.

- ~ *Bacillus polymyxa* dan *Bacillus subtilis* untuk antibiotik.
- ~ *Streptomyces griseus* penghasil antibiotik streptomisin.
- Streptomyces aureofaciens* penghasil antibiotik aureomisin.
- Streptomyces venezuelae* penghasil antibiotik kloramfenikol.
- Streptomyces rimosus* penghasil antibiotik tetrasiklin.
- ~ *Methanobacterium* menghasilkan metana dari kotoran hewan untuk biogas.

## b. Bakteri yang Merugikan

### AYO DIINGAT!

Tipe flagel pada bakteri.

MONa L A PER → dibaca "mona laper"

**MON** : Monotrik

**L** : Lofotrik

**A** : Amfitrik

**PER** : Peritrik

1. *Bakteri patogen pada manusia*
  - *Salmonella typhosa* penyebab penyakit tipus
  - *Shigella dysenteriae* penyebab penyakit disentri
  - *Neisseria meningitidis* penyebab penyakit meningitis
  - *Neisseria gonorrhoeae* penyebab penyakit kencing nanah/ raja singa
  - *Mycobacterium tuberculosis* penyebab penyakit TBC
  - *Mycobacterium leprae* penyebab penyakit lepra
  - *Clostridium tetani* penyebab tetanus

- *Vibrio cholerae* penyebab penyakit kolera
  - *Diplococcus pneumoniae* penyebab radang pneumonia pada paru-paru
2. *Bakteri patogen pada hewan*
- *Actinomices bovis* penyebab bengkak rahang pada sapi
  - *Bacillus anthrax* penyebab penyakit antraks pada ternak
  - *Cytopage columnaris* penyebab penyakit pada ikan
3. *Bakteri patogen pada tumbuhan*
- *Agrobacterium tumefaciens* penyebab tumor pada tumbuhan
  - *Xanthomonas oryzae* menyerang pucuk batang padi
  - *Xanthomonas campestris* menyerang tanaman kubis
  - *Pseudomonas solanacearum* layu pada terung-terungan
  - *Erwina carotovora* penyebab busuk pada buah-buahan

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Kandungan spesifik dinding sel bakteri adalah ....
- |                  |           |
|------------------|-----------|
| A. peptidoglikan | D. pektin |
| B. selulosa      | E. lignin |
| C. kitin         |           |

**Jawaban: A**

Senyawa penyusun dinding sel tumbuhan secara umum terbentuk dari selulosa, akan tetapi kandungan spesifik dinding sel bakteri adalah peptidoglikan.

2. Bakteri dapat hidup pada berbagai macam habitat. Jika keadaan lingkungan tidak sesuai, maka bakteri akan membentuk ....
- |                                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| A. selaput lendir dan endospora | D. flagela dan kapsid   |
| B. kapsid dan endospora         | E. endospora dan kapsid |
| C. flagela dan selaput lendir   |                         |

**Jawaban: A**

Dalam lingkungan yang tidak sesuai bakteri akan melindungi diri dengan selaput lendir, atau protoplasma bakteri akan terkonsentrasi menjadi struktur yang kecil dengan dinding tebal. Bakteri dalam bentuk demikian disebut endospora.

3. Bakteri aerob yang hidup dalam tanah dan mampu mengoksidasi amoniak menjadi senyawa nitrit adalah ....
- A. *Azotobacter* dan *Rhizobium*
  - B. *Nitrosomonas* dan *Bacillus*
  - C. *Nitrobacter* dan *Nitrosomonas*
  - D. *Nitrosococcus* dan *Nitrosomonas*
  - E. *Bacillus* dan *Clostridium*

**Jawaban: D**

Proses pembentukan ion nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dari amoniak dalam tanah oleh bakteri aerob disebut proses nitrifikasi. Bakteri yang terlibat adalah *Nitrosococcus* dan *Nitrosomonas*.

4. Penyebab penyakit surra pada ternak adalah ....
- A. *Trypanosoma evansi*
  - B. *Trypanosoma crusi*
  - C. *Leishmania donovani*
  - D. *Trypanosoma rhodesiense*
  - E. *Leishmania brasiliensis*

**Jawaban: A**

Penyebab penyakit surra pada ternak adalah *Trypanosoma evansi*. Yang hidup pada plasma darah hewan ternak. Vektornya adalah lalat tabanus.

5. Pada pemeriksaan air minum untuk memeriksa ada tidaknya pencemaran oleh tinja manusia digunakan tolok ukur kehadiran salah satu bakteri usus yang bukan patogen tetapi keluar bersama tinja, yaitu ....
- A. *Vibrio cholerae*
  - B. *Escherichia coli*
  - C. *Salmonella typhi*
  - D. *Balantidium coli*
  - E. *Streptomyces sp.*

**Jawaban: B**



*Escherichia coli* merupakan bakteri yang melakukan simbiosis mutualisme dan hidup pada kolon (usus besar) manusia. *Escherichia coli* membantu pembusukan makanan dan juga membantu pembentukan vitamin K dan E. *Escherichia coli* keluar bersama tinja.

6. Bakteri mempunyai plasmid yang merupakan ....
- |                   |            |
|-------------------|------------|
| A. enzim          | D. protein |
| B. polinukleotida | E. DNA     |
| C. lemak          |            |

**Jawaban: E**

Bakteri mempunyai DNA di luar intinya disebut plasmid. Plasmid ini bisa melakukan replikasi dan transkripsi sendiri.

7. Bakteri yang memiliki flagela di kedua sisi tubuhnya dikelompokkan ke dalam bakteri ....
- |             |             |
|-------------|-------------|
| A. monotrik | D. peritrik |
| B. ampitrik | E. lofotrik |
| C. eksotrik |             |

**Jawaban: B**

Salah satu pengelompokkan bakteri adalah dengan melihat jumlah dan letak flagela pada tubuhnya. Monotrik adalah bakteri yang memiliki satu flagela, Lopotrik mempunyai banyak flagela yang terletak pada satu sisi tubuh. Amfitrik mempunyai flagela di kedua sisi tubuh. Peritrik yang mempunyai banyak flagela yang tersebar di sisi tubuhnya.

8. Proses berikut ini merupakan cara mengawetkan makanan agar tidak mudah busuk akibat bakteri, *kecuali* ....
- |                             |                |
|-----------------------------|----------------|
| A. pasteurisasi             | D. diberi air  |
| B. diberi garam (diasinkan) | E. dikeringkan |
| C. dibekukan                |                |

**Jawaban : D**

Makanan mudah rusak (busuk) akibat terkontaminasi bakteri. Bakteri ini umumnya hanya hidup dalam kisaran kondisi yang tidak ekstrem. Beberapa cara dapat dilakukan agar bahan makanan tidak dijadikan tempat hidup bakteri, sehingga makanan dapat awet. Makanan dapat diawetkan misalnya dengan diberi garam (ikan asin), diberi gula (dodol), diberi asam (acar), dikeringkan (kerupuk), dibekukan (daging beku, dimasukkan *freezer*), dipanaskan (susu, pemanasan pada suhu 70°C selama 15 menit yang dikenal sebagai pasteurisasi), dikalengkan dan diberi bahan pengawet asam benzoat (ikan sarden, kornet).

9. Bakteri nitrifikasi tumbuh subur di tanah yang ....
- A. gembur dan penuh bahan organik
  - B. liat dan penuh bahan organik
  - C. gembur dan penuh bahan anorganik
  - D. liat dan penuh bahan anorganik
  - E. liat dan gembur penuh bahan anorganik

**Jawaban: C**

Bakteri nitrifikasi proses pembentukan senyawa nitrat dalam tanah. Bakteri nitrifikasi merupakan bakteri aerob, yaitu membutuhkan oksigen untuk hidupnya. Oksigen ini akan digunakan oleh bakteri nitrifikasi untuk mengoksidasi senyawa amonia dan asam nitrit. Energi hasil oksidasi tersebut akan dimanfaatkan untuk asimilasi karbon. Dengan demikian, bakteri ini bersifat kemoautotrof. Tanah yang kaya akan oksigen umumnya adalah tanah yang gembur sebab ikatan molekul-molekul tanahnya lebih renggang daripada tanah yang liat. Maka bakteri nitrifikasi hidup dengan subur pada tanah yang gembur dan penuh bahan anorganik.

10. Cyanobacteria (ganggang hijau biru) mempunyai sel untuk mengikat nitrogen yang disebut ....

A. endospora

D. baeosit

B. akinet

E. heterokista

C. bakteriopurpurin

**Jawaban: E**

Cyanobacteria berbentuk filamen memiliki tiga macam sel utama, yaitu heterokista, akinet, dan baeosit. Heterokista adalah sel yang berfungsi untuk mengikat nitrogen. Akinet adalah sel spora yang berfungsi untuk pertahanan diri. Sedangkan baeosit merupakan sel hasil reproduksi yang mengandung klorofil.

# LATIHAN SOAL 3

1. Beberapa jenis bakteri memiliki kemampuan bergerak secara aktif. Struktur sel bakteri yang menunjang kemampuan tersebut adalah ....
  - A. kapsul
  - B. pilus
  - C. flagelum
  - D. klorosom
  - E. ribosom
2. Hal utama yang membedakan Eubacteria dan Archaeobacteria adalah ....
  - A. Eubacteria tidak memiliki dinding sel
  - B. Eubacteria memiliki dinding sel yang lebih tipis
  - C. Eubacteria memiliki dinding sel yang mengandung lipid
  - D. Eubacteria memiliki dinding sel yang mengandung peptidoglikan
  - E. Eubacteria tidak memiliki dinding sel yang mengandung peptidoglikan
3. Organel pada bakteri yang berperan dalam pembentukan energi, yaitu ....
  - A. kapsul
  - B. ribosom
  - C. mesosom
  - D. dinding sel
  - E. mitokondria
4. Pembuatan *nata de coco* memanfaatkan bakteri ....
  - A. *Azotobacter*
  - B. *Rhodospirillum*
  - C. *Lactobacillus casei*
  - D. *Acetobacter xylinum*
  - E. *Streptomyces griseus*

5. Pemindahan materi genetik secara langsung melalui kontak sel dengan pili membentuk struktur seperti jembatan di antara dua sel bakteri yang berdekatan disebut ....
  - A. transformasi
  - B. konjugasi
  - C. transduksi
  - D. fragmentasi
  - E. pembelahan biner
6. Berdasarkan kebutuhan oksigen pada saat respirasi, termasuk bakteri ....
  - A. aerob
  - B. fotoautotrof
  - C. kemoautotrof
  - D. anaerob obligat
  - E. anaerob fakultatif
7. Suatu bakteri diamati di bawah mikroskop dan terlihat berwarna merah setelah dilakukan pewarnaan Gram. Bakteri tersebut termasuk ....
  - A. bakteri gram positif dan memiliki peptidoglikan tebal
  - B. bakteri gram negatif dan memiliki peptidoglikan tebal
  - C. bakteri gram positif dan memiliki peptidoglikan tipis
  - D. bakteri gram negatif dan memiliki peptidoglikan tipis
  - E. bakteri gram negatif dan tidak mengandung peptidoglikan
8. Individu baru ganggang hijau biru dapat dihasilkan dengan fragmentasi bagian ....
  - A. akinet
  - B. heterokista
  - C. DNA
  - D. hormogonia
  - E. spora
9. Berikut ini yang tidak termasuk kelompok Archaeobacteria adalah ....
  - A. bakteri metanogen
  - B. halobakteria
  - C. bakteri termoasidofil
  - D. bakteriofag
  - E. bakteri halofil
10. Ciri yang paling membedakan antara bakteri dan ganggang hijau biru adalah ....
  - A. bakteri dapat melakukan pembelahan sel, ganggang hijau biru tidak

- B. bakteri tidak memiliki membran inti, ganggang hijau biru memiliki membran inti
  - C. bakteri umumnya bersifat heterotrof, ganggang hijau biru bersifat autotrof
  - D. bakteri hidup bersimbiosis, ganggang hijau biru tidak
  - E. bakteri tidak bergerak, ganggang hijau biru bergerak
11. Di bawah ini yang bukan merupakan ciri dari kingdom Monera adalah ....
- A. bersifat prokariotik
  - B. tidak memiliki organel sel
  - C. tidak memiliki membran inti
  - D. berkembang biak secara mitosis
  - E. dinding sel lignin
12. Berikut contoh bakteri berbentuk spiroseta yang benar adalah ....
- A. *Diplococcus pneumoniae*
  - B. *Treponema pallidum*
  - C. *Vibrio cholerae*
  - D. *Bacillus subtilis*
  - E. *Mycoplasma*
13. Bakteri yang terlibat dalam daur nitrogen di alam, kecuali ....
- A. *Rhizobium*
  - B. *Azotobacter*
  - C. *Nitrobacter*
  - D. *Nitrosococcus*
  - E. *Acetobacter*
14. Bakteri yang mampu mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik yang diperlukan oleh tubuh disebut ....
- A. bakteri autotrof
  - B. bakteri heterotrof
  - C. bakteri aerob
  - D. bakteri anaerob
  - E. bakteri saprofit
15. Senyawa polisakarida dan protein yang menyusun dinding sel pada bakteri disebut ....
- A. mikrobakteri
  - B. bakteriofage
  - C. peptidoglikan
  - D. makrobakteri
  - E. lipopolisakarida

16. Bakteri dapat melakukan reproduksi secara seksual dengan cara ....
- A. membentuk spora
  - B. konjugasi
  - C. pembelahan biner
  - D. fragmentasi
  - E. proliferasi
17. Salah satu Eubacteria yang dapat hidup di tempat lembap, seperti di atas tanah, tembok, sawah, parit, atau laut, serta mempunyai klorofil a untuk fotosintesis dan fikosianin adalah ....
- A. ganggang merah
  - B. ganggang hijau biru
  - C. ganggang hijau
  - D. ganggang pirang
  - E. ganggang cokelat
18. Bakteri dapat melakukan reproduksi secara transduksi melalui organisme lain, yaitu ....
- A. manusia
  - B. hewan ternak
  - C. protista
  - D. fungi
  - E. virus
19. Jenis polisakarida yang menyusun dinding sel Eubacteria adalah ....
- A. N-asetilamino
  - B. N-asetilglukosamin
  - C. N-asamasetat
  - D. N-asetaldehida
  - E. N-asetilglisepida
20. Pemanfaatan Archaeobacteria untuk pembuatan biogas dari kotoran hewan ternak dapat dilakukan oleh ....
- A. bakteri halofil ekstrim
  - B. bakteri termoasidofil
  - C. bakteriofage
  - D. bakteri metanogen
  - E. bakteri hipertermofil
21. Beberapa jenis penyakit yang disebabkan oleh bakteri adalah ....
- 1) gonorea
  - 2) kolera
  - 3) tipus
  - 4) influenza
22. Bakteri yang hidup di dalam tanah dan mampu mengoksidasi amonia menjadi senyawa nitrit adalah ....
- 1) nitrosococcus
  - 2) nitrobacter
  - 3) nitrosomonas
  - 4) rhizobium

23. Persamaan ciri yang dimiliki Eubacteria dengan Archaeobacteria adalah ....
- 1) hanya memiliki organel ribosom
  - 2) prokariotik
  - 3) uniseluler
  - 4) dinding sel peptidoglikan
24. Pernyataan yang sesuai dengan kelompok bakteri gram negatif adalah ....
- 1) peptidoglikan tipis
  - 2) sebagian besar patogen
  - 3) memiliki dua lapis membran
  - 4) membentuk endospora
25. Beberapa cara untuk mencegah pertumbuhan bakteri adalah ....
- 1) sterilisasi
  - 2) pasteurisasi
  - 3) pembekuan
  - 4) pengasinan
26. Bakteri *Escherichia coli* hidup di dalam usus dan membahayakan kesehatan.

**SEBAB**

Bakteri *E. coli* yang mencemari perairan tidak diinginkan.

27. Bakteri *Nitrosococcus* dan *Nitrosomonas* berperan dalam menyuburkan tanah.

**SEBAB**

*Nitrosococcus* dan *Nitrosomonas* adalah bakteri yang dapat memfiksasi nitrogen bebas di udara.

28. Proses nitrifikasi adalah perubahan amonia menjadi senyawa nitrat oleh adanya bakteri *Nitrosomonas* di tanah.

**SEBAB**



Senyawa nitrat yang larut dalam air akan diserap akar tumbuhan yang kemudian akan diubah menjadi asam amino esensial.

29. Clostridium tetani merupakan bakteri yang bersifat anaerob obligat.

**SEBAB**

Bakteri Clostridium tetani akan membentuk spora apabila dipanaskan sampai suhu tertentu.

30. Peptidoglikan merupakan senyawa khas yang menyusun dinding sel Archaeobacteria.

**SEBAB**

Archaeobacteria merupakan kelompok bakteri yang dapat melakukan fotosintesis.



# PROTISTA

# 4

Kingdom Protista mencakup semua eukariotik yang bukan termasuk tumbuhan, hewan, atau jamur. Eukariotik merupakan organisme yang inti selnya terlindungi oleh selaput inti sel. Tubuh Protista memiliki jaringan tubuh yang sederhana yang tersusun oleh satu sel (uniseluler) atau banyak sel (multiseluler). Hampir semua Protista hidup di air, baik air tawar maupun air laut, dan beberapa yang hidup pada jaringan hewan lain.

Protista ada yang memiliki ciri-ciri seperti hewan, seperti tumbuhan, dan seperti jamur. Protista mirip hewan dapat bergerak bebas dengan alat gerak yang khusus. Protista mirip tumbuhan memiliki klorofil sehingga mampu berfotosintesis. Protista mirip jamur memiliki siklus hidup dengan fase muda seperti Amoeba dan reproduksinya mirip jamur.

Protista menduduki peranan yang penting bagi kehidupan lainnya. Beberapa Protista merupakan kelompok organisme autotrof sehingga mampu memberikan energi bagi makhluk hidup heterotrof. Banyak anggota Protista yang enak dimakan dan menjadi sumber protein alternatif bagi manusia. Ada pula yang dapat diolah menjadi minuman, menghasilkan bahan-bahan industri, dan membantu menyuburkan tanah. Namun, tak sedikit Protista yang merugikan organisme lain karena bersifat parasit dan membawa penyakit.

## A. PROTISTA MIRIP HEWAN

Protista yang menyerupai hewan dikenal dengan sebutan Protozoa. Protozoa berasal dari kata proto (mula-mula) dan zoon (hewan) karena dahulu dianggap organisme yang pertama kali terbentuk di bumi.

Ciri-ciri Protozoa, antara lain:

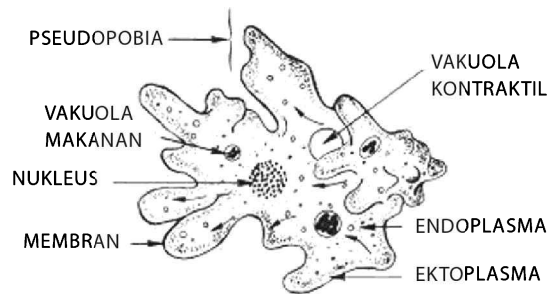
- ~ Berukuran mikroskopis, antara 3-1.000 mikron
- ~ Sel umumnya terdiri dari membran sel, sitoplasma, vakuola makanan, vakuola kontraktil, dan inti sel
- ~ Tidak memiliki dinding sel
- ~ Tidak memiliki kloroplas
- ~ Bersifat heterotrof, beberapa ada yang saprofit
- ~ Umumnya memiliki alat gerak khusus, seperti kaki semu, bulu cambuk, dan bulu getar
- ~ Reproduksi seksual dengan konjugasi dan aseksual dengan pembelahan biner
- ~ Di tempat basah yang kaya organik, baik di laut maupun air tawar.

Jenis protozoa yang sangat beragam dikelompokkan ke dalam empat kelas berdasarkan alat geraknya, yaitu Rhizopoda, Ciliata, Flagellata, dan Sporozoa.

### a. Rhizopoda

Rhizopoda merupakan Protozoa yang memiliki alat gerak berupa kaki akar/kaki semu/*pseudopodia*. Bentuk sel Rhizopoda berubah-ubah saat diam dan bergerak. Rhizopoda melakukan reproduksi aseksual dengan pembelahan biner. Apalagi kondisi tidak menguntungkan, maka Rhizopoda akan membentuk kista. Umumnya, Rhizopoda hidup bebas di tanah yang lembab dan di lingkungan air, baik di air tawar maupun laut.

Contoh Rhizopoda antara lain *Amoeba proteus* yang hidup bebas di tanah, *Diffugia* yang hidup di air tawar, *Entamoeba histolytica*, penyebab penyakit disentri, serta *Entamoeba gingivalis* yang hidup di dalam mulut manusia dan merupakan salah satu penyebab radang pada gusi.

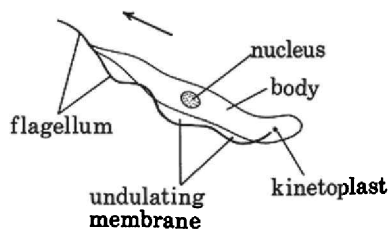


Gambar 4.1 Struktur Amoeba.  
Sumber Gb.: en.wikipedia.com

## h. Flagellata

Flagellata bergerak menggunakan bulu cambuk atau *flagel*. Bentuk tubuh flagellata tetap karena dilindungi oleh pelikel. Flagellata berkembang biak secara pembelahan biner membujur. Di antara Flagellata ada yang hidup bebas, ada pula yang hidup bersimbiosis dalam tubuh hewan, tetapi kebanyakan bersifat parasit bergerak menggunakan bulu cambuk.

Contoh Flagellata yang menjadi parasit yaitu *Leishmania donovani* (parasit pada manusia menyebabkan penyakit kalaazar, *L. braciensis* (menyebabkan penyakit kulit pada manusia), *Trypanosoma evansi* (penyakit sura pada hewan ternak), *T. Gambiense* (penyakit tidur pada manusia), dan *Trichomonas vaginalis* (penyakit pada alat kelamin wanita).

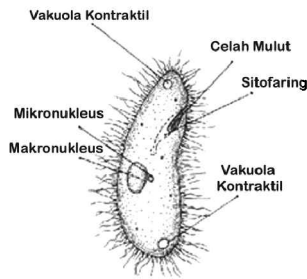


Gambar 4.2 Struktur Flagellata.

Sumber gb.: fao.or

### c. Ciliata

Ciliata bergerak menggunakan bulu getar (*silia*), Silia terdapat di seluruh permukaan tubuh, tetapi ada pula yang hanya tumbuh pada bagian tertentu dari tubuh hewan tersebut. Ciliata berkembang biak secara asexual dengan pembelahan biner membujur. Reproduksi seksual dilakukan dengan konjugasi. Ciliata umumnya hidup bebas di lingkungan berair yang banyak mengandung bahan organik, dan ada pula yang hidup parasit. Ciliata yang hidup bebas contohnya : *Paramecium caudatum*, *Didinium*, *Stentor*, dan *Vorticella*. Balantidium hidup sebagai parasit pada usus besar ternak atau manusia.



Gambar 4.3 Struktur Ciliata  
Sumber gb.: bi.umass.edu

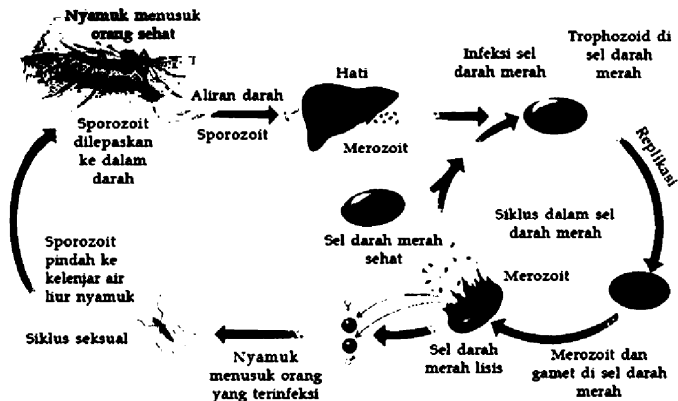
### d. Sporozoa

Sporozoa tidak memiliki alat gerak. Semua Sporozoa merupakan parasit. Contoh Sporozoa antara lain *Toxoplasma gondii* yang menyebabkan penyakit Toksoplasmosis dan *Plasmodium* yang menyebabkan penyakit malaria. Dikenal empat jenis *Plasmodium* yang menyebabkan penyakit malaria, yaitu *Plasmodium vivax* yang menyebabkan penyakit malaria tertiana, *Plasmodium falciparum* (penyakit malaria tropikana), dan *Plasmodium malariae* (penyakit malaria kuartana).

*Plasmodium* mengalami dua fase dalam siklus hidupnya, yaitu fase sporogoni dan fase skizogoni. Fase sporogoni adalah fase ketika *Plasmodium* berkembang biak membentuk spora di tubuh nyamuk *Anopheles* betina. Spora *Plasmodium* disebut *sporozoit*.

Fase skizogoni terjadi jika sporozoit masuk ke dalam tubuh manusia, ke pembuluh darah menuju hati. Di hati, sporozoit membelah secara mitosis dan membentuk merozoit. Merozoit kemudian menyerang eritrosit. Pada tahap ini, merozoit disebut *tropozoit*. Tropozoit yang pecah akan menghasilkan merozoit. Begitu seterusnya hingga masa sporulasi selesai.

Pada saat merozoit menyerang eritrosit, racun dikeluarkan dari dalam tubuh manusia sehingga menyebabkan tubuh manusia menjadi demam. Merozoit ini dapat juga membentuk gametosit apabila terisap oleh nyamuk (pada saat menggigit) sehingga siklusnya akan terulang lagi dalam tubuh nyamuk, demikian seterusnya.



Gambar 4.4 Siklus hidup *Plasmodium* sp.  
Sumber gb.: biloi-indonesia.blogspot.com

## B. PROTISTA MIRIP TUMBUHAN

Protista mirip tumbuhan dikenal dengan sebutan Alga. Alga memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

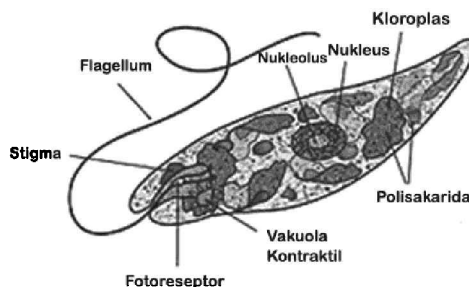
- ~ Uniseluler atau multiseluler
- ~ Tubuh berbentuk talus, tidak memiliki akar, batang, dan daun yang sejati
- ~ Memiliki plastida, terutama kloroplas untuk fotosintesis

- ~ Bersifat autotrof
- ~ Ada yang hidup sendiri (soliter) atau berkoloni
- ~ Reproduksi seksual dengan penyatuan dua gamet yang berbeda jenis sedangkan reproduksi aseksual dengan pembelahan biner, fragmentasi, dan pembentukan spora
- ~ Habitat di air tawar, air laut, atau menempel pada tempat yang basah dan lembab.

Berdasarkan pigmen dominan yang dimilikinya, alga dibedakan menjadi beberapa divisi, antara lain:

### a. Euglenophyta

Euglenophyta sejatinya memiliki ciri yang menyerupai hewan maupun tumbuhan. Dianggap mirip hewan karena memiliki satu bulu cambuk yang keluar dari mulutnya. Dianggap mirip tumbuhan karena memiliki klorofil dan mampu berfotosintesis. Euglenophyta memiliki bintik mata berbentuk piringan yang dilapisi pigmen merah (fikobilin) yang berfungsi sebagai fotoreseptor.



Gambar 4.5 Struktur Euglena  
Sumber gb.: en.wikipedia.org

Contoh Euglenophyta yang terkenal adalah *Euglena*. *Euglena* dapat dijumpai di air tawar, di sawah, atau di air yang tergenang. *Euglena* memperoleh makanan dengan fotosintesis dan dengan memakan zat-zat organik. Reproduksi dengan pembelahan biner.

## b. Chlorophyta

Chlorophyta atau ganggang hijau merupakan ganggang uniseluler maupun multiseluler yang memiliki klorofil yang dominan sehingga berwarna hijau. Selain klorofil a dan klorofil b, terdapat pula pigmen karotin dan xantofil. Jenis ganggang ini hampir 90 % hidup di air tawar dan 10 % hidup di laut sebagai plankton, menempel pada batuan atau tumbuhan lain.

Jenis-jenis ganggang hijau dikelompokkan menjadi:

1. *Ganggang bersel satu tidak bergerak*
  - *Chlorella sp.* berbentuk bulat, hidup di air tawar atau air laut, reproduksi secara vegetatif dengan membelah diri, digunakan untuk mempelajari fotosintesis.
  - *Chloococcum sp.* berbentuk bulat, hidup di air tawar, reproduksi secara vegetatif dengan membentuk zoospora secara generatif dengan isogami.
2. *Bersel satu bergerak*

*Chlamydomonas sp.* berbentuk bulat telur, memiliki dua flagel, kloroplasnya berbentuk mangkok atau pita mengandung pyrenoid dan sigma. Reproduksi dengan membelah diri dan konjugasi.
3. *Berbentuk koloni yang bergerak*

*Volvox globator*, bentuk koloninya menyerupai bola yang tersusun atas ribuan *Volvox* yang satu dengan yang lain dihubungkan oleh benang-benang sitoplasma.
4. *Berbentuk koloni yang tidak bergerak*

*Hydrodictyon sp.* koloninya berbentuk jala, banyak ditemukan di air tawar, reproduksinya secara vegetatif dengan fragmentasi dan secara generatif dengan konjugasi.
5. *Berbentuk benang*

*Spirogyra sp.* kloroplasnya berbentuk spiral, hidup di air tawar, reproduksinya secara vegetatif dengan konjugasi.
6. *Berbentuk lembaran*

*Ulva* hidup di laut menempel pada batu, dapat dimakan.



### C. Rhodophyta

Merupakan ganggang yang tubuhnya bersel banyak (multiseluler), memiliki klorofil a dan b dengan pigmen dominan merah (fikoeritrin) dan karotin. Bentuk tubuh yang menyerupai tumbuhan tinggi dan hidup di laut banyak dimanfaatkan manusia untuk bahan makanan agar-agar. Cara reproduksi ganggang merah secara vegetatif dengan membentuk spora dan secara generatif dengan **anisogami**.

Jenis-jenis alga merah yang terkenal antara lain:

1. *Euchema spinosum*  
sebagai bahan pembuat agar-agar, banyak terdapat di perairan Indonesia.
2. *Gelidium sp.* dan *Gracilaria sp.*  
sebagai bahan pembuatan agar-agar, banyak terdapat di perairan negara yang agak dingin.

### d. Phaeophyta

Umumnya, ganggang coklat bersel banyak (multiseluler), dengan pigmen coklat (fukosantin) yang dominan disamping memiliki klorofil a dan b. Bentuk tubuhnya yang menyerupai tumbuhan tingkat tinggi karena memiliki bagian menyerupai akar, batang, dan daun membuat ganggang ini mudah dikenali. Banyak ditemukan di pantai atau perairan laut dangkal. Cara reproduksi ganggang coklat secara vegetatif dengan fragmentasi dan generatif melalui isogami atau oogami.

Jenis-jenis alga coklat, antara lain:

1. *Laminaria*  
Memiliki batang, daunnya berbentuk lembaran, mengandung yodium dan asam alginat.
2. *Macrocystis*  
Menghasilkan yodium dan asam alginat yang berfungsi sebagai bahan industri.

3. *Sargassum*  
Daun berbentuk lembaran, di antara batang dan tangkainya terdapat gelembung udara.
4. *Fucus*  
Bentuk daun berupa lembaran

#### **e. Chrysophyta**

Chrysophyta atau ganggang keemasan memiliki struktur bersel satu (uniseluler) dan bersel banyak (multiseluler). Memiliki klorofil a dan b serta pigmen dominan keemasan (karotin) dan fukosantin. Chrysophyta dapat dijumpai hidup di air tawar.

Jenis-jenis ganggang keemasan, antara lain:

1. *Bersel tunggal*
  - *Ochromonas*, bentuknya seperti bola, memiliki flagel yang panjangnya tidak sama, reproduksinya dengan membelah diri.
  - *Navicula*, atau diatom atau ganggang kersik, bentuk tubuhnya kotak atau elips, jika mati fosilnya akan membentuk tanah diatom yang berfungsi sebagai bahan penggosok, campuran semen atau penyerap nitrogliserin pada bahan peledak. Reproduksiya membelah diri.
  - *Pinnularia*, mirip dengan diatom.
2. *Bersel banyak*
  - *Vaucheria*, tubuhnya berbentuk benang, hidupnya di air tawar.

#### **f. Pyrrophyta**

Pyrrophyta merupakan kelompok alga api yang umumnya dikenal dengan sebutan Dinoflagellata. Alga api memiliki ciri-ciri: uniseluler, dapat bergerak aktif, dan memiliki dinding sel berbentuk poligonal. Pada bagian luar sel terdapat alur dan celah yang mengandung satu flagel. Plastida mengandung klorofil dan pigmen coklat kekuningan. Alga api berkembang biak dengan membelah diri. Habitat di laut dan sebagian kecil di perairan tawar. Contoh alga api yaitu *Peridinium*, *Gymnodinium*, dan *Cerastium*.

## C. PROTISTA MIRIP JAMUR

Protista mirip jamur dibagi ke dalam dua filum yaitu: Myxomycota (jamur lendir) dan Oomycota (jamur air). Keduanya tidak dimasukkan ke dalam Kingdom Fungi karena struktur tubuh dan cara reproduksinya berbeda dengan Fungi. Kelompok ini memiliki ciri-ciri aktif, seperti amoeba yang akan berkembang menjadi fase multiseluler dan akan menghasilkan spora.

### a. Myxomycota

Myxomycota atau jamur lendir, memiliki struktur tubuh yang bersifat seperti lendir karena memiliki sel-sel bebas yang berbentuk seperti *Amoeba*. Fase vegetatifnya yang dapat bergerak seperti *Amoeba* disebut *plasmodium*. Organisme ini tidak memiliki kloroplas sehingga tidak mampu mensintesis makanannya sendiri.

Siklus hidup jamur lendir terdiri atas tiga tahapan, antara lain:

1. *Fase lendir*

Pada masa ini jamur mampu bergerak mengalir seperti *Amoeba*.

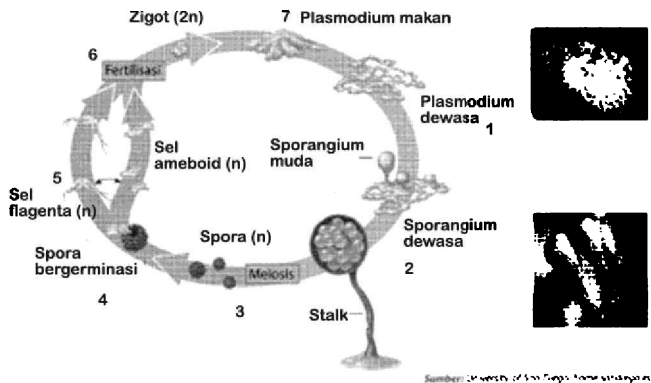
2. *Fase pembentukan sporangium*

Masa lendir berhenti bergerak dan berhenti tumbuh kemudian terbentuk sporangium yang menyimpan banyak spora. Pada tahap ini, jamur lendir sudah benar-benar mirip seperti jamur.

3. *Fase pertumbuhan spora*

Spora berkembang di dalam air atau pada lingkungan yang basah menjadi beberapa sel kembara yang berbulu cambuk (*Myxoflagellata*) atau yang tanpa bulu cambuk (*Myxoamoeba*).

Contoh jamur lendir adalah *Dictyostelium discoideum*.



Gambar 4.6 Siklus jamur Myxomycota  
Sumber gb.: sandiago.edu

## b. Oomycota

Oomycota atau jamur air memiliki tubuh berupa benang atau hifa yang tidak bersekat, bercabang-cabang, dan memiliki banyak inti. Habitatnya di air, beberapa menjadi saprofit di bangkai ikan atau serangga.

Oomycota yang hidup di air berkembang biak secara generatif dengan oogami dan secara vegetatif dengan zoospora berflagel dua. Oomycota yang hidup di darat melakukan reproduksi vegetatif dengan sporangium dan konidium.

Contoh jamur air antara lain *Saprolegnia*, *Phytophthora*, dan *Pithyium*. *Saprolegnia* merupakan saprofit pada bangkai ikan. *Phytophthora* umumnya merupakan parasit pada tanaman kentang, tembaka, tembakau.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Protozoa berkloroplas dikelompokkan ke dalam organisme ....
- predator
  - heterotrof
  - produsen
  - konsumen
  - parasit

**Jawaban: B**

Protozoa berkloroplas merupakan organism autotrof dan bertindak sebagai produsen dalam ekosistem. Autotrof adalah makhluk hidup yang dapat memenuhi kebutuhan makanannya sendiri sedangkan produsen merupakan makhluk hidup yang dapat berfotosintesis sehingga dapat menghasilkan bioenergi.

2. Beberapa ciri protozoa, antara lain:
1. Tubuhnya mempunyai bulu getar
  2. Alat unuk bergerak berupa bulu cambuk
  3. Mempunyai dua buah inti
  4. Berkembang biak dengan cara membelah diri dan konjugasi
  5. Hidup secara bebas dan parasit

Dari ciri-ciri di atas, yang merupakan ciri-ciri Flagellata adalah ....

- 1, 3, dan 5
- 1, 2, dan 4
- 1, 3, dan 4
- 2, 4, dan 5
- 2, 3, dan 4

**Jawaban: E**

Ciri-ciri Flagellata, antara lain:

- Bersel satu (uniseluler)
- Eukariotik
- Bergerak dengan bulu cambuk (flagel)
- Berkembang biak secara vegetatif dengan pembelahan transversal dan generatif dengan konjugasi
- Hidup secara bebas atau parasit.

3. Parasit berikut ini yang hidup dalam plasma darah adalah ....
- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| A. <i>Trypanosoma</i> | D. <i>Fasciola</i> |
| B. <i>Plasmodium</i>  | E. <i>Necator</i>  |
| C. <i>Taenia</i>      |                    |

**Jawaban: A**

*Trypanosoma* adalah protozoa dari kelas Flagellata yang hidup parasit dalam plasma darah. Contohnya, *Trypanosoma gambiense*, parasit pada plasma darah manusia dan menyebabkan penyakit tidur.

4. Perhatikan beberapa tahapan reproduksi *Plasmodium malariae* berikut ini!

1. Gametosit
2. Ookinet
3. Merozoit
4. Sporozoit
5. Trophozoit

Fase perkembangan *Plasmodium malariae* yang terjadi dalam tubuh manusia secara urut adalah ....

- |                |                |
|----------------|----------------|
| A. 1, 2, dan 4 | D. 4, 3, dan 5 |
| B. 1, 4, dan 5 | E. 5, 4, dan 2 |
| C. 3, 5, dan 1 |                |

**Jawaban: D**

Setelah tubuh manusia terkena gigitan nyamuk malaria, sporozoit masuk dalam darah manusia dan menuju ke sel-sel hati. Di dalam hati ini sporozoit akan membelah dan membentuk merozoit, akibatnya sel-sel hati banyak yang rusak. Selanjutnya, merozoit akan menyerang atau menginfeksi eritrosit. Di dalam eritrosit, merozoit akan membelah diri dan menghasilkan lebih banyak merozoit. Dengan demikian, ia akan menyerang atau menginfeksi pada eritrosit lainnya yang menyebabkan eritrosit menjadi rusak, pecah, dan mengeluarkan merozoit baru. Pada saat inilah dikeluarkan racun dari dalam tubuh manusia sehingga menyebabkan tubuh manusia

menjadi demam. Merozoit ini dapat juga membentuk gametosit apabila terisap oleh nyamuk (pada saat menggigit) sehingga siklusnya akan terulang lagi dalam tubuh nyamuk, demikian seterusnya.

5. *Plasmodium vivax* lebih berbahaya daripada *Plasmodium falciparum*.

#### SEBAB

Sporulasi *Plasmodium vivax* berlangsung 1 atau 2 kali 24 jam.

#### Jawaban: E

*Plasmodium* penyebab penyakit malaria ada tiga macam, yaitu:

- 1 *Plasmodium falciparum*, penyebab penyakit malaria tropicana. Sporulasi tak menentu
- 2 *Plasmodium vivax*, penyebab penyakit malaria tertian. Sporulasi setiap 48 jam.
- 3 *Plasmodium malariae*, penyebab penyakit malaria kuartana. Sporulasi setiap 72 jam.

*Plasmodium falciparum* lebih berbahaya dibandingkan *P. vivax* karena sporulasinya tak menentu.

6. Beberapa alga jenis benang dapat berkembang biak dengan cara fragmentasi. Potongan benang hasil fragmentasi ini akan tumbuh menjadi benang baru yang disebut ....
- |                |              |
|----------------|--------------|
| A. pirenoid    | D. hifa      |
| B. hormogonium | E. heterokis |
| C. septa       |              |

#### Jawaban: B

Fragmentasi merupakan cara reproduksi aseksual dengan cara membelah diri. Setiap belahan dapat tumbuh dan berkembang menjadi individu baru. Hasil potongan pembelahan disebut hormogonium.

7. Ganggang yang kloroplasnya berbentuk mangkok adalah ....
- A. *Spirogyra*
  - B. *Euglena*
  - C. *Chlamydomonas*
  - D. *Navicula*
  - E. *Chlorococcum*

**Jawaban: C**

*Chlamydomonas* merupakan ganggang hijau uniseluler yang berflagel. Ganggang ini memiliki kloroplas tunggal berbentuk mangkuk yang hampir mengisi seluruh ruangan di dalam sel.

8. Di bawah ini beberapa spesies ganggang:
- 1. *Chlorella*
  - 2. *Eucheuma*
  - 3. *Gracilaria*
  - 4. *Gelidium*
  - 5. *Navicula*
  - 6. *Spirogyra*

Jenis ganggang yang bermanfaat pada industri makanan, yaitu nomor ....

- A. 1, 2, 5, dan 6
- B. 1, 2, 4, dan 6
- C. 1, 2, 3, dan 4
- D. 1, 3, 4, dan 6
- E. 1, 5, 6, dan 3

**Jawaban: C**

Ganggang yang berperan dalam industri makanan sebagai bahan pembuat agar-agar yaitu *Eucheuma*, *Gelidium*, dan *Gracillaria*, sedangkan *Chlorella* berperan sebagai suplemen makanan.

9. Hifa pada Oomycota mempunyai ciri ....
- A. tidak memiliki selulosa
  - B. hidup di darat
  - C. memiliki senositik
  - D. reproduksi generatif dengan fertilisasi
  - E. predator

**Jawaban: D**



Hifa pada Oomycota mempunyai dinding sel yang mengandung selulosa dan tidak mempunyai septa (senositik), kecuali pada struktur reproduksinya. Hidup di perairan dan reproduksi generatif dengan fertilisasi.

10. Struktur vegetatif jamur lendir disebut ....
- |               |             |
|---------------|-------------|
| A. plasmodium | D. zoospora |
| B. amoeboid   | E. fagosit  |
| C. sporangium |             |

**Jawaban: A**

Jamur lendir hanya memiliki beberapa sifat yang mirip dengan jamur sejati. Struktur vegetatif jamur lendir disebut plasmodium, yaitu massa sitoplasma berinti banyak dan tidak dibatasi oleh dinding yang kuat.

# LATIHAN SOAL 4

1. Protista bersel satu berbeda dengan Eubacteria dan Archaeobacteria. Faktor yang membedakan terutama karena Protista bersifat ....
  - A. prokariotik
  - B. eukariotik
  - C. autotrof
  - D. heterotrof
  - E. anaerob
2. Berikut ini merupakan ciri-ciri makhluk hidup.
  1. Uniseluler
  2. Prokariotik
  3. Memiliki dinding sel
  4. Tidak berklorofil
  5. Belum memiliki jaringan yang sebenarnyaCiri Protista, antara lain ....
  - A. 1, 2, 3
  - B. 1, 2, 4
  - C. 1, 4, 5
  - D. 2, 3, 4
  - E. 2, 4, 5
3. Kingdom Protista yang begitu beragam, mempunyai sedikit persamaan antar anggotanya, yaitu ....
  - A. berdinding sel, eukariot
  - B. tidak berdinding sel, prokariotik
  - C. heterotrof, eukariot
  - D. heterotrof, prokariot
  - E. autotrof, eukariot

4. Contoh Protista yang memiliki ciri-ciri seperti anggota hewan, kecuali ....
- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| A. <i>Paramecium</i>  | D. <i>Plasmodium</i> |
| B. <i>Spirulina</i>   | E. <i>Amoeba</i>     |
| C. <i>Trypanosoma</i> |                      |

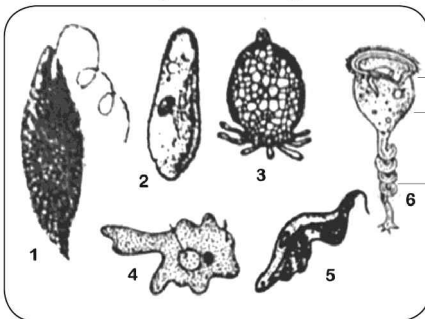
5. Perhatikan tabel berikut!

Jenis hewan	Habitat	Cara hidup	Alat gerak	Reproduksi
1.	Air	Bebas	Kaki semu	Membelah diri
2.	Air	Bebas	Ambulakral	Kawin
3.	Darah	Parasit	Tidak ada	Spora
4.	Darah	Bebas	Bulu getar	Konjugasi
5.	Air	Parasit	Bulu cambuk	Membelah diri

Dari tabel di atas, organisme yang termasuk kedalam kelas Flagellata mempunyai sifat seperti pada nomor ....

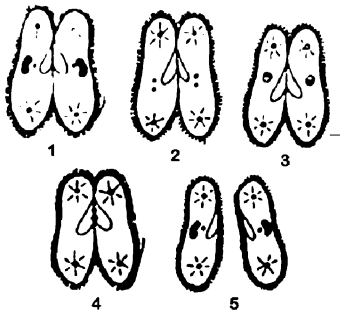
- A. 1  
B. 2  
C. 3
- D. 4  
E. 5
6. Perbedaan organisme dalam kelas Ciliata dengan kelas Rhizopoda adalah pada Cilliaata terdapat ....
- A. vakuola kontraktil  
B. vakuola makanan  
C. dua tipe nukleus
- D. kaki semu  
E. klorofil

Untuk soal no. 7-9, perhatikan gambar berikut!



7. Organisme yang merupakan kelas Pseudopodia ditunjukkan oleh nomor ....
- |            |           |
|------------|-----------|
| A. 1 dan 2 | D. 5 saja |
| B. 2 dan 3 | E. 6 saja |
| C. 4 saja  |           |
8. Organisme yang bergerak menggunakan bulu getar adalah yang bernomor ....
- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 3 | D. 1 dan 5 |
| B. 2 dan 6 | E. 2 dan 5 |
| C. 5 saja  |            |
9. *Vorticella* ditunjukkan oleh nomor ....
- |      |      |
|------|------|
| A. 2 | D. 5 |
| B. 3 | E. 6 |
| C. 4 |      |
10. Berikut beberapa ciri Protozoa:
1. Bentuk tubuh bulat
  2. Tidak memiliki alat gerak
  3. Respirasi secara difusi
  4. Reproduksi seksual dengan cara peleburan gamet
  5. Reproduksi aseksual dengan cara pembentukan spora
- Hewan Protozoa tersebut digolongkan ke dalam kelas ....
- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| A. Sporozoa   | D. Rhizopoda    |
| B. Ciliata    | E. Masthigopora |
| C. Flagellata |                 |
11. Protozoa sebagai predator bakteri memakan bakteri dengan cara ....
- A. fagositosis
  - B. pencernaan intraseluler
  - C. penggunaan enzim pencernaan
  - D. pencernaan ekstraseluler
  - E. adsorpsi

12. Seseorang mengalami diare dan oleh dokter diidentifikasi terjadi infeksi oleh Protozoa di dalam usus halusnya. Protozoa penyebab diare tersebut adalah ....
- Entamoeba histolytica*
  - Entamoeba gingivalis*
  - Leishma donovani*
  - Euglena viridis*
  - Paramecium caudatum*
13. *Tripanosoma gambiense* termasuk Flagellata yang dapat menyebabkan penyakit ....
- anemia
  - sura
  - tidur
  - khalaazar
  - malaria
14. Pada sel *Entamoeba gingivalis* ditemukan organel di bawah ini, kecuali ....
- silia
  - sitoplasma
  - nukleus
  - membran sel
  - vakuola makanan
15. Perhatikan gambar di bawah ini!



Perkembangan *Paramecium* secara generatif ditunjukkan oleh nomor ....

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

16. Bersamaan dengan keluarnya cairan ludah nyamuk saat menghisap darah manusia, maka ada kemungkinan *Plasmodium* masuk ke dalam tubuh manusia dalam bentuk ....
- A. ookinet
  - B. trophozoit
  - C. merozoit
  - D. gametosit
  - E. sporosit
17. Pada Protozoa air tawar, di dalam sitoplasmanya terdapat organel yang berfungsi untuk osmoregulasi, yaitu ....
- A. plasmosol
  - B. plasmagel
  - C. vakuola kontraktil
  - D. selaput plasma
  - E. plasmodesma
18. Berikut ini yang bukan anggota dari Protista mirip tumbuhan adalah ....
- A. *Dinoflagellata*
  - B. *Rhodophyta*
  - C. *Bacillariophyta*
  - D. *Chrysophyta*
  - E. *Foraminifera*
19. Fungsi pirenoid pada ganggang hijau adalah sebagai pusat pembentukan ....
- A. protein
  - B. amilum
  - C. lemak
  - D. enzim
  - E. pigmen
20. Di bawah ini termasuk ganggang cokelat, kecuali ....
- A. *Fucus*
  - B. *Turbilaria*
  - C. *Laminaria*
  - D. *Sargassum*
  - E. *Oscillatoria*
21. Stigma merupakan bintik mata merah pada ....
- A. *Euglenophyta*
  - B. *Chlorophyta*
  - C. *Phaeophyta*
  - D. *Rhodophyta*
  - E. *Chrysophyta*

22. Berikut adalah contoh spesies dari kingdom Protista yang memiliki manfaat sebagai alat gosok dan bahan pembuat cat, yaitu ....
- A. *Gracillaria*
  - B. *Eucheuma*
  - C. *Gellidium*
  - D. *Diatom*
  - E. *Chlorella*
23. Alga yang tergolong makroskopis berasal dari kelompok ....
- A. alga coklat, alga merah
  - B. alga coklat, alga hijau
  - C. alga hijau, alga merah
  - D. alga merah, alga keemasan
  - E. alga coklat, alga keemasan
24. Pembelahan inti yang membentuk massa berinti banyak disebut ....
- A. oogami
  - B. isogami
  - C. schizogoni
  - D. fragmentasi
  - E. anisogami
25. Perkawinan secara generatif antara sel kelamin jantan dan sel kelamin betina yang belum dapat dibedakan jenis kelaminnya adalah ....
- A. oogami
  - B. isogami
  - C. anisogami
  - D. schizogoni
  - E. fragmentasi
26. Filum Myxomycota memiliki ciri, yaitu seluruh anggotanya ....
- A. saprofit
  - B. kemoautotrof
  - C. fotoautotrof
  - D. autotrof
  - E. heterotrof
27. Contoh jamur lendir adalah ....
- A. *Phytophthora*
  - B. *Saprolegnia*
  - C. *Pythium*
  - D. *Dictyostelium*
  - E. *Navicula*
28. Jamur lendir memperoleh makanan dengan cara ....
- A. parasit
  - B. saprofit
  - C. fagositosis
  - D. fotoautotrof
  - E. kemoautotrof

29. Seperti halnya jamur pada umumnya, Oomycota juga dapat menghasilkan spora aseksual berupa ....
- A. sporangiospora
  - B. oospora
  - C. blastospora
  - D. zoospora
  - E. konidiospora
30. Oomycota yang merupakan parasit pada tumbuhan adalah ....
- 1) *Saprolegnia*
  - 2) *Plasmopara viticola*
  - 3) *Dictyostelium discoideum*
  - 4) *Phytophthora infestans*







# JAMUR

# 5

Awal mula kemunculan sistem pengelompokan taksonomi, para ilmuwan memasukkan jamur ke dalam kelompok tumbuhan. Namun seiring berkembangnya teknologi dan ilmu pengetahuan diketahui bahwa jamur dan tumbuhan memiliki perbedaan yang sangat signifikan. Oleh karena itu, Whittaker memasukkan jamur ke dalam kingdom tersendiri yaitu Fungi.

Jamur memiliki bentuk morfologi yang sangat beragam, dari yang berukuran sangat kecil hingga yang berukuran besar. Terdapat lebih dari seratus ribu spesies jamur di seluruh dunia. Untuk mempelajari lebih mendalam tentang jamur dapat mengkaji tentang ilmu Mikologi.

## A. CIRI-CIRI JAMUR

Sekilas jamur memiliki bentuk dan sifat yang hampir serupa dengan tumbuhan, sehingga tidak jarang orang salah mengartikan tentang jamur. Namun sebagai seorang pelajar, kita harus dapat membedakan dengan baik antara jamur dan tumbuhan. Berikut beberapa ciri tentang jamur.

### a. Eukariotik

Jamur merupakan organisme yang lebih maju dibandingkan dengan Monera. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya membran inti sel atau dengan sebutan organisme eukariotik.

## **b. Uniseluler dan multiseluler**

Spesies jamur sangatlah banyak, ada yang tersusun atas satu sel yang disebut uniseluler dan adapula yang tersusun atas banyak sel yang disebut multiseluler. Jamur uniseluler sering disebut berbentuk khamir, sedangkan jamur multiseluler berbentuk kapang (*mold*) atau cendawan (*mushroom*).

## **c. Tidak berklorofil**

Jamur tidak memiliki klorofil, sehingga memperoleh makanan dari makhluk hidup lainnya.

## **d. Heterotrof**

Umumnya jamur bersifat saprofit, yaitu memperoleh makanan dari sisa organisme yang telah mati.

## **e. Hifa**

Hanya terdapat pada jamur multiseluler dengan bentuk memanjang menyerupai benang-benang. Hifa terdiri dari bagian yang memiliki sekat dan yang tidak memiliki sekat.

## **f. Septa**

Bagian hifa yang memiliki sekat antarsel.

## **g. Miselium**

Bagian hifa yang bercabang-cabang dan saling berkumpul.

## **b. Miselium vegetatif**

Bagian yang berfungsi untuk menyerap zat organik makanan.

## **i. Miselium generatif**

Bagian yang berfungsi untuk alat reproduksi yang dapat menghasilkan spora.

## **j. Dilapisi zat kitin**

Zat kitin melapisi dinding sel jamur.

## B. CARA HIDUP JAMUR

Beberapa jamur memiliki cara hidup yang berbeda. Hal tersebut disesuaikan struktur tubuh yang mereka miliki dan habitat tempat hidup masing-masing jamur. Berikut beberapa cara hidup jamur.

### a. Saprofit

Jamur saprofit memperoleh zat organik dari makhluk hidup yang sudah mati, tipe jamur ini dapat disebut jamur dekomposer.

### b. Parasit

Jamur parasit memperoleh zat organik dari makhluk hidup yang masih hidup yang menjadi inangnya, tipe jamur ini umumnya dikenal jamur patogen (penyebab penyakit).

### c. Mutual

Jamur mutual hidup pada inangnya namun bersifat saling menguntungkan.

## C. TIPE REPRODUKSI JAMUR

### a. Aseksual

#### 1. *Uniseluler*

Jamur uniseluler akan membentuk kuncup atau tunas untuk menghasilkan keturunan.

#### 2. *Multiseluler*

Jamur multiseluler dapat melakukan proses fragmentasi dan menghasilkan spora aseksual (sporangoispora/konidiospora). Kedua spora aseksual tersebut bersifat haploid (n).

### b. Seksual

Reproduksi jamur secara seksual dimulai dengan penyatuan hifa (singgami) yang terdiri dari proses plasmogami dan kariogami. Dari proses tersebut menghasilkan spora seksual, yaitu zigospora, askospora, basidiospora.

## D. KLASIFIKASI JAMUR

### a. Zygomycota

1. *Ciri-ciri:*

Memiliki hifa tak bersekat; alat reproduksi berupa zigosporangium; serta buahnya tak dilapisi daging.

2. *Tipe reproduksi:*

Dapat melalui cara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dilakukan dengan proses fragmentasi. Sedangkan reproduksi seksual dilakukan melalui perkawinan hifa (+) dengan hifa (-) yang akan menghasilkan zigospora.

3. *Peran:*

- *Rhizopus oryzae* : pembuatan tempe
- *Mucor javanicus* : pembuatan tape
- *Rhizopus stolonifer* : tumbuh pada roti basi
- *Rhizopus nigricans* : tumbuh pada tomat
- *Mucor mucedo* : pengurai kotoran hewan

### b. Ascomycota

1. *Ciri-ciri:*

Sebagian besar merupakan jamur multiseluler dan memiliki hifa bersekat; ada yang memiliki daging buah dan ada yang tidak; alat reproduksinya disebut askus.

2. *Tipe reproduksi:*

Jamur Ascomycota dapat bereproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dilakukan dengan membentuk konidiofor. Adapun reproduksi seksual menggunakan askus yang memiliki struktur seperti kantung.

3. *Peran:*

- *Saccharomyces cereviceae* : pembuatan roti dan minuman beralkohol
- *Saccharomyces tuac* : pembuatan tuak dari nira
- *Saccharomyces ellipsoideus* : pembuatan wine dari anggur

- *Neurospora crassa* : pembuatan oncom
- *Venturia inaequalis* : penyakit buah apel
- *Claviceps purpurea* : penyakit ergot pada gandum

### c. Dasidiomycota

#### 1. Ciri-ciri:

Jamur ini memiliki banyak sel (multiseluler); terdapat sekat pada hifanya; bagian hifa generatif akan menghasilkan basidiokarp yang membentuk badan buah seperti payung, kuping, dan bola.

#### 2. Tipe reproduksi:

Memiliki tipe reproduksi askesual maupun seksual. Tipe aseksual dilakukan dengan menghasilkan spora konidia. Sedangkan reproduksi seksual dilakukan dengan cara perkawinan dua tipe hifa berbeda jenis. Reproduksi seksual akan menghasilkan spora basidium.

#### 3. Peran:

- *Auricularia polytricha* : jamur kuping
- *Volvariella volvacea* : jamur merang
- *Lentinula edodes* : jamur shitake
- *Amanita muscaria* : jamur beracun penyebab halusinasi
- *Ustilago maydis* : jamur parasit pada jagung
- *Puccinia graminis* : jamur parasit pada family Gramineae

### d. Deutromycota

Umumnya kelompok ini merupakan kelompok jamur yang belum teridentifikasi alat reproduksinya.

## E. SIMBIOSIS JAMUR

### a. Lichen

Lichen atau disebut pula lumut kerak merupakan simbiosis antara jamur dan mikroorganisme berklorofil. Simbiosis tersebut bersifat saling menguntungkan (simbiosis mutualisme). Berdasarkan

simbiosis tersebut, jamur akan mendapatkan manfaat dari hasil fotosintesis mikroorganisme, sedangkan mikroorganisme tersebut mendapatkan suplai air dan nutrisi lain dari jamur.

Jamur yang bersimbiosis tersebut dapat berasal dari kelompok Ascomycota, Basidiomycota, dan Deuteromycota. Kelompok mikroorganisme yang bersimbiosis adalah dari kelompok Cyanobacterium (ganggang hijau). Keberadaan Lichen dapat menjadi salah satu indikator udara bersih.

## b. Mikorbiza

Mikorhiza merupakan simbiosis antara jamur dan tumbuhan tingkat tinggi (vascular). Umumnya jamur bersimbiosis pada bagian akar tumbuhan. Berdasarkan simbiosis tersebut, jamur akan mendapatkan manfaat senyawa organik untuk suplai makananya sedangkan tumbuhan dapat memfiksasi nitrogen bebas, mendapatkan suplai air, dan menyerap mineral lain.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Benang-benang yang saling berjalanan pada jamur multiseluler akan membentuk ....  
A. hifa  
B. miselium  
C. sporangium  
D. konidiospor  
E. septa

**Jawaban: B**

Miselium adalah bagian hifa yang bercabang-cabang dan saling berkumpul.

2. Kelompok fungi di bawah ini dibedakan berdasarkan cara reproduksi, kecuali ....  
A. Zygomycota  
B. Ascomycota  
C. Basidiomycota  
D. Deutromycota  
E. Oomycota

**Jawaban: D**

Deutromycota merupakan kelompok fungi yang belum dapat diidentifikasi cara reproduksinya, sedangkan Oomycota bukan termasuk ke dalam kelompok fungi.

3. Pernyataan di bawah ini yang tepat untuk ciri - ciri fungi, *kecuali* ....
- |                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| A. sel prokariot        | D. tidak memiliki klorofil |
| B. sel eukariot         | E. bersifat heterotrof     |
| C. memiliki dinding sel |                            |

**Jawaban: A**

Fungi merupakan kelompok organisme yang lebih maju dibandingkan dengan Monera karena Fungi memiliki membran inti sel.

4. Ilmuwan yang mempelajari tentang struktur dan morfologi Fungi adalah ....
- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| A. fungilogi    | D. malakologi |
| B. bioteknologi | E. sitologi   |
| C. mikologi     |               |

**Jawaban: C**

Mikologi adalah ilmu yang mempelajari tentang Fungi.

5. Jamur dengan jumlah sel yang hanya satu sering disebut ....
- |                 |           |
|-----------------|-----------|
| A. kapang       | D. mold   |
| B. cendawan     | E. khamir |
| C. multiseluler |           |

**Jawaban: E**

Khamir ialah sebutan yang sering digunakan untuk kelompok Fungi yang hanya memiliki satu sel (uniseluler).

6. Jamur merang dan jamur kuping memiliki bentuk ....
- |             |         |
|-------------|---------|
| A. khamir   | D. mold |
| B. kapang   | E. hifa |
| C. cendawan |         |



**Jawaban: C**

Jamur merang dan jamur kuping yang biasa kita makan merupakan jamur multiseluler yang memiliki bentuk tubuh cendawan atau *mushroom*.

7. Jamur merupakan organisme yang merugikan bagi manusia.

**SEBAB**

Jamur tidak memiliki pigmen klorofil.

**Jawaban: D**

Ada jamur yang bermanfaat bagi manusia dan ada juga yang merugikan. Jamur tidak memiliki pigmen klorofil, sehingga termasuk organisme heterotrof.

8. 1. Tidak memiliki membran sel  
2. Bersifat uniseluler  
3. Memiliki banyak hifa  
4. Inti sel diseliputi membran

Kelompok Fungi yang termasuk ke dalam khamir memiliki ciri-ciri ....

**Jawaban: C**

Khamir merupakan Fungi uniseluler dengan sel yang memiliki membran inti (eukariot).

9. Septa merupakan bagian hifa yang ....
- A. hifa yang terdapat pada jamur uniseluler yang berbentuk memanjang
  - B. hifa yang bertumpuk-tumpuk dan bercabang-cabang
  - C. bagian yang berfungsi untuk alat reproduksi
  - D. hifa yang memiliki sekat antar sel
  - E. Melapisi dinding sel jamur

**Jawaban: D**

Septa adalah bagian hifa yang memiliki sekat antar sel.

10. Jamur yang berperan dalam pembuatan tempe berasal dari kelompok ....

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| A. Zygomycota    | D. Oomycota      |
| B. Ascomycota    | E. Basidiomycota |
| C. Basidiomycota |                  |

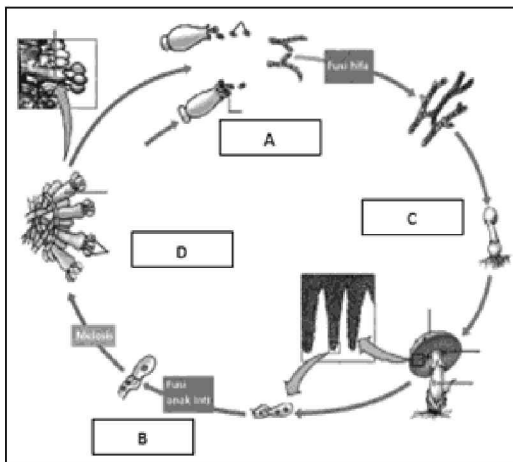
**Jawaban: A**

Jamur pembuat tempe adalah *Rhizopus oryzae* yang termasuk ke dalam kelompok *Zygomycota*.

# LATIHAN SOAL 5

- Jamur yang dapat dimakan dan dikenal dengan istilah jamur kuping ialah ....
  - Volvariella volvacea*
  - Auricularia polytricha*
  - Lentinulla edodes*
  - Ustilago maydis*
  - Amanita muscaria*
- Oncom merupakan bahan makanan yang dibuat dengan bantuan jamur ....
  - Saccharomyces cerevicea*
  - Morchella esculenta*
  - Saccharomyces ellipsoides*
  - Neorospora crassa*
  - Veturia inaequalis*

Gambar untuk soal nomor 3-4.



3. Fase jamur yang memiliki jumlah kromosom haploid ialah ....
  - A. D
  - B. A
  - C. C
  - D. B dan D
  - E. A dan C
4. Kelompok Fungi yang memiliki siklus hidup di atas adalah ....
  - A. Basidiomycota
  - B. Ascomycota
  - C. Oomycota
  - D. Zygomycota
  - E. Deutromycota
5. Jamur memperoleh makanannya dengan berbagai cara, *kecuali* ....
  - A. parasit
  - B. simbiosis
  - C. saprofit
  - D. predasi
  - E. mutual
6. Kayu jati yang kuat dapat lapuk dan mengalami pembusukan jika diserang oleh beberapa jamur, hal tersebut menunjukkan tipe makan jamur yang bersifat ....
  - A. mutual
  - B. saprofit
  - C. parasit
  - D. invasif
  - E. patogen
7. Jamur yang tumbuh pada kacang kedelai tempe memiliki bentuk ....
  - A. khamir
  - B. mushroom
  - C. cendawan
  - D. kokus
  - E. mold
8. Salah satu ilmuwan yang telah memasukkan jamur menjadi kelompok tersendiri ialah ....
  - A. Whittaker
  - B. Charles Darwin
  - C. Alferd Russel Wallace
  - D. Carolus Linneaus
  - E. Aristoteles
9. Tipe reproduksi aseksual jamur uniseluler dilakukan dengan cara ....
  - A. fragmentasi
  - B. membentuk gemma
  - C. pembelahan biner
  - D. plasmogami
  - E. pembentukan sporangiofor

10. Proses bertemunya dua hifa yang berbeda jenis dan dapat menghasilkan spora seksual disebut ....
- A. fusi
  - B. fertilisasi
  - C. kopulasi
  - D. singami
  - E. konjugasi
11. Ahli fungi mengelompokkan ke dalam beberapa klasifikasi tingkatan taksa berdasarkan atas perbedaan ....
- A. morfologi
  - B. reproduksi
  - C. anatomi
  - D. ukuran sel
  - E. jumlah sel
12. Kelompok jamur yang tidak memiliki tubuh buah ialah ....
- A. Ascomycota
  - B. Basidiomycota
  - C. Deuteromycota
  - D. Oomycota
  - E. Zygomycota
13. Pembuatan tape menggunakan jenis jamur ....
- A. *Mucor mucedo*
  - B. *Mucor javanicus*
  - C. *Aspergillus wentii*
  - D. *Aspergillus oryzae*
  - E. *Saccharomyces cereviceae*
14. Kelompok jamur yang dapat membentuk kantung askus ialah ....
- A. Mikhoriza
  - B. Zygomycota
  - C. Basidiomycota
  - D. Deutromycota
  - E. Ascomycota
15. Terjadinya proses plasmogami ditandai dengan adanya ....
- A. bertemunya hifa (+) dan (-)
  - B. pecahnya dinding sel
  - C. terjadinya gametangium
  - D. bertemunya inti haploid
  - E. pembelah sel secara meosis

16. Spora jamur yang jatuh pada daerah yang lembab dan lingkungan yang mendukung untuk tumbuh maka spora tersebut akan mengalami ....
- A. dormansi
  - B. pertumbuhan tunas
  - C. munculnya hifa baru
  - D. adanya proses meosis
  - E. terjadinya fragmentasi
17. *Rhizopus stolonifer* dapat membentuk hifa yang berfungsi untuk melekat pada substrat dan menyerap makanan yang disebut ....
- A. stolon
  - B. rizoid
  - C. gametangium
  - D. trikogin
  - E. pseudohifa
18. Seorang siswa yang meninggalkan sisa roti di kolong mejanya akan memungkinkan tumbuhnya jamur ....
- A. *Neurospora crassa*
  - B. *Saccharomyces cerevicea*
  - C. *Saccharomyces ellipsoideus*
  - D. *Rhizopus stolonifer*
  - E. *Rhizopus nigricans*
19. Pada kelompok Ascomycota alat reproduksi aseksual yang terbentuk karena adanya diferensiasi hifa disebut ....
- A. sporangium
  - B. askoporangium
  - C. konidiosfor
  - D. basidiokarp
  - E. stolon
20. Hifa betina pada Ascomycota disebut ....
- A. askogonium
  - B. anteridium
  - C. ovogonium
  - D. spermaogonium
  - E. hermagonium
21. Struktur yang berfungsi untuk menjadi penyambung antara hifa betina dan jantan ialah ....
- A. rizoid
  - B. stolon
  - C. pseudohifa
  - D. askus
  - E. trikogin

22. *Saccharomyces cereviceae* dapat melakukan proses fermentasi guna mengembangkan roti karena adanya perubahan gula menjadi ....
- A. alkohol
  - B. karbondioksida
  - C. gliserol
  - D. lipid
  - E. protein
23. Bagian yang dapat kita makan dari jamur kuping ialah ....
- A. miselium
  - B. hifa
  - C. basidium
  - D. basidiokarp
  - E. stolon
24. Kelompok jamur Deuteromycota dikatakan sebagai jamur tidak sempurna karena ....
- A. tidak memiliki alat reproduksi
  - B. cara reproduksinya unik
  - C. bentuk alat reproduksinya sangat berbeda
  - D. tidak dapat melakukan reproduksi seksual
  - E. belum diketahui cara reproduksi seksual dan aseksualnya
25. Ergotisma adalah penyakit yang memiliki gejala kejang otot dan kelumpuhan. Jamur apa yang dapat menyebabkan penyakit ergotisma ....
- A. *Morchella esculenta*
  - B. *Saccharomyces ellipsoideus*
  - C. *Claviceps purpurea*
  - D. *Venturia inaequalis*
  - E. *Ustilago maydis*
26. Basidium yang membentuk empat tonjolan disebut ....
- A. sterigma
  - B. trikogin
  - C. pseudohifa
  - D. askogonium
  - E. konidia
27. Jamur yang dikenal dengan istilah jamur kayu dan bermanfaat sebagai obat suplemen ialah ....
- A. *Auricularia*
  - B. *Amanita*
  - C. *Ganoderma*
  - D. *Puccinia*
  - E. *Ustilago*

28. Nama jamur *Monilia sitophila* yang berperan dalam pembuatan oncom diubah namanya menjadi ....
- A. *Rhizopus oryzae*
  - B. *Neurospora crassa*
  - C. *Asetobacter niger*
  - D. *Penicillium notatum*
  - E. *Candida albicans*
29. Simbiosis antara jamur dan tumbuhan tingkat rendah uniseluler membentuk ....
- A. mikhoriza
  - B. bintil akar
  - C. soredia
  - D. lumut kerak
  - E. pseudohifa
30. Lumut kerak dapat melakukan reproduksi secara aseksual dengan membentuk fragmentasi badan vegetatif yang disebut ....
- A. soredia
  - B. gametangium
  - C. sorus
  - D. askus
  - E. hifa







# KEANEKARAGAMAN HAYATI

# 6

Keanekaragaman hayati yang berada di suatu wilayah yang berbeda sangat diperlukan untuk kelestarian hidup organisme dan keberlangsungan daur materi (aliran energi). Keanekaragaman hayati adalah keanekaragaman organisme yang menunjukkan adanya variasi gen, spesies, dan ekosistem pada daerah tertentu. Keanekaragaman hayati mencakup berbagai perbedaan maupun variasi morfologi, fisiologi, anatomi, jumlah, dan sifat-sifat yang tampak pada berbagai tingkatan, baik tingkat gen, tingkat spesies, maupun tingkat ekosistem.

## A. TINGKATAN KEANEKARAGAMAN HAYATI

Keanekaragaman hayati dibedakan menjadi tiga tingkatan, yaitu keanekaragaman tingkat gen, keanekaragaman tingkat spesies, dan keanekaragaman tingkat ekosistem.

### a. Keanekaragaman Tingkat Gen

Keanekaragaman tingkat gen adalah keanekaragaman susunan gen dalam individu dalam satu spesies. Suatu makhluk hidup dikatakan satu spesies apabila dapat disilangkan dan menghasilkan keturunan yang fertil.

Setiap individu mempunyai kromosom yang membawa sifat menurun (gen) yang berbeda-beda. Keanekaragaman sifat genetik

pada suatu organisme dikendalikan oleh gen-gen pada kromosom yang dimilikinya. Kromosom tersebut diperoleh dari kedua induknya melalui pewarisan sifat. Perbedaan jumlah dan susunan faktor yang menurun tersebut akan menyebabkan terjadinya keanekaragaman gen. Makhluk hidup yang berada dalam satu spesies bisa mempunyai sifat, bentuk, dan ukuran berbeda. Semua perbedaan yang ada dalam satu spesies disebabkan karena perbedaan gen.

Peningkatan keanekaragaman gen dapat terjadi melalui hibridisasi (perkawinan silang) atau melalui proses domestikasi (pemeliharaan hewan atau tumbuhan liar oleh manusia). Hibridisasi berbagai jenis tanaman atau hewan tertentu dengan spesies liar biasanya digunakan untuk menghasilkan keturunan yang tahan penyakit. Dengan hibridisasi akan diperoleh sifat genetik baru dari variasi yang ada dalam satu spesies. Keanekaragaman gen dalam suatu spesies disebut varietas atau ras.

Contoh keanekaragaman gen, yaitu variasi buah mangga (mangga arumanis, mangga manalagi, mangga indramayu) dan kucing (kucing rumah, kucing Persia, kucing angora, kucing siam). Keanekaragaman gen dapat terjadi karena faktor alamiah (adaptasi) dan faktor buatan (mutasi gen atau rekayasa genetika).

## **b. Keanekaragaman Tingkat Spesies**

Keanekaragaman tingkat spesies atau jenis adalah keanekaragaman pada individu yang berbeda jenis. Keanekaragaman jenis lebih mudah diamati karena adanya perbedaan yang lebih mencolok, dan apabila dikawinkan dengan anggota spesies yang berbeda maka tidak bisa menghasilkan keturunan atau menghasilkan keturunan yang tidak fertil (steril). Keanekaragaman hayati tingkat spesies dapat dilihat dari beberapa jenis organisme yang memiliki ciri-ciri fisik hampir sama, namun merupakan organisme dari spesies yang berbeda. Contoh keanekaragaman tingkat spesies, jeruk bali (*Citrus maxima*) dengan jeruk nipis (*Citrus nobilis*). Kedua spesies tersebut berbeda spesies apabila disilangkan akan menghasilkan

keturunan yang steril. Kedua jenis jeruk tersebut hanya mempunyai nama genus yang sama, yaitu Citrus. Contoh lain misalnya pada famili Palmae terdapat jenis tumbuhan seperti kelapa, pinang, aren dan sawit yang memiliki morfologi atau bentuk yang serupa.

### **c. Keanekaragaman Tingkat Ekosistem**

Keanekaragaman jenis pada tempat hidup yang berbeda akan membentuk ekosistem yang berbeda pula. Keanekaragaman ekosistem terbentuk akibat adanya interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya (faktor biotik dan abiotik). Tiap ekosistem mempunyai ciri khas yang berbeda, misalnya dari vegetasi atau hewan yang mendiami ekosistem tersebut. Contoh: pada ekosistem hutan bakau terdapat jenis tumbuhan yang memiliki akar tunjang atau akar napas, pada ekosistem kaktus terdapat kaktus, berbagai hewan reptilia yang tahan terhadap cuaca ekstrim.

Ekosistem sangat bervariasi sesuai dengan spesies yang ada di dalamnya. Ada ekosistem yang terbentuk secara alami, dan ada pula yang dibentuk oleh manusia. Ekosistem alami antara lain, hutan, rawa, terumbu karang, pantai pasir, pantai batu, estuari, sungai, dan padang rumput. Ekosistem buatan meliputi sawah, ladang, dan kebun.

Keanekaragaman ekosistem suatu wilayah ditentukan oleh berbagai faktor, antara lain posisi berdasarkan garis lintang, ketinggian tempat, iklim, cahaya matahari, kelembapan, suhu, dan kondisi tanah. Indonesia merupakan Negara kepulauan yang tertetak di khatulistiwa mempunyai 47 macam ekosistem baik ekosistem darat maupun ekosistem perairan.

## **B. TIPE-TIPE EKOSISTEM**

Berdasarkan tempatnya, ekosistem dibagi menjadi dua tipe, yaitu ekosistem perairan (akuatik) dan ekosistem darat (terrestrial).

## a. Ekosistem Perairan (Akuatik)

Ekosistem perairan adalah ekosistem yang komponen abiotiknya sebagian besar terdiri dari air. Beberapa makhluk hidup dalam ekosistem perairan dikelompokkan menjadi lima, yaitu:

- ~ Plankton, organisme yang dapat bergerak secara pasif karena pengaruh air. Plankton terbagi menjadi dua, yaitu fitoplankton dan zooplankton. Contohnya, alga uniseluler dan protozoa.
- ~ Nekton, organisme yang dapat bergerak aktif (berenang), contohnya ikan dan katak.
- ~ Neuston, organisme yang mengapung di permukaan air, contohnya eceng gondok, teratai, dan serangga air.
- ~ Bentos, organisme yang hidup di dasar perairan, contohnya kepiting, cacing, dan kerang.
- ~ Perifiton, organisme yang melekat pada organisme lain, contohnya ganggang atau siput.

Ekosistem perairan dibedakan menjadi dua, yaitu ekosistem perairan tawar dan ekosistem laut.

### 1. *Ekosistem air tawar*

Ekosistem perairan tawar memiliki ciri-ciri:

- Mempunyai salinitas yang rendah
- Dipengaruhi oleh iklim dan cuaca
- Masuknya cahaya matahari kurang

Berdasarkan keadaan airnya, ekosistem air tawar dibagi menjadi dua, yaitu ekosistem lotik dan ekosistem lentik. Ekosistem air tawar lotik ditandai dengan kondisi air yang selalu mengalir, sedangkan ekosistem air tawar lentik ditandai oleh keadaan air yang tenang tidak mengalir. Contoh ekosistem air tawar lotik, yaitu sungai, sedangkan ekosistem air tawar lentik, yaitu danau dan rawa.

Berdasarkan intensitas cahaya matahari yang menembus perairan, ekosistem air tawar terbagi menjadi beberapa zona, yaitu:

- Zona litoral, daerah dangkal yang bisa ditembus oleh cahaya matahari hingga dasar perairan

- Zona limnetik, daerah terbuka yang jauh dari tepian sampai kedalaman yang masih dapat ditembus oleh cahaya matahari
- Zona profundal, daerah yang dalam dan tidak dapat ditembus oleh cahaya matahari. Karena tidak ada cahaya matahari, zona ini tidak dihuni oleh produsen, tetapi dihuni oleh produsen dan pengurai.

## 2. *Ekosistem air laut*

Ekosistem air laut memiliki ciri-ciri:

- Mempunyai salinitas tinggi
- Tidak dipengaruhi oleh iklim dan cuaca
- Memiliki perbedaan suhu di bagian permukaan dengan di kedalaman laut
- Terdapat arus laut yang dipengaruhi oleh angin, perbedaan massa jenis air, suhu, tekanan air, gaya gravitasi, dan gaya tektonik batuan bumi.

Berdasarkan intensitas cahaya yang dapat menembus perairan, ekosistem air laut dibagi menjadi beberapa zona, yaitu:

- Zona fotik, yaitu daerah yang dapat ditembus oleh cahaya matahari. Zona fotik biasanya kurang dari kedalaman 200 meter. Pada zona ini terdapat berbagai macam organisme fotosintetik, seperti alga.
- Zona twilight, yaitu daerah yang ada pada kedalaman 200-2000 meter, sehingga hanya sedikit cahaya matahari yang masuk. Cahaya matahari yang remang-remang tidak efektif untuk berlangsungnya fotosintesis.
- Zona afotik, yaitu zona yang tidak dapat ditembus oleh cahaya matahari, sehingga selalu gelap. Zona afotik berada pada kedalaman air lebih dari 2000 meter.

Pembagian ekosistem laut dari pantai hingga ke tengah laut dibedakan menjadi empat, yaitu:

- Zona litoral, yaitu daerah yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Daerah ini akan terendam pada saat pasang, dan menjadi daratan saat air laut surut. Zona litoral berbatasan langsung dengan daratan, sehingga banyak dihuni oleh organisme seperti bintang laut, kepiting, bulu babi, dan udang.

- Zona neritik, yaitu daerah laut dangkal dengan kedalaman kurang dari 200 meter. Zona neritik dapat ditembus oleh cahaya matahari, sehingga dihuni oleh organisme fotosintetik seperti ganggang laut.
- Zona batial, yaitu daerah laut dengan kedalaman 200 – 2000 m dan keadaannya remang-remang. Zona ini dihuni oleh berbagai jenis ikan.
- Zona abisal, yaitu daerah laut dalam dengan kedalaman lebih dari 2000 m. zona ini ditandai dengan adanya palung laut dan keadaannya gelap. Zona abisal dihuni oleh hewan-hewan predator dan pengurai.

Pada ekosistem air laut, terdapat berbagai ekosistem lain. Berikut ini macam-macam ekosistem yang ada di ekosistem air laut:

- Ekosistem pantai pasir
- Ekosistem pantai batu
- Ekosistem estuari (air payau)
- Ekosistem padang lamun
- Ekosistem hutan mangrove
- Ekosistem terumbu karang
- Ekosistem laut dalam

## **b. Ekosistem Darat**

Ekosistem darat meliputi wilayah yang luas yang disebut bioma. Tipe bioma dipengaruhi oleh iklim, letak geografis, dan ketinggian. Penamaan bioma disesuaikan dengan vegetasi yang mendominasi. Terdapat tujuh macam bioma di bumi, yaitu hutan hujan tropis, savanna, padang rumput, gurun, hutan gugur, taiga, dan tundra.

### **1. Hutan Hujan Tropis**

Hutan hujan tropis memiliki ciri-ciri:

- Curah hujan sangat tinggi, antara 200—450 cm/tahun
- Matahari bersinar sepanjang tahun dengan suhu lingkungan sekitar 21—30°C

- Vegetasi yang berada pada hutan hujan tropis sangat heterogen dan memiliki ketinggian yang bisa mencapai 55 meter. Pohon-pohon besar membuat kanopi atau tudung. Pada daerah di bawah kanopi terdapat iklim mikro yang memiliki kelembapan sangat tinggi, cahaya matahari lebih sedikit, dan suhu yang lebih rendah. Tumbuhan yang hidup di dasar hutan adalah semak belukar dan tumbuhan herba yang bedaun kecil. Beberapa tumbuhan merambat seperti rotan, anggrek, dan tumbuhan paku menempel (epifit) pada tumbuhan besar untuk mendapatkan sinar matahari. Hewan yang hidup di hutan hujan tropis antara lain, berbagai jenis burung, kelelawar, serangga, monyet, ular, tupai, harimau, dan babi hutan.

## 2. *Sabana (Savana)*

Sabana merupakan padang rumput yang diselingi oleh pohon-pohon besar. Sabana terdapat pada daerah tropis dengan curah hujan 90—150 cm/tahun. Sabana dibedakan menjadi dua, yaitu sabana murni (satu jenis pohon) dan sabana campuran (beberapa jenis pohon). Jenis tumbuhan yang hidup di sabana adalah rumput, *Eucalyptus*, *Acacia*, dan *Corypha utan*, sedangkan hewannya adalah serangga, kuda, gajah, kijang, zebra, macan tutul, dan singa. Sabana banyak ditemui di Afrika dan di Nusa Tenggara.

## 3. *Padang Rumput (Stepa)*

Padang rumput dijumpai di daerah tropis dengan iklim sedang, seperti di Amerika Selatan, Australia, dan Rusia selatan. Di Indonesia, padang rumput dijumpai di Nusa Tenggara. Bioma ini memiliki curah hujan rata-rata 25—50 cm/tahun dengan frekuensi yang tidak teratur. Bioma padang rumput hanya didominasi oleh rumput, dengan hewannya seperti serangga, Rodentia, Reptilia, burung, bison, kangguru, zebra, jerapah, kijang, singa dan cheetah.



#### 4. Gurun

Gurun merupakan padang pasir yang luas dan tandus karena curah hujan yang sangat rendah. Ciri-ciri bioma gurun adalah sebagai berikut:

- Curah hujan sangat rendah, kurang dari 25 cm/tahun
- Keadaan tanah sangat tandus dan tidak dapat menyimpan air
- Kecepatan penguapan (evaporasi) sangat tinggi
- Kelembaban udara sangat rendah
- Suhu lingkungan yang ekstrim, suhu siang hari bisa mencapai 60°C dan malam hari mencapai 0°C.
- Tumbuhan yang hidup di gurun tergolong xerofit yang memiliki ciri, berakar panjang, batang dan daunnya memiliki lapisan lilin untuk mencegah penguapan. Contoh tumbuhan xerofit adalah kaktus. Selain kaktus dapat dijumpai tumbuhan kurma dan semak belukar. Hewan yang hidup di gurun adalah kalajengking, beberapa reptilia, tikus, burung, dan unta.

#### 5. Hutan Gugur

Bioma hutan gugur terdapat di Negara dengan empat musim seperti di Amerika Serikat, Eropa Barat, dan Asia Timur. Bioma ini memiliki curah hujan merata yaitu 75—100 cm/tahun. Vegetasi yang mendominasi di bioma hutan gugur adalah pohon-pohon dengan daun lebar, seperti *elm*, *beech*, *oak*, dan *maple*. Pada musim dingin air membeku sehingga tidak mampu diserap oleh tumbuhan untuk bahan fotosintesis. Hal itu mengakibatkan pada musim dingin daun menjadi berwarna merah lalu cokelat, dan kemudian gugur. Saat musim panas, salju mencair dan tumbuhan memperoleh air sehingga tumbuhan akan bersemi untuk melakukan fotosintesis. Hewan yang hidup di hutan gugur biasanya melakukan hibernasi pada musim dingin, misalnya hamster dan kelelawar. Beberapa hewan pengerat menyimpan cadangan lemak dalam tubuhnya, sementara burung-burung akan bermigrasi ke daerah yang lebih hangat.

#### 6. *Taiga*

Taiga adalah bioma yang didominasi oleh tumbuhan berdaun jarum (konifer) yang tampak hijau, seperti cemara, *spruce*, *alder*, *birch*, dan *juniper*. Bioma ini terdapat di daerah antara subtropis dan kutub. Bioma taiga bisa ditemui di pegunungan beriklim dingin. Hewan yang dapat ditemui antara lain beruang hitam, serigala, serangga, dan burung.

#### 7. *Tundra*

Tundra adalah bioma yang paling dingin karena terdapat di kutub. Tanah ditutupi oleh salju yang mencair pada musim panas. Musim dingin tanpa sinar matahari berlangsung selama 9 bulan, dan matahari bersinar pada musim panas hanya 3 bulan. Vegetasi yang dominan di bioma tundra adalah lumut *Spaghnum* dan lumut kerak (Lichenes). Bioma ini terbagi menjadi dua, yaitu tundra arktik (kutub utara) dan tundra alpin. Tundra arktik berada di kutub utara seperti Rusia, Siberia, Kanada, dan Finlandia. Tundra alpin terdapat pada pegunungan yang tinggi, seperti di puncak gunung Jaya Wijaya di Papua.

### C. KEANEKARAGAMAN HAYATI INDONESIA

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari 18.110 pulau yang tersebar dari Sabang sampai Marauke. Pulau-pulau tersebut memiliki keadaan alam yang berbeda-beda dan menunjukkan kekhasan kehidupan yang ada di dalamnya. Hal ini yang menjadikan Indonesia mempunyai keanekaragaman flora dan fauna yang tinggi. Meskipun luas daratan Indonesia hanya 1,3 % dari luas daratan di dunia, banyak spesies dunia yang hidup di Indonesia. Indonesia merupakan peringkat pertama dunia dalam kekayaan spesies mamalia dan kupu-kupu, peringkat ketiga reptilian, peringkat keempat untuk spesies burung, peringkat kelima untuk spesies amphibi, dan peringkat ketujuh untuk tumbuhan berbunga.

Indonesia memiliki sejumlah spesies endemik tertinggi di dunia. Spesies endemik terbanyak dijumpai di Sulawesi, Papua, dan

Kepulauan Mentawai. Keanekaragaman hayati tertinggi terdapat di Papua, Sumatra, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, dan Maluku.

## a. Penyebaran keanekaragaman hayati di Indonesia

### 1. Penyebaran flora di Indonesia

Wilayah Indonesia merupakan kepulauan yang dikelilingi oleh laut yang luas dan berada di daerah tropis sehingga memungkinkan memiliki curah hujan yang tinggi. Kondisi alam tersebut sangat memengaruhi keanekaragaman flora yang ada. Kekayaan flora Indonesia meliputi 5.000 jenis anggrek, 3.000 jenis pepohonan, 2.000 jenis tumbuhan paku, dan lebih dari puluhan ribu jenis tumbuhan bunga. Persebaran flora Indonesia dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu:

- Flora Indonesia barat

Wilayah Indonesia barat memiliki curah hujan yang relatif tinggi sehingga banyak dijumpai hutan yang lebat dan tumbuhan epifit. Spesies flora Indonesia barat antara lain, pohon jati (*Tectona grandis*), rotan (*Calamus sp.*), beringin (*Ficus benjamina*), damar, gaharu, edelweiss, bunga *Rafflesia arnoldi*, bunga bangkai (*Amorpophallus titanum*).

- Flora Indonesia tengah

Flora di wilayah Indonesia tengah adalah peralihan antara flora di Indonesia barat (*orientalis*) dan Indonesia timur (*Australis*). Flora yang dapat dijumpai antara lain kayu cendana, kayu putih, kayu hitam, kemiri, akasia (*Acacia sp.*), dan berbagai jenis anggrek.

- Flora Indonesia timur

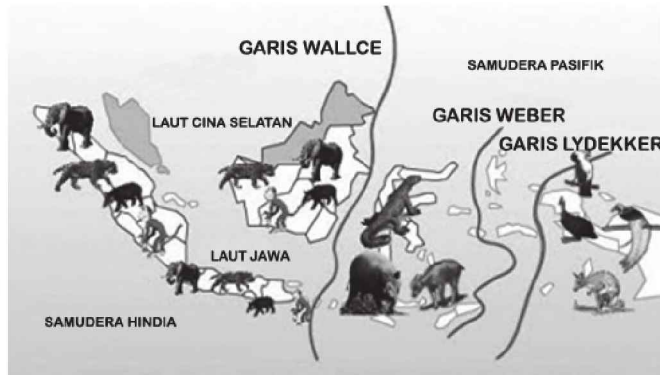
Flora Indonesia timur memiliki kesamaan dengan flora di Australia. Flora yang dapat dijumpai, antara lain beringin (*Ficus sp.*), matoa yang merupakan tumbuhan endemik di Papua. Tumbuhan endemik adalah tumbuhan yang hanya ada pada suatu wilayah tertentu dan tidak dijumpai di tempat lain. Persebaran flora endemik di Indonesia, antara lain:

❖ Bengkulu: *Rafflesia arnoldi*

- ❖ Kalimantan: meranti (*Shorea sp.*), rotan (*Calamus caesius*), anggrek hitam (*Coelogyne pandurata*)
- ❖ Papua: matoa (*Pometia pinnata*), bunga Irian (*Mucuna bennettii*)
- ❖ Jawa: pohon jati (*Tectona grandis*), mahoni (*Swietenia mahagoni*)

## 2. Penyebaran Fauna di Indonesia

Indonesia terletak di antara biogeografi Asia (oriental) dan daerah biogeografi Australia (Australian), sehingga fauna di Indonesia mencerminkan posisinya di antara kedua benua tersebut. Pada awalnya Indonesia terbagi menjadi dua zoogeografi yang dibatasi oleh garis Wallace. Garis ini membagi persebaran fauna di Indonesia menjadi bagian barat dan timur. Bagian barat dinamakan wilayah oriental (meliputi Sumatra, Jawa, Bali, Kalimantan). Sedangkan bagian Timur dinamakan wilayah Australian (meliputi Papua, Maluku, Sulawesi, Nusa Tenggara). Daerah persebaran fauna Indonesia dibagi menjadi tiga kawasan, yaitu wilayah Indonesia bagian barat, kawasan peralihan (Wallacea) dan kawasan Indonesia timur yang dipisahkan oleh garis Weber, garis Wallace, dan garis Lydekker.



Gambar 6.1. Garis Wallace, garis Weber, dan garis Lydekker

Sumber: <http://2.bp.blogspot.com/-DHEc1xcunqU/UEh9U1RmtCI/AAAAAAAAAEs/7H1t-iIEFRw/s400/garis-wallace.jpg>

- Persebaran fauna di Indonesia bagian barat (Oriental)
 

Kawasan Indonesia bagian barat meliputi, Sumatra, Jawa, Kalimantan, dan Bali. Kawasan ini dibatasi oleh garis Wallace yang terletak di antara Kalimantan dan Sulawesi dan antara Bali dengan Lombok. Garis Wallace ditemukan oleh ahli fauna Inggris yang bernama Alfred Russel Wallace. Berikut adalah fauna yang ada di Indonesia bagian barat:

  - ❖ Sumatera : gajah (*Elephas maximus*), orang utan (*Pongo pygmaeus*), tapir (*Tapirus indicus*), harimau (*Panthera tigris*).
  - ❖ Jawa : badak bercula satu di Ujung kulon, banteng
  - ❖ Bali: jalak putih dan macam-macam kera
  - ❖ Kalimantan: biawak (*Varanus salvator*), bekantan (*Nasalis larvatus*).
- Persebaran fauna di Indonesia bagian timur (Australis)
 

Kawasan Indonesia bagian timur dibatasi oleh garis Lydekker yang meliputi Papua dan pulau-pulau kecil di sekitarnya. Hewan-hewan khas Papua antara lain: burung cendrawasih (*Paradisaea minor*), burung kasuari (*Casuarius galeatus*), burung kakatua raja (*Probosciger atterimus*), kangguru pohon (*Dendrolagus ursinus*), walabi (*Darcopsulus vanheurni*), kupu-kupu sayap burung (*Ornithoptera sp.*) dan buaya irian (*Crocodylus novaeguinae*).
- Persebaran fauna di daerah peralihan
 

Kawasan peralihan meliputi Sulawesi, Maluku, Sumbawa, Lombok, dan Timor. Kawasan ini dibatasi oleh garis Wallace di sebelah barat dan garis Lydekker di sebelah timur. Di antara kedua garis tersebut terdapat garis Weber yang berada di sebelah timur Sulawesi. Garis Weber ditemukan oleh ahli zoology Jerman, Max Carl Wilhelm Weber. Pada kawasan peralihan terdapat percampuran antara fauna oriental dan fauna australis. Fauna di kawasan peralihan antara lain, anoa (*Pendrogalus inustus*), babi rusa (*Babyrousa babyrousa*), komodo (*Varanus komodoensis*), maleo (*Macrocephalon maleo*), duyung (*Dugong*), burung rangkong (*Rhyticeros cassidix*), kupu-kupu Sulawesi (*Papilio iswara*), kakatua putih (*Cacatua moluccensis*), dan kuskus beruang (*Ailurops ursinus*).

## **b. Fungsi dan Manfaat Keanekaragaman Hayati**

Keanekaragaman hayati memiliki fungsi ekologi yang sangat penting bagi kehidupan. Keanekaragaman hayati yang tinggi menghasilkan ekosistem semakin stabil. Kepunahan yang terjadi pada suatu spesies dapat mengakibatkan rusaknya rantai makanan sehingga menimbulkan kepunahan spesies lainnya. Tidak berjalannya rantai makanan dapat memengaruhi stabilitas ekosistem. Keanekaragaman hayati juga berperan untuk menjaga berbagai nutrisi dalam tanah, sehingga dapat memengaruhi berlangsungnya daur biogeokimia di alam. Keanekaragaman organisme serangga yang membantu proses penyerbukan sangat diperlukan untuk berlangsungnya regenerasi berbagai tumbuhan. Berbagai jenis jamur dan bakteri pengurai sangat diperlukan untuk mendegradasi dan menguraikan limbah organik dan sisa organisme untuk menyuburkan tanah. keanekaragaman hayati tersebut sangat memengaruhi kestabilan dan kelestarian alam.

Berikut ini adalah manfaat dari keanekaragaman hayati:

1. *Keanekaragaman hayati sebagai sumber pangan*  
Indonesia diperkirakan memiliki 400 spesies tanaman penghasil buah, 370 spesies penghasil sayuran, 70 spesies tanaman umbi-umbian, dan 55 spesies tanaman penghasil rempah-rempah.
2. *Keanekaragaman hayati sebagai sumber obat-obatan*  
Indonesia memiliki sekitar 940 spesies yang merupakan tanaman obat. Berikut ini contoh tanaman pernghasil obat:
  - Kina (*Cinchona calisaya*)
  - Mengkudu (*Morinda citrifolia*)
  - Buah merah (*Pandanus conoideus*)
  - Madu dari lebah untuk meningkatkan daya tahan tubuh
  - Ular, sebagai obat gatal-gatal atau penyakit kulit.
  - Teripang untuk regenerasi sel-sel yang rusak karena penyakit tertentu.
3. *Keanekaragaman hayati sebagai sumber kosmetik*  
Beberapa tumbuhan yang digunakan untuk kosmetik, antara lain:

- Bunga mawar (*Rosa hybrid*), melati (*Jasminum grandiflorum*), kenanga (*Canangium odotara*), dan kemuning (*Murayya exotica*) digunakan dalam pembuatan parfum
- Kemuning, begkuang, beras, dan alpukat digunakan sebagai bahan pembuatan lulur
- Urang aring, mangkokan, pandan, minyak kelapa, dan lidah buaya (*Aloe vera*) digunakan untuk pelumas dan perawatan rambut dan kulit.
- Keanekaragaman hayati sebagai sumber sandang
- Beberapa tanaman digunakan sebagai bahan sandang atau pakaian, antara lain
- Kapas (*Gossypium arboretum*), rami (*Boehmeria nivea*), pisang hutan (*Musa textilis*), sisal (*Agave sisalana*), dan kenaf (*Hibiscus cannabinus*). Pakaian khas suku Dani di Papua menggunakan bahan dari tanaman labu air (*Lagenaria siceraria*), tumbuhan wen (*Ficus drupacea*), dan kem (*Eleocharis dulcis*). Beberapa hewan juga dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan bahan untuk pakaian, seperti ulat sutra untuk membuat kain sutra, kulit sapi atau domba untuk bahan sepatu dan jaket, dan bulu dari burung untuk membuat asesoris.

#### 4. Keanekaragaman hayati sebagai sumber papan

Sebagian besar rumah di Indonesia menggunakan bahan kayu khususnya rumah adat. Kayu dimanfaatkan untuk membuat jendela, pintu, tiang, alas atap, dan furniture rumah. Beberapa tumbuhan yang dapat diambil kayunya adalah jati (*Tectona grandis*), kelapa (*Cocos nucifera*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*), meranti (*Shorea acuminata*), rasamala (*Altingia exselsa*), kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*), dan bamboo (*Dendrocalamus asper*). Di Pulau Timor dan Alor daun lontar (*Borassus flabellifer*), alang-alang (*Imperata cylindrica*) dan gebang (*Corypha utan*) digunakan untuk membuat atap dan dinding rumah.

5. *Keanekaragaman hayati sebagai aspek budaya*

Beberapa tumbuhan dan hewan juga dapat dimanfaatkan untuk adat atau ritual tertentu, misalnya dalam tradisi nyekar (ziarah kubur) yang menggunakan berbagai jenis bunga, seperti mawar, melati, cempaka, dan kenanga. Upacara kematian di Toraja menggunakan beberapa tanaman yang diyakini memiliki nilai magis, seperti limau, daun kelapa, pisang, dan rempah-rempah. Upacara Ngaben di Bali juga menggunakan 39 jenis tumbuhan yang beraroma harum seperti kenanga, melati, cempaka, pandan, sirih, dan cendana. Umat Nasrani menggunakan pohon cemara untuk perayaan hari raya natal, dan Umat Islam menggunakan hewan ternak seperti kambing, sapi, kerbau, dan unta untuk perayaan hari raya kurban.

6. *Keanekaragaman hayati sebagai plasma nutfah*

Plasma nutfah adalah bagian dari tumbuhan, hewan, atau mikroorganisme yang mempunyai fungsi dan kemampuan untuk mewariskan sifat. Plasma nutfah berguna untuk membuat varietas yang unggul, misalnya tanaman yang tahan penyakit atau tanaman yang memiliki produktivitas tinggi. Plasma nutfah akan mempertahankan kualitas sifat dari organisme dari generasi ke generasi berikutnya. Keanekaragaman plasma nutfah dapat tetap terjaga melalui pelestarian semua jenis makhluk hidup.

### **c. Pengaruh Kegiatan Manusia terhadap Keanekaragaman Hayati**

Kegiatan manusia yang menurunkan keanekaragaman hayati, antara lain penebangan liar, ladang berpindah, dan pembukaan hutan yang menyebabkan kerusakan hutan. Intensifikasi pertanian dan industrialisasi menyebabkan hilangnya habitat. Perburuan liar dan penangkapan hewan langka tanpa kenal batas menyebabkan keanekaragaman hewan menjadi berkurang. Selain itu, penemuan bibit unggul dapat mengakibatkan terdesaknya bibit lokal (*erosi*



*plasma nutfah*).

Pencemaran lingkungan juga berpengaruh terhadap keanekaragaman hayati. Beberapa polutan udara, seperti nitrogen dan sulfur oksida dari kendaraan bermotor dapat bercampur dengan air hujan membentuk hujan asam yang merusak tumbuhan. Penggunaan *chlorofluorocarbon* (CFC) yang berlebihan menjadikan lapisan ozon menipis, sehingga meningkatkan radiasi ultraviolet yang dapat mengakibatkan berkurangnya fitoplankton di perairan. Polutan yang berupa gas karbondioksida dapat menyebabkan efek rumah kaca yang berdampak terjadinya pemanasan global. Kenaikan suhu bumi mengakibatkan es di kutub mencair sehingga permukaan air laut meningkat sekitar 1—2 meter yang menyebabkan perubahan struktur dan fungsi ekosistem laut. Pemanasan global juga menyebabkan perubahan iklim yang ada di bumi. Kegiatan manusia yang meningkatkan keanekaragaman hayati, antara lain:

- a. Pemuliaan bibit unggul
- b. Reboisasi
- c. Pengendalian hama secara biologi
- d. Penebangan hutan dengan peremajaan (tebang pilih dan tanam kembali)

#### **d. Usaha Pelestarian Keanekaragaman Hayati**

Menurunnya keanekaragaman hayati menyebabkan semakin sedikitnya manfaat yang diperoleh manusia. Penurunan keanekaragaman hayati dapat dicegah dengan melakukan konservasi yang bertujuan untuk menjamin kelestarian fungsi ekosistem, mencegah punahnya spesies karena habitat yang rusak, dan menyediakan sumber plasma nutfah untuk pengembangan jenis tanaman dan hewan.

Usaha-usaha pelestarian keanekaragaman hayati dapat dilakukan secara *in situ* dan *ex situ*.

1. *Pelestarian alam secara in situ*, artinya melakukan perlindungan dan pemeliharaan hewan dan tumbuhan di habitat aslinya, contoh:

- Pelestarian komodo (*Varanus komodoensis*) di Pulau Komodo
  - Pelestarian badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus*) di ujung Kulon
  - Pelestarian bunga bangkai (*Rafflesia arnoldi*) di Bengkulu
2. *Pelestarian alam secara ex situ*, artinya melakukan perlindungan dan pemeliharaan hewan dan tumbuhan di luar habitat aslinya, contoh:
- Kebun botani, yaitu kebun yang mengoleksi berbagai jenis tumbuhan yang hidup, seperti Kebun Raya Bogor, Kebun Raya Purwodadi Jawa Timur.
  - Kebun Plasma Nutfah, mirip kebun koleksi tetapi tidak hanya mengembangkan plasma nutfah yang unggul, termasuk mencakup bibit tradisional serta kerabat liarnya.
  - Kebun Koleksi, kebun yang berisi berbagai jenis nutfah tanaman yang akan dipertahankan dan dikembangkan dalam bentuk hidup. Misalnya koleksi kelapa di Bone-Bone.
  - Penangkaran Hewan, mengambil dan menetasakan telur hewan-hewan tertentu yang pada saat tertentu akan dilepaskan, misalnya penangkaran Penyu.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Di bawah ini adalah ciri-ciri keanekaragaman genetik, *kecuali* ....
- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| A. variasi warna    | D. perbedaan jenis |
| B. variasi bentuk   | E. variasi gen     |
| C. perbedaan ukuran |                    |

**Jawaban: D**

Keanekaragaman tingkat gen adalah keanekaragaman susunan gen dalam individu dalam satu spesies. Keanekaragaman genetik terlihat pada individu dalam jenis yang sama. Keanekaragaman genetik ditunjukkan dari variasi gen yang menyebabkan perbedaan dalam warna, ukuran, dan bentuk pada organisme sejenis.

2. *Panthera tigris* (harimau) dan *Panthera leo* (singa) merupakan keanekaragaman hayati tingkat ....

- A. gen
- B. spesies
- C. genus
- D. ekosistem
- E. plasma nutfah

**Jawaban: B**

Keanekaragaman hayati tingkat spesies dapat dilihat dari beberapa jenis organisme yang memiliki ciri-ciri fisik hampir sama, namun merupakan organisme dari spesies yang berbeda. Contoh keanekaragaman tingkat spesies adalah *Panthera tigris* (harimau) dan *Panthera leo* (singa). Kedua spesies tersebut berbeda spesies, sehingga apabila disilangkan maka menghasilkan keturunan yang steril. Kedua jenis jeruk tersebut hanya mempunyai nama genus yang sama, yaitu *Panthera* namun berbeda spesies.

3. Berikut adalah kelompok tumbuhan yang menunjukkan variasi individu dalam satu spesies, yaitu ....
- A. jambu air, jambu biji, jambu mete
  - B. mangga harum manis, mangga golek, mangga manalagi
  - C. jahe, lengkuas, temu lawak
  - D. terong, tomat, kentang
  - E. cabai keriting, cabai hijau, cabai rawit

**Jawaban: B**

Keanekaragaman dalam satu spesies disebabkan oleh variasi individu. Mangga harum manis, mangga golek, dan mangga manalagi menunjukkan adanya variasi dalam satu spesies yang sama, yaitu *Mangifera indica*.

4. Indonesia terdiri atas berbagai macam bioma, keanekaragaman spesies tertinggi terdapat pada bioma ....
- A. savanna
  - B. stepa
  - C. hutan hujan tropis
  - D. hutan gugur
  - E. hutan mangrove

**Jawaban: C**

Keanekaragaman spesies paling banyak ditemui pada bioma hutan hujan tropis. Hal tersebut karena hutan hujan tropis memiliki keanekaragaman vegetasi yang sangat tinggi, dari pohon-pohon besar, semak-semak, herba, hingga tumbuhan merambat. Hutan hujan tropis termasuk hutan heterogen yang terdiri atas berbagai macam spesies tumbuhan. Vegetasi yang heterogen menyebabkan fauna yang ada di dalamnya juga bervariasi. Hewan yang hidup di hutan hujan tropis antara lain, berbagai jenis burung, kelelawar, serangga, berbagai primata, ular, tupai, harimau, dan babi hutan.

5. Berikut adalah ciri-ciri lingkungan abiotik pada ekosistem laut, *kecuali* ....
- A. salinitas rendah
  - B. penetrasi cahaya kurang
  - C. arus air dipengaruhi oleh suhu
  - D. dipengaruhi oleh iklim
  - E. dipengaruhi oleh cuaca

**Jawaban: A**

Ekosistem laut memiliki ciri-ciri:

- Mempunyai salinitas tinggi
- Tidak dipengaruhi oleh iklim dan cuaca
- Memiliki perbedaan suhu di bagian permukaan dengan di kedalaman laut
- Terdapat arus laut yang dipengaruhi oleh angin, perbedaan massa jenis air, suhu, tekanan air, gaya gravitasi, dan gaya tektonik batuan bumi.

6. Berikut ini yang bukan merupakan konservasi keanekaragaman tumbuhan secara *ex situ* adalah ....
- A. agroekosistem
  - B. kebun raya
  - C. kebun koleksi
  - D. kebun plasma nutfah
  - E. cagar alam

**Jawaban: E**

Pelestarian alam secara ex situ adalah perlindungan dan pemeliharaan hewan dan tumbuhan di luar habitat aslinya. Contoh pelestarian ex situ tumbuhan antara lain didirikannya kebun raya, kebun botani, kebun plasma nutfah, agroekosistem. Cagar alam adalah perlindungan dan pelestarian tumbuhan dan hewan di habitat aslinya.

7. Berikut macam-macam bioma yang ada di Indonesia, *kecuali* ....
- |                       |                |
|-----------------------|----------------|
| A. tundra             | D. sabana      |
| B. hutan musim        | E. hutan bakau |
| C. hutan hujan tropis |                |

**Jawaban: A**

Indonesia adalah salah satu negara tropis dan juga negara kepulauan. Berbagai bioma di Indonesia, seperti hutan musim, hutan hujan tropis, sabana, dan hutan bakau. Tundra adalah bioma yang ada di kawasan iklim subtropis.

8. Salah satu kawasan konservasi untuk *Pongo pygmaeus abelii*, salah satu hewan langka di Indonesia, yaitu ....
- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| A. T.N. Ujung Kulon   | D. T.N. Baluran        |
| B. T.N. Lore Lindu    | E. T.N. Tanjung Puting |
| C. T.N. Bukit Barisan |                        |

**Jawaban: E**

*Pongo pygmaeus abelii* atau orang utan adalah salah satu hewan khas dari Kalimantan yang terancam punah. Hewan ini dilindungi di T.N. Tanjung Puting di Kalimantan Barat dan Timur.

9. Suatu usaha pelestarian dengan cara memindahkan makhluk hidup baik hewan atau tumbuhan dari habitat aslinya ke tempat lain disebut ....
- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| A. taman nasional      | D. pelestarian in situ |
| B. kebun raya          | E. cagar alam          |
| C. pelestarian ex situ |                        |

**Jawaban: D**

Pelestarian ex situ adalah pelestarian hewan atau tumbuhan langka di luar habitat aslinya. Misalnya kebun binatang, kebun botani, Kebun Raya Bogor, dan kebun koleksi.

10. Menurut Wallace dan Weber, anoa adalah hewan yang berada pada daerah ....
- |              |              |
|--------------|--------------|
| A. oriental  | D. australis |
| B. peralihan | E. timur     |
| C. barat     |              |

**Jawaban: B**

Anoa adalah fauna khas Sulawesi yang berada pada wilayah peralihan.

# LATIHAN SOAL 6

1. Adanya variasi susunan gen pada suatu spesies tertentu menimbulkan keanekaragaman pada tingkat ....
  - A. gen
  - B. jenis
  - C. ekosistem
  - D. populasi
  - E. komunitas
2. Alasan suatu makhluk hidup dikelompokkan menjadi spesies yang sama adalah ....
  - A. mempunyai habitat yang sama
  - B. mempunyai morfologi dan fisiologi yang sama
  - C. hasil perkawinannya menghasilkan keturunan yang steril
  - D. hasil perkawinannya menghasilkan keturunan fertil
  - E. mempunyai struktur anatomi yang sama
3. Di bawah ini faktor-faktor yang mendukung timbulnya keanekaragaman hayati tingkat ekosistem, *kecuali* ....
  - A. variasi iklim
  - B. curah hujan
  - C. jenis tumbuhan dan hewan
  - D. letak dan ketinggian
  - E. anggota populasi
4. Variasi pada spesies mangga, seperti pada mangga manalagi, mangga golek, dan mangga Indramayu disebabkan oleh ....
  - A. perbedaan ekosistem dan habitat
  - B. jumlah kromosom yang berbeda
  - C. susunan perangkat gen yang sama
  - D. manifestasi keanekaragaman gen
  - E. perbedaan iklim dan curah hujan

5. Faktor penyebab adanya keanekaragaman hayati tingkat spesies adalah ....
- A. gen dan adaptasi
  - B. gen dan lingkungan
  - C. adaptasi dan lingkungan
  - D. materi genetika
  - E. habitat dan ekosistem
6. Orangutan, harimau, badak bercula satu, dan berbagai primata merupakan fauna tipe ....
- A. australia
  - B. eropa
  - C. oriental
  - D. peralihan
  - E. afrika
7. Keanekaragaman hayati tingkat ekosistem dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu ....
- A. biotik dan abiotik
  - B. biotik dan produsen
  - C. produsen dan konsumen
  - D. abiotik dan lingkungan
  - E. komunitas dan produsen
8. Berikut adalah upaya untuk melindungi keanekaragaman hayati
- 1. Melindungi *Rafflesia arnoldi* di Bengkulu
  - 2. Membudidayakan anggrek bulan di kebun raya Bogor
  - 3. Mengembangbiakkan primata di Kebun Binatang Ragunan
  - 4. Melindungi komodo di Pulau Komodo
  - 5. Melindungi badak bercula satu di Ujung kulon
- Yang termasuk dalam pelestarian in situ adalah ....
- A. 1, 2, dan 3
  - B. 1, 2, dan 4
  - C. 1, 3, dan 4
  - D. 1, 4, dan 5
  - E. 2, 3, dan 5
9. Tumbuhan konifer yang berdaun jarum merupakan ciri khas vegetasi yang ditemui pada ekosistem ....
- A. gurun
  - B. taiga
  - C. tundra
  - D. sabana
  - E. stepa



10. Di bawah ini adalah beberapa hal yang dapat memengaruhi keanekaragaman hayati:

1. Hujan asam
2. Reboisasi
3. Penebangan liar
4. Sistem tebang pilih
5. Ladang berpindah

Yang dapat menurunkan keanekaragaman hayati adalah ....

- |                |                |
|----------------|----------------|
| A. 1, 2, dan 3 | D. 2, 3, dan 4 |
| B. 1, 3, dan 4 | E. 2, 3, dan 5 |
| C. 1, 3, dan 5 |                |

11. Salah satu pelestarian sumber daya alam hayati secara ex situ, yaitu ....

- A. taman nasional di Ujung Kulon
- B. pelestarian bunga bangkai di Bengkulu
- C. taman laut Bunaken
- D. kebun plasma nutfah di Cibinong
- E. perlindungan komodo di Pulau Komodo

12. Vegetasi yang mendominasi ekosistem tundra adalah ....

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| A. tumbuhan konifer | D. lumut kerak   |
| B. tumbuhan lumut   | E. padang rumput |
| C. kaktus           |                  |

13. Revolusi hijau merupakan perubahan cara bercocok tanam dari cara tradisional menjadi modern. Tujuan dilaksanakannya revolusi hijau adalah ....

- A. mendapatkan bibit unggul dalam waktu singkat
- B. meningkatkan keanekaragaman tanaman unggul
- C. meningkatkan produksi pangan
- D. memanfaatkan lahan secara optimal
- E. mengurangi jumlah tanaman tidak unggul

14. Garis Wallace-Weber membagi wilayah Indonesia menjadi tiga bagian, yaitu wilayah oriental, australis, dan peralihan berdasarkan ....
- penyebaran flora
  - penyebaran fauna
  - kekhasan flora dan fauna
  - keanekaragaman flora dan fauna
  - flora dan fauna yang endemik
15. Di bawah ini adalah macam macam bioma
- Hutan hujan tropis
  - Taiga
  - Gurun
  - Padang rumput
  - Tundra
  - Hutan gugur
- Urutan bioma mulai dari katulistiwa menuju kutub adalah ....
- 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6
  - 2 – 3 – 4 – 1 – 6 – 5
  - 4 – 3 – 1 – 2 – 5 – 6
  - 1 – 4 – 3 – 5 – 6 – 2
  - 3 – 4 – 1 – 6 – 2 – 5
16. Perhatikan ciri-ciri bioma berikut ini!
- Terdapat dilemang gunung
  - Sepanjang hari hampir selalu hujan
  - Kelembapan tinggi
  - Suhu rendah
- Berdasarkan ciri-cirinya, vegetasi yang mendominasi daerah ini adalah ....
- rumput
  - pinus
  - lumut
  - kaktus
  - bakau
17. Bagian dangkal di tepi danau dengan komunitas tumbuhan yang dasarnya mencapai dasar perairan disebut zona ....
- Limnetik
  - Profundal
  - Epilimnion
  - Litoral
  - Hipolimnion

18. Pemerintah menggalangkan penanaman tanaman bakau di daerah payau sebagai pencegahan abrasi alami. Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman hayati mempunyai nilai ....
- A. sosial
  - B. budaya
  - C. biologis
  - D. ekologis
  - E. ekonomis
19. Untuk melindungi badak bercula satu (*Rhinoceros sundaicus*), maka kawasan Ujung Kulon dicanangkan oleh pemerintah sebagai ....
- A. kebun raya
  - B. cagar alam
  - C. hutan wisata
  - D. taman nasional
  - E. suaka margasatwa
20. Pada bulan-bulan tertentu dilakukan pemburuan terprogram terhadap babi hutan di hutan Kota Waringin, Kalimantan Barat. Hal ini bertujuan untuk ....
- A. menggalakan perburuan satwa
  - B. meningkatkan populasi babi hutan
  - C. mengendalikan populasi babi hutan
  - D. mengecilkan populasi predator babi hutan
  - E. memenuhi permintaan daging dari luar negeri
21. Kawasan hutan Gunung Merapi selain sebagai area wisata juga digunakan untuk menjaga habitat macan tutul. Hal ini bertujuan untuk ....
- A. menarik wisatawan untuk datang ke merapi
  - B. menjadikan macan tutul sebagai binatang endemik
  - C. memajukan pariwisata dengan kegiatan berburu
  - D. menyediakan suplai macan tutul untuk kebun binatang
  - E. menjaga kelestarian macan tutul yang kurang adaptif dengan habitat luar
22. Kegiatan manusia berikut ini dapat mengakibatkan terjadinya penurunan keanekaragaman hayati, *kecuali* ....
- A. membuang limbah pabrik ke sungai
  - B. menggunakan pestisida secara berlebihan
  - C. menebangi sebagian besar pohon di hutan

- D. melakukan pemulihan tanaman dengan hibridisasi
  - E. menerapkan sistem monokultur untuk semua lahan pertanian
23. Faktor-faktor berikut dapat meningkatkan keanekaragaman hayati, *kecuali* ....
- A. adaptasi
  - B. klasifikasi
  - C. domestikasi
  - D. perkawinan antarspesies
  - E. interaksi gen dengan lingkungan
24. Fenotipe pada makhluk hidup terjadi karena akumulasi ....
- A. lingkungan
  - B. genetik
  - C. genotipe dan lingkungan
  - D. fenotipe induk
  - E. genotipe
25. Kelompok mana yang menunjukkan keanekaragaman jenis dalam famili ....
- A. ayam bekisar dan ayam ras
  - B. beruang putih dan beruang cokelat
  - C. kelapa hijau dan kelapa gading
  - D. kelapa dan aren
  - E. badak bercula satu dan badak bercula dua
26. Penebangan hutan yang tidak terencana dengan tepat menyebabkan makhluk hidup menderita, sebab ....
- A. kayu untuk bahan bangunan akan berkurang
  - B. makhluk hidup sangat tergantung pada hutan
  - C. saat hujan turun, air tidak dapat menahan lapisan tanah
  - D. sumber devisa bagi negara akan berkurang
  - E. sumber hewan/tumbuhan akan musnah

27. Terbentuknya daerah habitat/bioma karena ....
- A. perbedaan udara dari jenis tanah
  - B. perbedaan letak pada garis lintang dan ketinggian
  - C. perbedaan jenis makhluk hidup yang mendiaminya
  - D. persamaan jenis makhluk hidup yang mendiaminya
  - E. persamaan jenis tanah dan makhluk hidup
28. Salah satu hasil rekayasa genetika di bidang pertanian yang merupakan sumber daya hayati adalah ....
- A. kelapa hibrida
  - B. mangga harumanis
  - C. mangga golek
  - D. durian lampung
  - E. salak manis
29. Fauna Indonesia yang bersifat endemis dan hanya ada di Sulawesi adalah ....
- A. orang utan dan kukang
  - B. burung elang putih dan burung murai
  - C. siamang dan kuskus
  - D. anoa dan burung maleo
  - E. ayam hutan paruh merah dan beruang
30. Di bawah ini adalah tumbuhan yang bermanfaat untuk keperluan sandang manusia, *kecuali* ....
- A. kapas (*Gossypium arboretum*)
  - B. rami (*Boehmeria nivea*)
  - C. pisang hutan (*Musa textilis*)
  - D. sisal (*Agave sisalana*)
  - E. jati (*Tectona grandis*)



# PLANTAE

# 7

Kingdom Plantae atau tumbuhan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- ~ Merupakan organisme eukariotik yang bermembran inti
- ~ Multiseluler
- ~ Bersifat fotoautotrof dengan fotosintesis
- ~ Mempunyai pigmen untuk fotosintesis (klorofil a, klorofil b, dan karotenoid)
- ~ Mempunyai dinding sel dari selulosa atau lignin
- ~ Mempunyai akar, batang, dan daun sejati (tumbuhan kormus)
- ~ Tidak mempunyai organ gerak aktif
- ~ Tidak mempunyai sistem saraf dan indera

Kingdom Plantae terdiri atas tiga divisi, yaitu Bryophyta (tumbuhan lumut), Pterydophyta (tumbuhan paku), dan Spermatophyta/Magnoliophyta (tumbuhan biji). Berdasarkan keberadaan pembuluh angkut, tumbuhan dibedakan menjadi dua, yaitu tumbuhan berpembuluh (*Tracheophyta*) dan tumbuhan yang tidak berpembuluh (*nontracheophyta*). Tumbuhan yang berpembuluh termasuk anggota divisi Spermatophyta dan Pterydophyta, sedangkan Bryophyta termasuk dalam tumbuhan yang tidak berpembuluh (*nontracheophyta*). Berdasarkan alat perkembangbiakannya, tumbuhan dibedakan menjadi dua, yaitu tumbuhan berspora (Bryophyta dan Pterydophyta) dan tumbuhan berbiji (Spermatophyta).

## A. BRYOPHYTA (TUMBUHAN LUMUT)

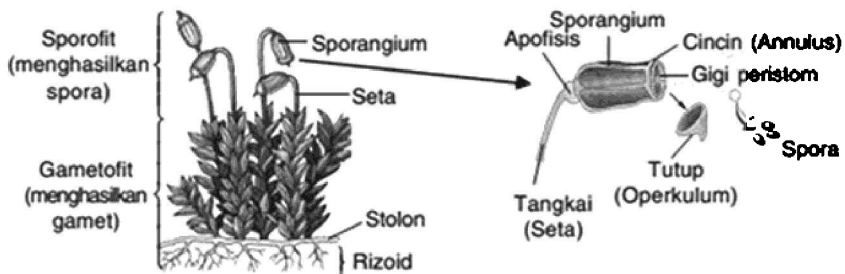
Kata Bryophyta berasal dari bahasa Yunani *bryon* yang berarti tumbuhan lumut. Tumbuhan lumut bersifat autotrof karena mempunyai plastid yang mengandung klorofil. Berdasarkan pendapat beberapa ahli, struktur tubuhnya lumut belum dianggap kormofita sejati. Lumut masih dianggap talus karena belum memiliki akar, batang, dan daun yang sejati. Lumut dianggap sebagai perkembangan dari alga hijau yang berbentuk filamen. Namun, ada beberapa ahli yang menyatakan bahwa tumbuhan lumut sudah merupakan kormofita. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tumbuhan lumut merupakan peralihan antara tumbuhan bertalus dengan tumbuhan berkormus. Tumbuhan lumut belum memiliki jaringan pengangkut, sehingga air masuk ke dalam tubuh melalui proses imbibisi, difusi, daya kapilaritas, maupun melalui aliran sitoplasma. Sistem pengangkutan tersebut mengharuskan lumut berada di tempat lembab, rawa, atau tempat teduh. Lumut tidak pernah berukuran tinggi dan besar, kebanyakan lumut memiliki tinggi kurang dari 20 cm.

### a. Ciri-ciri Bryophyta:

1. Mempunyai dinding sel yang berupa selulosa
2. Akar berupa rhizoid yang berfungsi untuk mengambil air dan unsur hara serta berfungsi untuk melekatkan diri pada substrat. Rizoid berbentuk seperti benang-benang yang tersusun dari satu deret sel yang memanjang yang bersekat.
3. Memiliki batang yang sejati, namun tidak berpembuluh. Pada batang lumut dapat dilihat tiga bagian, yaitu selapis sel kulit, korteks, dan silinder pusat. Selapis kulit luar diantaranya dapat memanjang membentuk rhizoid. Lapisan kulit dalam tersusun atas beberapa lapis sel yang membentuk korteks. Silinder pusat terdiri dari sel-sel parenkim yang berfungsi untuk mengangkut air dan makanan.
4. Daun lumut umumnya hanya berupa selapis sel, kecuali bagian ibu tulang daun. Sel-sel daunnya kecil, sempit panjang, dan

mengandung kloroplas yang tersusun seperti jala. Diataranya terdapat sel-sel mati yang berdinding tebal berfungsi untuk tempat persediaan air dan cadangan makanan.

5. Pada lumut hanya terdapat pertumbuhan primer atau pertumbuhan memanjang. Tidak terdapat pertumbuhan membesar.
6. Struktur gametofit berbentuk tumbuhan lumut yang tampak berwarna hijau, berbentuk lembaran dan menghasilkan gamet. Gamet jantan (*anteridium*) menghasilkan sel sperma dan gamet betina (*arkegonium*) menghasilkan sel telur.
7. Struktur sporofit (sporogonium) terdiri dari:
  - Vaginula, yaitu bagian yang terdiri dari kaki yang diselubungi sisa arkegonium
  - Seta, yaitu tangkai sporangium
  - Apofisis, yaitu ujung seta yang agak melebar yang merupakan peralihan antara seta dan kotak spora.
  - Kaliptra atau tudung, berasal dari dinding arkegonium sebelah atas menjadi tudung kotak spora.
  - Gigi peristom, berfungsi untuk melemparkan spora pada saat udara kering sehingga spora menyebar.
  - Kolumela, yaitu jaringan yang tidak ikut ambil bagian dalam pembentukan spora.



Lumut daun dan bagian-bagiannya

Gambar 7.1. Struktur morfologi tumbuhan Bryophyta.

Sumber: <http://lh4.ggpht.com/-VzqyCQLDGBw/UfdzxG7MU1I/AAAAAAAAA3E/k1NGORzPyhl/s1600-h/image%25255B31%25255D.png>



8. Memiliki pergiliran keturunan atau metagenesis. Lumut memiliki dua fase hidup, yaitu fase gametofit dan sporofit. Sporofit tumbuhan lumut tumbuh pada gametofit yang hijau menyerupai daun. Baik generasi sporofit maupun gametofit dapat melakukan fotosintesis. Sporofit juga mendapat makanan dari gametofit tempatnya melekat. Pembelahan meiosis terjadi pada saat pembentukan spora dari dalam sporangium. Spora lumut terbungkus oleh dinding khusus yang tahan terhadap lingkungan yang buruk. Gametofit berbentuk seperti daun yang pada bagian bawahnya terdapat rhizoid yang berfungsi seperti akar.

## **h. Sistem Reproduksi Bryophyta**

Reproduksi Bryophyta bergantian antara fase seksual dan aseksual. Reproduksi seksual dengan pembentukan gamet (anteridium dan arkegonium) di dalam gametofit. Anteridium atau gamet jantan yang berbentuk bulat seperti gada, dengan dinding berupa selapis sel yang mandul dan di dalamnya terdapat sejumlah besar induk sperma. Arkegonium atau gamet betina berbentuk seperti botol, bagian yang lebar disebut perut dan bagian yang sempit disebut leher. Di atas bagian perut terdapat saluran leher dan satu sel induk besar yang akan membelah dan menghasilkan sel telur.

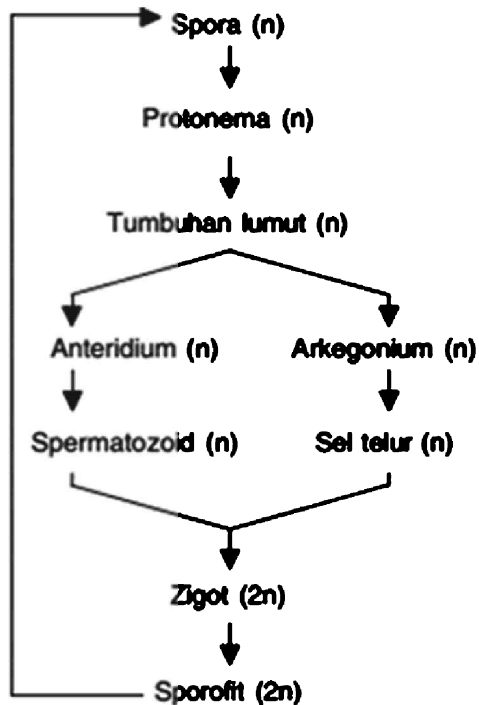
Reproduksi aseksual dengan spora haploid yang dibentuk dalam sporofit atau kotak spora. Reproduksi aseksual dan seksual berlangsung bergantian melalui suatu pergiliran keturunan (*metagenesis*). Pada lumut hati, reproduksi secara aseksual juga dapat dilakukan dengan pembentukan *gemmae cup* (piala tunas) dan fragmentasi atau pemotongan bagian tubuh.

## **c. Siklus Hidup Bryophyta**

Siklus hidup tumbuhan lumut didominasi oleh fase gametofit yang bersifat haploid. Gametofit menghasilkan anteridium dan arkegonium. Apabila anteridium dan arkegonium dihasilkan

oleh satu gametofit maka jenis tersebut disebut lumut berumah satu atau homotalus. Contoh lumut homotalus adalah lumut hati. Sedangkan apabila anteridium dan arkegonium dihasilkan oleh gametofit berbeda maka jenis tersebut disebut lumut berumah dua atau heterotalus. Contoh *heterotalus* ditemui pada lumut daun.

Metagenesis lumut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 7.2. Siklus hidup tumbuhan lumut.

Sumber: <http://lh3.ggpht.com/-tnjgqZ5oOa8/UK-WMykYwxI/AAAAAAAAABSE/UGHvzwspkZM/s1600-h/image%25255B3%25255D.png>

## AYO DIINGAT!

PSiklus hidup lumut = RaMaLZiS  
(spoRa protoneMa Lumut Zygot Sporogonium)

## d. Klasifikasi Bryophyta

### 1. Lumut daun (Bryopsida)

Bryopsida merupakan lumut sejati yang jumlahnya paling banyak dari lumut yang lain. Tubuh lumut daun berbentuk, seperti tumbuhan kecil yang tegak. Umumnya, tinggi lumut daun kurang dari 10 cm, namun ada yang tingginya mencapai 40 cm, seperti *polytricum communae*. Lumut daun tampak sudah memiliki daun, batang, namun belum memiliki akar sejati. Akar hanya berupa rhizoid yang menyerupai benang. Batang lumut daun bercabang dan daunnya berukuran kecil yang tersebar di sekeliling batang. Tubuh gametofit memiliki gametangium di bagian atasnya.

Lumut daun mengalami pergiliran keturunan antara gametofit dan sporofit. Tubuh sporofit akan tumbuh di bagian atas tumbuhan gametofit betina. Sporofit akan menempel untuk memperoleh nutrisi. Selain dengan spora, lumut daun, seperti *Spaghnum*, dapat pula bereproduksi dengan fragmentasi.

Terdapat sekitar 10.000 spesies lumut daun, antara lain, *Polytrichum juniperinum*, *Funaria*, *Sphagnum*, *Pogonatum cirrhatum*, dan *Andreapeterphilia*. *Spaghnum* apabila dikeringkan dan disterilisasi dapat digunakan untuk pembuatan kapas dan pembalut. *Spaghnum* juga berfungsi untuk membantu penyerapan air dan menjaga kelembaban tanah.

### 2. Lumut hati (Hepaticopsida)

Lumut hati mencakup 6.000 spesies dengan ciri belum bisa dibedakan antara akar, batang, dan daun (*talus*). Tubuh lumut hati tersusun dari struktur berbentuk hati dan pipih. Tubuhnya terbagi menjadi dua lobus sehingga tampak seperti lobus pada hati. Di dalam sporangium, terdapat sel yang berbentuk gulungan yang disebut elatera. Elatera akan terlepas saat kapsul terbuka, sehingga membantu memencarkan spora. Dalam reproduksi seksual, beberapa lumut hati memiliki gametangium yang terdapat pada *arkegoniofor* dan *anteridiofor*.

Arkegoniofor berbentuk cakram atau payung dengan tepi berlekuk ke dalam seperti jari. Pada bagian bawah cakram, terdapat arkegonium yang menghasilkan sel telur. Anteridiofor berbentuk, seperti cawan dengan tepi berlekuk tidak dalam. Pada bagian atas anteridiofor, terdapat anteridium untuk menghasilkan spermatozoid berflagel dua. Apabila ovum dibuahi oleh spermatozoid, akan menghasilkan zigot yang akan berkembang menjadi sporofit. Sporofit tersembunyi di bawah cakram arkegoniofor. Sporofit ( $2n$ ) selanjutnya akan membentuk sporogonium yang akan menghasilkan spora yang haploid ( $n$ ).

Beberapa jenis lumut hati, seperti *Marchantia polymorpha*, gametofitnya memiliki struktur khas yang disebut *gammae cup* (piala tunas). *Gammae cup* ini berfungsi untuk reproduksi vegetatif. Selain dengan *gammae cup*, lumut hati juga dapat melakukan fragmentasi dengan cara pemutusan sebagian tubuhnya.

Umumnya, lumut hati berumah dua (*dioseus*), misalnya *Marchantia sp.* Namun, ada beberapa jenis lumut hati yang berumah satu (*monoseus*). Contohnya, lumut hati atau *Marchantia polymorpha*, *Porella*, *Plagiochila asplenoides*, dan *Reboulia hemispherica*. *Marchantia polymorpha* digunakan orang untuk bahan pembuatan obat penyakit hepatitis.

### 3. Lumut tanduk (*Anthocerosida*)

Lumut tanduk juga belum memiliki akar, batang, dan daun sejati. Lumut tanduk memiliki gametofit yang mirip dengan lumut hati, hanya berbeda pada sporofitnya. Sporofit lumut tanduk mempunyai kapsul memanjang yang tumbuh, seperti tanduk dari gametofit. Masing-masing memiliki kloroplas tunggal yang besar. Sporofit tumbuh dari jaringan cawan arkegonium. Sporofit yang matang bagian ujungnya akan terbelah menjadi dua. Sporogonium memiliki benang-benang elater yang berfungsi untuk pengeluarannya dan pada kapsulnya terdapat stomata. Lumut tanduk ada yang berumah satu (*homotalus*) maupun berumah dua (*heterotalus*). Ciri unik lumut

tanduk, yaitu sporofit akan terus tumbuh selama masa hidup gametofit. Contohnya, *Anthoceros natans* yang mempunyai anteridium dan arkegonium melekat pada talus gametofit.

## B. PTERYDOPHYTA (TUMBUHAN PAKU)

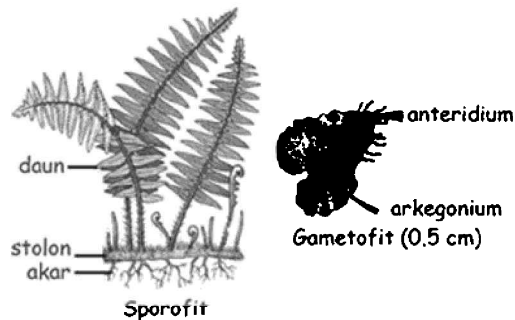
Pterydophyta atau tumbuhan paku adalah tumbuhan kormus yang paling sederhana. Semua tumbuhan paku memiliki empat struktur penting, yaitu:

- ~ Lapisan pelindung sel yang steril pada sekeliling organ reproduksi.
- ~ Embrio multiseluler yang terdapat pada arkegonium
- ~ Kutikula pada bagian luar
- ~ Sistem transpor internal yang mengangkut air dan nutrisi dari dalam tanah. Sistem pembuluh angkut tumbuhan paku sudah mirip dengan sistem transport pada tumbuhan tingkat tinggi.

### a. Ciri-ciri Pterydophyta

1. Akar tumbuhan paku adalah akar serabut yang berupa rizoma. Ujung akar dilindungi oleh kaliptra. Pada titik tumbuh akar terdapat sebuah sel puncak berbentuk bidang empat yang membelah ke empat arah menurut bidang sisinya. Sel yang dibentuk ke arah luar akan membentuk kaliptra, sedangkan ketiga arah lainnya akan menjadi sel-sel akar. Sel-sel akar akan membentuk *epidermis* (kulit luar), *korteks* (kulit dalam), dan silinder pusat (*stele*). Pada silinder pusat terdapat berkas pembuluh yang bertipe konsentris, dengan xilem dikelilingi oleh floem.
2. Batang pada tumbuhan paku sebagian besar tak tampak karena berada di dalam tanah. Apabila muncul dari permukaan tanah batangnya sangat pendek. Namun, ada beberapa jenis paku tiang yang memiliki batang dengan panjang mencapai 5 meter seperti *Cyathea* dan *Alsophila*.

3. Daun tumbuhan paku memiliki ciri khas, yaitu pada daun menggulung pada waktu muda.



Gambar 7.3. Struktur tumbuhan paku

Sumber: <http://sciencebooth.files.wordpress.com/2014/01/paku.jpg>

Berdasarkan bentuk, ukuran, dan susunannya, daun tumbuhan paku dibedakan menjadi dua, yaitu daun mikrofil dan makrofil.

- Mikrofil adalah daun yang berukuran kecil seperti rambut atau sisik, tidak memiliki tangkai, dan tidak bertulang daun. Mikrofil belum memperlihatkan adanya diferensiasi sel. Daun tersebut tidak dapat dibedakan antara bagian epidermis, tulang daun, maupun daging daunnya.
- Makrofil adalah daun yang berukuran besar, bertangkai, bertulang daun, dan bercabang. Sel makrofil sudah mengalami diferensiasi, sehingga dapat dibedakan bagian-bagiannya. Pada makrofil dapat dibedakan antara jaringan tiang (*palisade*), jaringan bunga karang (*spons*), tulang daun, dan terdapat stomata.

Ada pula yang membedakan daun tumbuhan paku menjadi dua, yaitu paku heterofil dan homofil. Paku heterofil memiliki dua macam daun yang berbeda ukurannya, misalnya *Drymoglossum* yang memiliki sporofil yang lebih panjang dibandingkan dengan tropofil. Paku homofil memiliki daun yang ukurannya sama, misalnya suplir (*Adiantum cuneatum*) dan *Nephrolepis*.

Berdasarkan fungsinya, daun tumbuhan paku dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Tropofil merupakan daun steril yang berfungsi untuk proses fotosintesis
  - Sporofil merupakan daun fertil yang berfungsi untuk menghasilkan spora yang bersifat haploid. Sporofil juga dapat melakukan fotosintesis, sehingga disebut troposporofil.
4. Spora tumbuhan paku berada dalam sporangium atau kotak spora. Sporangium berada di dalam kotak yang terbuka atau tertutup oleh indusium. Di dalam sporangium terdapat annulus yaitu sejumlah sel penutup yang berdinding tebal dan membentuk cincin. Bila sporangium kering maka, annulus akan membuka dan menyebarkan spora. Kumpulan sporangium disebut sorus. Sorus biasanya berada di bagian permukaan bawah daun. Berikut ini letak sorus pada beberapa jenis tumbuhan paku:
- Bagian daun sebelah bawah, contoh *Angiosperis erecta*
  - Bagian tepi daun sebelah bawah, contoh *Adiantum cuneatum* (suplir)
  - Sepanjang daun sebelah bawah, contoh *Drymoglossum heterophilum* (paku sisik naga)
  - Sepanjang tulang daun, contoh *Asplenium nidus* (paku sarang burung).

Selain berbentuk sorus, sporangium dapat membentuk suatu bangun kerucut bersama sporofil yang disebut stobilus. Contohnya, *Lycopodium* dan *Selaginella*. Sporangium juga terkadang terbungkus oleh daging buah (karpelum) yang disebut sporokarp. Contohnya, *Salvinia*, *Marsilea*, *Azolla*, dan paku air lainnya.

Berdasarkan spora yang dihasilkannya, tumbuhan paku dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- Paku homospora (*isospora*), yaitu kelompok tumbuhan paku yang menghasilkan satu jenis spora, dengan bentuk dan ukuran yang sama. Paku homospora disebut juga tumbuhan berumah satu

(*monoseus*) karena sporanya akan tumbuh menjadi protalium yang menghasilkan anteridium dan arkegonium. Misalnya pada *Lycopodium* (paku kawat), *Nephrolepis*, *Drymoglossum*, dan *Dryopteris*.

- Paku heterospora (*anisospora*), yaitu tumbuhan paku yang menghasilkan dua jenis spora yang berlainan. Spora yang besar atau megaspora yaitu spora betina yang akan tumbuh menjadi megaprotalium untuk menghasilkan arkegonium. Spora yang kecil atau mikrospora adalah spora jantan yang akan tumbuh menjadi mikroprotalium untuk menghasilkan anteridium. Paku heterospora disebut juga paku berumah dua (*dioseus*). Misalnya pada *Selaginella* (paku rane) dan *Marsilea crenata* (semanggi)
  - Paku peralihan, yaitu tumbuhan paku peralihan antara paku homospora dan heterospora. Paku peralihan mempunyai spora dengan bentuk dan ukuran sama, namun berbeda jenis kelaminnya. Spora akan tumbuh menjadi protalium yang menghasilkan salah satu alat kelamin, anteridium atau arkegonium saja. Paku peralihan termasuk berumah dua. Contohnya pada *Equisetum debile* (paku ekor kuda).
5. Gametofit pada tumbuhan paku berupa talus. Pada gametofit paku dewasa, terdapat struktur pipih kecil yang berbentuk hati dan melekat di tanah yang disebut protalus (protalium). Protalus bisa menghasilkan anteridium dan arkegonium di bagian bawahnya. Umumnya, gametofit tumbuhan lumut memiliki klorofil, sehingga dapat berfotosintesis. Namun, ada pula yang tidak bisa berfotosintesis, sehingga harus bersimbiosis dengan jamur untuk mendapatkan nutrisi.
6. Habitat tumbuhan paku di darat. Ada beberapa jenis paku yang dapat beradaptasi untuk hidup di air. Umumnya, tumbuhan paku berada di dataran rendah, tepi pantai, atau lereng gunung. Tumbuhan paku menyukai tempat yang teduh dan lembap.



## **h. Reproduksi Pteridophyta**

Tumbuhan paku dapat bereproduksi secara aseksual dengan stolon yang menghasilkan gemma atau tunas. Gemma adalah anakan pada tulang daun atau kaki daun yang mengandung spora, sedangkan reproduksi seksual tumbuhan paku ditandai dengan pembentukan sel kelamin jantan dan betina oleh alat kelamin (*gametangium*). Gametangium jantan (anteridium) menghasilkan sel sperma dan gametangium betina (*arkegonium*) menghasilkan sel telur. Seperti pada tumbuhan lumut, tumbuhan paku juga mengalami pergiliran keturunan (*metagenesis*). Metagenesis ini berbeda antara paku heterospora dan paku homospora.

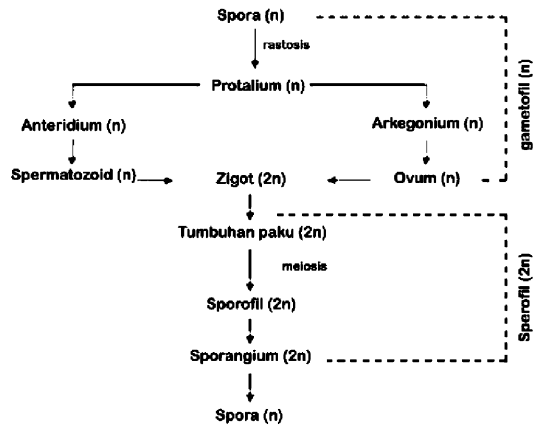
Pada metagenesis Pteridophyta, fase sporofit lebih dominan bila dibandingkan dengan fase gametofit. Fase sporofit tumbuhan paku berupa tumbuhan paku itu sendiri yang bersifat diploid, sedangkan fase gametofitnya, protalium yang memiliki umur pendek. Protalium ini hanya berumur sekitar beberapa minggu. Pada protalium, terdapat anteridium dan arkegonium yang berperan untuk menghasilkan sel kelamin jantan dan betina.

Metagenesis pada siklus hidup tumbuhan paku homospora sebagai berikut:

1. Spora haploid ( $n$ ) bila jatuh di tempat yang sesuai akan berkecambah dan sel-selnya akan membelah secara mitosis serta tumbuh menjadi protalium (gametofit) yang haploid.
2. Protalium akan membentuk anteridium dan arkegonium yang haploid.
3. Anteridium akan menghasilkan spermatozoid berflagel ( $n$ ) dan arkegonium akan menghasilkan sel telur ( $n$ ).
4. Spermatozoid akan membuahi sel telur di dalam arkegonium dan menghasilkan zigot yang diploid ( $2n$ ).
5. Zigot akan mengalami pembelahan mitosis dan tumbuh menjadi tumbuhan paku (sporofit) yang diploid ( $2n$ ). Tumbuhan paku tersebut keluar dari arkegonium induknya.
6. Tumbuhan paku akan menghasilkan sporofil atau daun pembentuk spora yang bersifat diploid ( $2n$ ).

7. Sporofil memiliki sporangium yang di dalamnya terdapat sel induk spora yang berkromosom diploid ( $2n$ ). Sel induk spora yang diploid akan mengalami pembelahan secara meiosis membentuk spora yang haploid ( $n$ ).

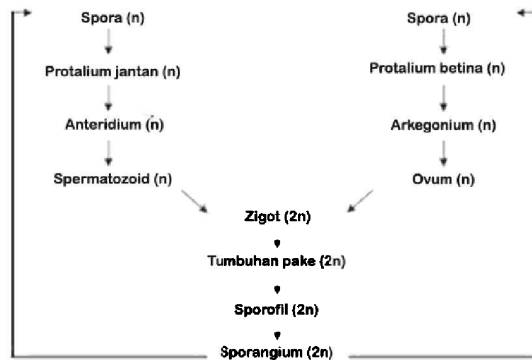
Berikut adalah skema metagenesis Pteridophyta



skema daur hidup paku homospora

Gambar 7.4. Daur hidup tumbuhan paku homospora

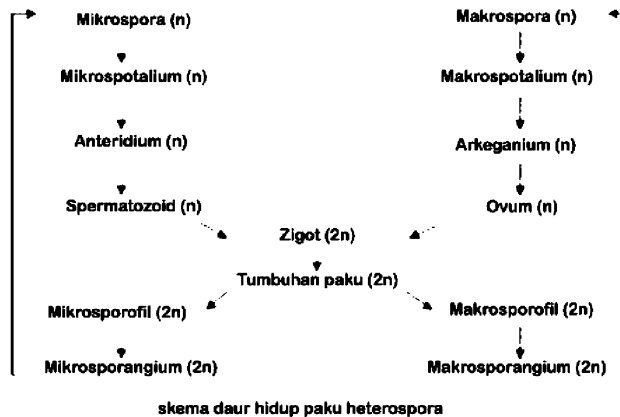
Sumber: [http://4.bp.blogspot.com/-8O8RP\\_Fm8uc/T2S-BCL4InI/AAAAAAAAAI8/QZnQ5Xhf4IY/s320/paku+homospor.JPG](http://4.bp.blogspot.com/-8O8RP_Fm8uc/T2S-BCL4InI/AAAAAAAAAI8/QZnQ5Xhf4IY/s320/paku+homospor.JPG)



skema daur hidup paku peralihan

Gambar 7.5. Daur hidup paku peralihan

Sumber: <http://4.bp.blogspot.com/-2gNGB5Aykhc/T2S-sLWpR5I/AAAAAAAAAI8/DbQjKHsSeQY/s1600/paku+Peralihan.JPG>



Gambar 7.6. Metagenesis pada tumbuhan paku heterospora  
 Sumber: [http://2.bp.blogspot.com/-A3RP\\_SBgclc/T2S-pq\\_vneI/AAAAAAAAA10/YBlq7z3NIDk/s320/paku+heterospor.JPG](http://2.bp.blogspot.com/-A3RP_SBgclc/T2S-pq_vneI/AAAAAAAAA10/YBlq7z3NIDk/s320/paku+heterospor.JPG)

### c. Klasifikasi Pteridophyta

Terdapat sekitar 20.000 spesies tumbuhan paku yang sudah diklasifikasikan. Klasifikasi dapat diamati dengan:

- ~ Ada atau tidaknya daun serta bentuk dan susunan daunnya.
- ~ Susunan sporangium, jenis, bentuk, dan ukuran sporanya.
- ~ Bentuk dan susunan anatomi tubuh.

Pteridophyta dibedakan menjadi empat subdivisi, yaitu Psilopsida, Lycopsida, Sphenopsida, dan Pteropsida.

#### 1. *Psilopsida* (Paku Purba)

Psilopsida merupakan paku purba yang sebagian besar anggotanya sudah punah. Psilopsida adalah tumbuhan paku yang paling sederhana. Psilopsida yang masih hidup saat ini adalah *Psilotum nudum*. Psilopsida memiliki bentuk tubuh sangat sederhana dengan tinggi sekitar 30 cm — 1 meter. Sporofit umumnya tidak memiliki daun dan akar yang sejati, tetapi memiliki rizom yang dikelilingi oleh rhizoid. Struktur batang

bercabang dua (dikotom), berklorofil, dan sudah memiliki sistem vaskular (pembuluh) untuk mengangkut air dan garam-garam mineral. Sporangium dibentuk di ketiak setiap ruas batang. Sporangium menghasilkan spora dengan bentuk dan ukuran yang sama (paku homospora). Gametofit tidak mengandung klorofil, sehingga tidak dapat berfotosintesis. Oleh karena itu gametofit akan bersimbiosis dengan jamur untuk mendapatkan nutrisi.

Jenis paku Psilopsida, antara lain *Rynia* (paku tidak berdaun) yang telah memfosil. Psilopsida yang masih hidup di bumi saat ini adalah *Tmesipteris* yang tumbuh di Kepulauan Pasifik dan *Psilotum* yang ada di daerah tropis dan subtropis.

## 2. *Lycopsida* (Paku Kawat)

*Lycopsida* atau paku kawat disebut juga club moss (lumut gada) atau ground pine (pinus tanah). *Lycopsida* yang berukuran besar (sekitar 3 m) hidup di rawa-rawa, tetapi akan punah saat rawa tersebut mengering. Sementara *Lycopsida* yang berukuran kecil masih bisa bertahan hidup hingga sekarang. *Lycopsida* ditemukan di daerah tropis, tumbuh di tanah atau epifit di kulit pohon.

Generasi sporofit terlihat jelas. Sporofit tersusun dari sel-sel berklorofil dan memiliki daun pada batang. Batang berbentuk seperti kawat, dan pada ujung cabang batang terdapat sporofil yang berbentuk gada (stobilus) yang mengandung sporangium. Sporangium selanjutnya akan menghasilkan spora. Gametofit tidak berklorofil, sehingga harus bersimbiosis dengan jamur untuk mendapatkan makanan. Setiap gametofit memiliki arkegonium dan anteridium.

*Lycopodium* sp. termasuk paku homospora karena menghasilkan spora tunggal yang akan berkembang menjadi gametofit biseksual yang memiliki organ jantan maupun betina. *Selaginella* sp. merupakan tanaman heterospora, karena menghasilkan dua jenis spora.

### 3. *Sphenopsida* atau *Equisetopsida* (Paku Ekor Kuda)

*Sphenopsida* sering disebut juga paku ekor kuda karena memiliki percabangan yang berbentuk ulir sehingga menyerupai ekor kuda. Kebanyakan paku *Sphenopsida* hidup di tempat berpasir. Sporofit paku ekor kuda memiliki daun kecil berbentuk sisik, agak transparan, dan tersusun melingkar pada batang. Batang tampak keras karena dinding selnya tersusun atas silika. Pada beberapa ujung batang terdapat sporangium untuk menghasilkan spora. Spora yang dihasilkan memiliki ukuran yang sama tetapi jenisnya berbeda. Oleh karena itu paku ekor kuda termasuk dalam paku peralihan. Paku ekor kuda memiliki akar sejati berupa rizoma. Gametofit mengandung klorofil sehingga dapat berfotosintesis. Gametofit berasal dari perkembangan spora. Gametofit menghasilkan anteridium dan arkegonium.

*Sphenopsida* hidup di tepian sungai yang lembap dan daerah subtropis di belahan bumi utara. Contoh *Sphenopsida* adalah *Equisetum debile*, *Equisetum ramosissimum*, *Equisetum arvense*, dan *Calamites*.

### 4. *Pteropsida* (Paku Sejati)

*Pteropsida* banyak terdapat di hutan subtropis maupun di daerah tropis. *Pteropsida* banyak ditemukan hidup di tanah, air, atau epifit di pohon. *Pteropsida* memiliki daun muda yang menggulung (circinate). Paku *Pteropsida* mempunyai daun – daun yang lebih besar dibandingkan divisi lainnya. Ada dua jenis daun yaitu Megafil dan Mikrofil. Megafil mempunyai sistem percabangan pembuluh. Mikrofil adalah daun yang muncul dari batang yang mengandung untaian tunggal jaringan pengangkut. *Pteropsida* mempunyai tropofil dan sporofil. Pada sporofil terdapat sporangium yang berisi spora. *Pteropsida* yang hidup di air sporangiumnya terkumpul dalam sporokarp. Gametofit berklorofil dengan ukuran bervariasi. Gametofit (*protalium*) bersifat biseksual atau uniseksual. *Pteropsida* memiliki ukuran batang bervariasi, dan biasanya batang berada di permukaan tanah berupa rizom. Terdapat 12.000 spesies *Pteropsida* antara lain *Marsilea crenata*, *Adiantum cuneatum*, dan *Asplenium nidus*.

#### d. Peran Pterydophyta dalam Kehidupan

Beberapa jenis tumbuhan paku bermanfaat bagi kehidupan manusia. Contoh pemanfaatan tumbuhan paku oleh manusia, antara lain:

- ~ tanaman hias, misalnya *Platycerium bifurcatum* (paku tanduk rusa), *Asplenium nidus* (paku sarang burung), *Adiantum cuneatum* (suplir), dan *Selaginella* (paku rane).
- ~ sayuran, misalnya *Marsilea crenata* (semanggi) dan *Pteridium aquilium*
- ~ penghasil bahan obat – obatan, misalnya *Aspidium sp.*, *Dryopteris filix-mas*, dan *Lycopodium clavatum*.
- ~ bahan pupuk hijau, misalnya *Azolla pinnata* yang dapat bersimbiosis dengan alga hijau-biru *Anabaena azollae* dalam memfiksasi nitrogen bebas.

### C. TUMBUHAN BIJI (SPERMATOPHYTA)

Tumbuhan biji meliputi tumbuhan berpembuluh yang berkembang biak secara generatif dengan membentuk biji. Di dalam biji, terdapat calon individu baru dan cadangan makanan (endosperma) yang terbungkus oleh lapisan pelindung.

Umumnya, Spermatophyta bersifat autotrof karena mampu berfotosintesis. Namun, ada beberapa tumbuhan lainnya yang tidak mengandung klorofil, seperti tali putri (*Cuscuta sp.*), sehingga hidup sebagai parasit. Benalu juga termasuk ke dalam tumbuhan parasit walaupun memiliki klorofil untuk berfotosintesis.

Sebagian besar Spermatophyta hidup di darat, sebagian lainnya hidup di air, seperti eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dan teratai. Sebagian spermatophyte hidup di tanah, epifit di pohon, atau parasit pada tumbuhan lainnya. Spermatophyta meliputi *Angiospermae* dan *Gymnospermae*. Tumbuhan biji menunjukkan keanekaragaman struktur, pertumbuhan, dan proses-proses perkembangbiakan yang mengagumkan. Ciri-ciri umum tumbuhan berbiji sebagai berikut:

- ~ Struktur perkembangbiakan yang khas adalah biji yang dihasilkan oleh bunga ataupun rujung. Setiap biji mengandung

bakal tumbuhan, yaitu embrio yang terbentuk oleh suatu proses reproduksi seksual. Setelah bertunas, embrio ini tumbuh menjadi tumbuhan yang dewasa.

- ~ Sel sperma menuju sel telur melalui tabung serbuk sari yang hanya terdapat pada tumbuhan biji.
- ~ Tumbuhan biji mempunyai jaringan pembuluh yang rumit. Jaringan ini merupakan saluran untuk mengangkut air, mineral, makanan, dan bahan-bahan lain.
- ~ Tumbuhan biji mempunyai klorofil yang penting untuk fotosintesis.

Spermatophyta merupakan kormofita sejati karena dapat dibedakan dengan jelas bagian-bagian tubuhnya; akar, batang, dan daun. Tubuhnya makroskopis dengan ukuran yang bervariasi. Bentuk tubuh Spermatophyta dibedakan menjadi semak, perdu, pohon, dan liana.

- ~ Semak, mempunyai batang pendek, merayap, dan berumpun, seperti rumput teki (*Cyperus rotundus*) dan serai (*Andropogon nardus*).
- ~ Perdu, berbentuk seperti pohon tetapi berbatang kecil dan pendek, seperti bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*) dan cabai (*Capsicum annum*).
- ~ Pohon, mempunyai batang yang besar dan tinggi, seperti jati (*Tectona grandis*) dan mangga (*Mangifera indica*).
- ~ Liana, berbentuk seperti tali yang melilit pada pohon lain, seperti rotan (*Calamus rotang*) dan sirih (*Piper betle*).

Seperti halnya lumut dan paku, tumbuhan biji juga mengalami pergiliran keturunan. Tumbuhan biji yang kita lihat merupakan generasi sporofit. Sementara generasi gametofit sudah tereduksi dan dikelilingi oleh jaringan sporofitnya. Generasi sporofit bersifat dominan, sedangkan gametofit bergantung sepenuhnya pada sporofit. Tidak seperti lumut dan paku, tumbuhan biji tidak mempunyai fase gametofit yang hidup bebas. Akar Spermatophyta ada yang berbentuk serabut dan tunggang, batang ada yang berkambium dan tidak berkambium, daun sangat bervariasi dengan

tulang daun berbentuk lurus, menyirip, atau menjari. Spermatophyta memiliki pembuluh angkut xilem dan floem, baik di batang, akar, maupun daunnya. Alat perkembangbiakan secara generatif berupa bunga atau strobilus. Embrio tumbuhan biji berketub dua (bipolar). Tumbuhan biji dibedakan menjadi dua divisi berdasarkan letak bijinya, yaitu *Gymnospermae* atau *Pinophyta* (tumbuhan biji terbuka) dan *Angiospermae* atau *Magnoliophyta* (tumbuhan biji tertutup).

## **a. Gymnospermae (Pinophyta)**

### **1. Ciri-ciri Tubuh Gymnospermae**

Ciri-ciri gymnospermae tidak mempunyai bunga sejati, tidak ada mahkota bunganya. Gymnospermae memiliki strobilus yang berbentuk sisik yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan secara generatif menggantikan bunga. Bakal biji terdapat di luar permukaan dan tidak dilindungi oleh daun buah (karpel). Spermatophyta merupakan tumbuhan heterospora yang menghasilkan dua jenis spora berlainan, megaspora membentuk gamet betina, sedangkan mikrospora menghasilkan serbuk sari. Bakal biji tumbuh dan terletak di luar megasporofil (ovarium) dalam bentuk strobilus berkayu. Sporofil jantan dan betina letaknya terpisah, sehingga strobilus terbagi menjadi strobilus jantan dan strobilus betina. Gymnospermae berumah dua hanya memiliki satu jenis strobilus, sedangkan Gymnospermae berumah satu memiliki strobilus jantan dan betina dalam satu pohon.

Gymnospermae adalah tumbuhan tahunan yang berkayu dengan bentuk bervariasi. Akar berbentuk serabut atau tunggang. Batang dapat tumbuh membesar dan bercabang. Batang mengandung trakeid yang merupakan bentuk awal dari xilem. Bentuk daun ada yang kecil dan tebal berbentuk jarum dan ada pula yang tipis seperti lembaran.

### **2. Siklus Hidup Gymnospermae**

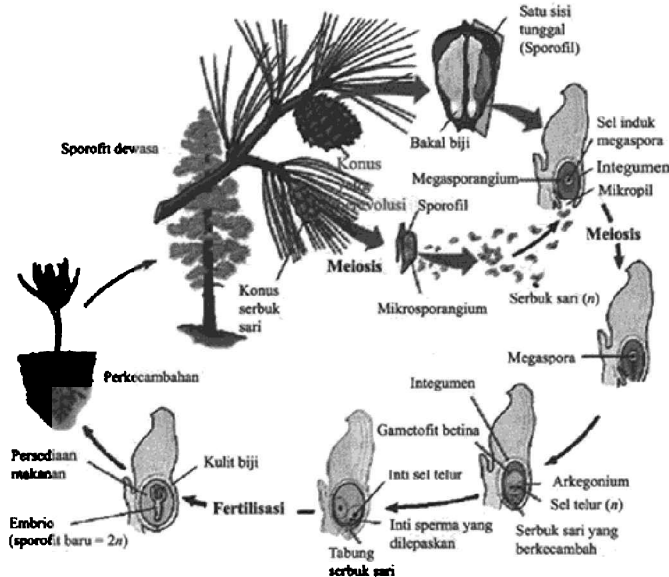
Gymnospermae bereproduksi secara generatif dengan membentuk biji dengan alat reproduksi berupa strobilus.



Penyerbukan umumnya dibantu oleh angin (*anemokori*). Gymnospermae mengalami pembuahan tunggal. Siklus hidup gymnospermae, misalnya pinus, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pohon pinus (*sporofit*) diploid yang telah dewasa membentuk strobilus jantan dan betina.
- Strobilus jantan memiliki sporofil berupa daun kecil yang mengandung ratusan mikrosporangia. Sel-sel dalam mikrosporangia membelah secara meiosis menghasilkan gamet jantan yang berupa butir serbuk sari yang haploid.
- Strobilus betina memiliki sporofil berbentuk sisik. Setiap sisik mengandung dua bakal biji. Bakal biji memiliki makrosporangium yang terlindung oleh integument dengan lubang mikrofil.
- Penyerbukan terjadi bila serbuk sari jatuh pada strobilus betina, kemudian serbuk sari masuk melalui mikrofil menuju ke bakal biji. Namun, pembuahan akan terjadi setelah satu tahun terjadinya penyerbukan.
- Dalam strobilus betina terjadi pembelahan megaspora secara meiosis sehingga menghasilkan empat sel yang haploid. Namun hanya satu sel yang hidup dan tumbuh menjadi megaspora. Tiga sel lainnya mengalami reduksi dan mati.
- Megaspora yang haploid akan membelah secara mitosis berkali-kali sehingga membentuk jaringan gametofit betina. Jaringan gametofit betina akan membentuk arkegonium yang masing-masing mengandung satu ovum.
- Serbuk sari yang jatuh pada mikrofil akan berkecambah membentuk buluh serbuk sari menuju ke ruang arkegonium. Dalam serbuk sari terdapat sel generatif yang membelah menjadi dua, yaitu sel steril (dislokator) dan sel spermatogen. Sel spermatogen akan membelah menjadi dua spermatozoid yang berbeda ukuran (besar dan kecil). Saat mencapai ovum sel steril dan sel spermatozoid yang berukuran kecil akan mati, sedangkan sel spermatozoid yang berukuran besar akan membuahi ovum membentuk zigot ( $2n$ ).

- Zigot akan tumbuh menjadi embrio yang merupakan sporofit baru. Embrio mendapat nutrisi dari jaringan gametofit. Embrio dan cadangan makanan dibungkus oleh selaput biji yang berasal dari integumen sporofit induk.



Gambar 7.7. Siklus hidup Gymnospermae (Pinus merkusii).

Sumber: [http://4.bp.blogspot.com/-r1ntHqP8QHE/Uke7eO\\_1t1I/AAAAAABMM/vGmCCFgFFAg/s400/Siklus+hidup+pinus.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-r1ntHqP8QHE/Uke7eO_1t1I/AAAAAABMM/vGmCCFgFFAg/s400/Siklus+hidup+pinus.jpg)

### 3. Klasifikasi Gymnospermae

Divisi Gymnospermae dibagi menjadi empat kelas yaitu *Cycadinae*, *Coniferae*, *Gnetinae*, dan *Ginkgoinae*.

#### • Cycadinae

Tumbuhan ini tubuhnya mirip dengan palem. Cycadinae memiliki batang pendek dan tidak bercabang serta pertumbuhannya sangat lambat. Cycadinae memiliki daun majemuk dengan helaian daun menyirip. Daun tersusun spiral rapat di sekeliling batangnya. Daun muda menggulung, seperti pada tumbuhan paku. Akar Cycadinae berbentuk akar tunggang yang panjang dan berumbi. Pada batang yang dekat

dengan pangkal akar tumbuh tunas yang merupakan cara perkembangbiakan vegetatif.

Cycadophyta hidup di daerah tropis dan subtropis. Cycadinae berumah dua atau diesis karena menghasilkan makrospora dan mikrospora pada tumbuhan yang berbeda. Makrospora pada tumbuhan betina dan mikrospora pada tumbuhan jantan. Contoh *Cycadinae*, *Cycas revoluta*, *Cycas rumphii*, *Dioon edule*, dan *Zamia floridana*.

- **Coniferae**

Coniferae lebih dikenal sebagai konifer yang merupakan penyusun hutan konifer di belahan bumi utara dan di sebagian pegunungan tropis. Coniferae umumnya berupa pohon tinggi, dengan daun berbentuk kecil, tebal, seperti jarum atau sisik, dan selalu tampak berwarna hijau (evergreen). Coniferae umumnya berumah satu karena memiliki dua jenis strobilus dalam satu pohon. Namun, strobilus jantan dan betina terletak pada cabang yang berbeda. Strobilus jantan berukuran lebih kecil dan tumbuh secara bergerombol. Contoh tumbuhan konifer antara lain *Pinus merkusii*, *Agatis dammara*, dan *Podocarpus nerifolius*.

- **Gnetinae**

Gnetinae merupakan tumbuhan berbentuk pohon atau liana dengan batang bercabang atau tidak bercabang. Gnetinae memiliki daun tunggal bertulang daun menyirip dengan susunan daun berhadapan. Gnetineae merupakan tumbuhan berumah dua atau berkelamin tunggal. Gnetinae berbeda dengan kelompok lainnya karena memiliki pembuluh kayu untuk mengatur air pada bagian xilemnya. Contoh dari *Gnetinae*, melinjo (*Gnetum gnemon*), *Epedra sinica*, dan *Welwitschia mirabilis*.

- **Ginkgoinae**

Ginkgoinae merupakan kelompok Gymnospermae dengan jumlah spesies paling sedikit. Ginkgoinae termasuk tumbuhan diesis, yaitu tumbuhan dengan organ kelamin jantan dan betina terpisah dalam pohon yang berbeda. Ginkgoinae berbentuk

pohon yang meranggas, berdaun lebar, dan tulang daun yang menonjol. Tumbuhan ini dapat hidup pada lingkungan dengan tingkat polusi yang tinggi. Contohnya, *Ginkgo biloba*, *Ginkgo adiantoides*, dan *Ginkgo gardneri* yang sudah punah.

Manfaat gymnospermae yaitu untuk industri kertas (*Podocarpus*, *Pinus*, *Squoia*, dan *Agathis*), untuk obat-obatan (*Ginkgo biloba*, *Pinus*, *Ephedra*, *Juniperus*), sebagai bahan makanan (*Gnetum gnemon*), dan tanaman hias (*Cycas*, *Dioon edule*, *Cupressus*, *Araucaria*). *Ginkgo biloba* juga untuk bahan kosmetik yang berfungsi untuk menunda penuaan. *Pinus* juga dimanfaatkan sebagai bahan terpertin. Beberapa Gymnospermae yang berupa pohon juga menghasilkan kayu untuk bahan bangunan, seperti *Podocarpus*, *Agathis*, dan *Squoia*.

## **h. Angiospermae (Magnoliophyta)**

### **1. Ciri-ciri Angiospermae**

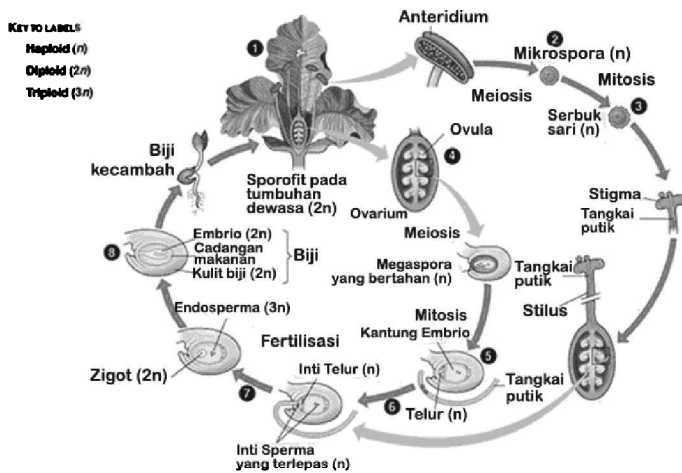
Angiospermae memiliki bakal biji atau biji yang tertutup oleh daun buah, mempunyai bunga sejati, umumnya tumbuhan berupa pohon, perdu, semak, liana dan herba. Bakal biji berada dalam megasporofil yang termodifikasi menjadi daun buah sehingga sebuk sari harus menembus jaringan daun buah untuk mencapai bakal biji. Daun buah berfungsi untuk melindungi biji agar tidak kekeringan pada saat dormansi.

Tubuh Angiospermae memiliki akar, batang, daun, dan bunga. Akar berbentuk serabut atau tunggang, batang berkambium atau tidak berkambium dan memiliki pembuluh xilem yang diperkuat dengan dinding sel yang terbuat dari lignin. Tipe tulang daunnya juga bervariasi, adayang sejajar, menyirip, menjari, dan melengkung. Bunga tumbuh dari tunas mampat yang terdiri dari empat lingkaran daun yang termodifikasi menjadi kelopak (sepal), mahkota (petal), benang sari (stamen), dan putik (pistillum).

## 2. Siklus hidup Angiospermae

Tumbuhan berbunga yang kita lihat sehari-hari adalah sporofit ( $2n$ ) yang bersifat dominan. Generasi gametofit mengalami reduksi. Angiospermae bersifat heterospora, dengan bunga sporofit menghasilkan megaspora dan mikrospora. Siklus hidup Angiospermae adalah sebagai berikut:

- Bunga pada sporofit memiliki kepala sari yang di dalamnya terdapat induk mikrospora ( $2n$ ).
- Sel-sel dalam induk mikrospora membelah secara meiosis menghasilkan mikrospora yang haploid ( $n$ ).
- Mikrospora haploid mengalami pembelahan mitosis membentuk gamet jantan yang berupa butir serbuk sari yang haploid ( $n$ ).
- Dalam bakal biji terjadi pembelahan sel induk megaspora secara meiosis sehingga menghasilkan empat sel yang haploid. Namun hanya satu sel yang hidup dan tumbuh menjadi megaspora. Tiga sel lainnya mengalami degenerasi (mati).
- Megaspora yang hidup akan membentuk gametofit betina (sel kandung lembaga dan sel kantung embrio). Inti kandung lembaga membelah secara mitosis tiga kali berturut-turut, sehingga dihasilkan 8 inti yang akan tumbuh menjadi satu ovum ( $n$ ), dua sinergid ( $n$ ), tiga antipoda ( $n$ ), dan dua inti kandung lembaga sekunder ( $2n$ ).
- Bila terjadi penyerbukan, serbuk sari akan membentuk buluh serbuk sari, yang intinya akan membelah menjadi inti vegetatif ( $n$ ) dan inti generatif ( $n$ ). Inti generatif akan membelah lagi menghasilkan dua inti, yaitu inti sperma I ( $n$ ) dan inti sperma II ( $n$ ).
- Setelah serbuk sari sampai ke mikrofil, inti vegetatif mengalami degenerasi. Inti sperma I membuahi ovum membentuk zigot ( $2n$ ), dan inti sperma II membuahi inti kandung lembaga sekunder membentuk endosperm ( $3n$ ). Pembuahan Angiospermae disebut pembuahan ganda.
- Zigot akan tumbuh menjadi embrio dan endosperma berfungsi sebagai cadangan makanan embrio. Struktur biji terdiri atas embrio, endosperm, dan selaput biji. Ketika bakal biji tumbuh menjadi biji, maka ovarium akan tumbuh menjadi buah yang melindungi biji. Bila biji jatuh di tempat yang sesuai, biji dapat berkecambah dan membentuk sporofit baru.



Gambar 7.8. Siklus hidup Angiospermae.

Sumber: [http://isheti.files.wordpress.com/2010/06/139450\\_angiospermae.jpg](http://isheti.files.wordpress.com/2010/06/139450_angiospermae.jpg)

### 3. Klasifikasi Angiospermae

Angiospermae dibagi menjadi dua kelas, yaitu *Monocotyledoneae* (Liliopsida) dan *Dicotyledoneae* (Magnoliopsida).

#### • *Monocotyledoneae* (Liliopsida)

*Monocotyledoneae* memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- ❖ Mempunyai biji berkeping satu
- ❖ Berkas pembuluh tipe kolateral tertutup (tidak berkambium), letak xilem dan floem tersebar.
- ❖ Monokotil tidak memiliki kambium sehingga tidak terjadi pertumbuhan sekunder dan tidak tumbuh besar, kecuali pada sisal (*Agave sisalana*).
- ❖ Pada umumnya batang tidak bercabang, memiliki rambut-rambut halus, dan ruas-ruas batang terlihat jelas.
- ❖ Berakar serabut. Ujung akar dilindungi oleh koleorhiza dan ujung batang dilindungi oleh koleoptil.
- ❖ Umumnya berdaun tunggal, kecuali beberapa palem. Tulang daun sejajar atau melengkung dengan pelepah daun.
- ❖ Bagian bunga berjumlah tiga atau kelipatan tiga.

Berikut ini contoh dari monokotil:

- ❖ **Ordo Liliales.** Termasuk ke dalamnya famili Liliaceae, yang merupakan semak basah, memiliki akar rimpang, umbi, atau umbi lapis. Contohnya *Lilium regale* (bunga lili) dan bunga tulip.
- ❖ **Ordo Asparagales.** Termasuk ke dalamnya famili Amaryllidaceae, semak basah menahun, memiliki umbi, umbi lapis, atau rizoma. Contoh *Polianthes tuberosa* (bunga sedap malam); dan famili Orchidaceae, kelompok anggrek yang hidup secara menahun, dapat hidup di tanah atau epifit, memiliki rimpang, dan daun berdaging. Contohnya *Vanda tricolor*, *Phalenopsis* (anggrek bulan).
- ❖ **Ordo Arecales.** Termasuk ke dalamnya famili Palmaceae (Arecaceae) berupa pohon yang pada batangnya terdapat bekas daun yang berbentuk cincin, daun menyirip atau berbentuk kipas dengan pelepah daun yang melebar. Contohnya *Cocos nucifera* (kelapa) dan *Metroxylon sagu* (sagu).
- ❖ **Ordo Poales.** Termasuk ke dalamnya famili Graminae (*Poaceae*) merupakan kelompok rumput-rumputan, yang memiliki batang silindris, agak pipih, dan berongga. Daunnya tunggal dan batangnya berbuku-buku. Contohnya *Oryza sativa* (padi) dan *Imperata cylindrical* (alang-alang); dan famili Bromeliaceae merupakan kelompok nanas-nanasan yang berbentuk semak basah, contohnya *Ananas comosus* (nanas).
- ❖ **Ordo Zingiberales.** Termasuk ke dalamnya famili Musaceae, merupakan kelompok pisang-pisangan, berbatang semu yang terdiri dari pelepah daun yang saling memeluk. Tulang daun menyirip dan bunga membentuk karangan. Contohnya, *Musa paradisiacal* (pisang); dan Famili Zingiberaceae, merupakan kelompok jahe-jahean yang berbatang tegak dan daun berpelepah. Contohnya *Zingiber officinale* (jahe) dan *Alpinia galanga* (lengkuas).
- ❖ **Ordo Caryophyllales.** Termasuk ke dalamnya famili Cactaceae, merupakan kelompok kaktus yang memiliki

batang sukulen yang bisa menyimpan air. Daunnya kecil, berbentuk sisik dan mempunyai duri tempel. Contohnya *Opuntia sp.* (kaktus).

- ❖ **Ordo Pandales.** Termasuk ke dalamnya famili Pandaceae, berbentuk pohon, perdu atau semak, berdaun rapat dengan tulang daun sejajar. Daun yang rontok meninggalkan bekas berbentuk cincin pada batangnya. Contohnya *Pandanus tectorius* (pandan).

- **Dicotyledoneae ( Magnoliopsida)**

Tumbuhan dikotil memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- ❖ Mempunyai biji jumlah kepingnya dua.
- ❖ Berkas pembuluh pada batang bertipe kolateral terbuka (berkambium) dan letak xilem dan floem melingkar, dengan kedudukan xilem di dalam dan floem di luar. Berkas pembuluh pada akar bertipe radial (xilem dan floem bergantian menurut jari-jari lingkaran).
- ❖ Batang dan akar berkambium sehingga terjadi pertumbuhan sekunder dan dapat tumbuh membesar.
- ❖ Batang bercanag dengan ruas-ruas yang tidak jelas.
- ❖ Berakar tunggang dan bercabang-cabang.
- ❖ Tidak memiliki pelindung akar ( koleoriza) dan pelindung ujung batang (koleoptil).
- ❖ Berdaun tunggal atau majemuk dengan tulang daun menyirip atau menjari, umumnya tidak berpelepah.
- ❖ Bagian bunga (kelopak, mahkota, benang sari) berjumlah 4 atau 5, atau kelipatannya.

Berikut adalah contoh ordo dalam Dicotyledoneae,

- ❖ **Ordo Casuarinales.** Termasuk ke dalamnya famili Casuarinaceae, merupakan pohon berumah satu atau dua yang memiliki ranting jarum yang hijau dengan ruas beralur. Daun tereduksi (kecil), bunga dalam bulir berbentuk kerucut, dan buah bongkol berbentuk kerucut. Contohnya adalah *Casuarina equisetifolia* (cemara laut).



- ❖ **Ordo Capparales.** Termasuk ke dalamnya famili Capparaceae, berbentuk perdu, pohon, atau liana berkayu. Daun tunggal atau majemuk dan berukuran kecil. Buah berupa buah buni yang berbentuk kapsul memanjang. Contohnya adalah *Capparis spinosa*.
- ❖ **Ordo Malvales.** Termasuk ke dalamnya famili Malvaceae, berbentuk pohon atau perdu, daun tunggal menjari, bunga berkelamin dua, benang sari banyak dengan tangkai sari bersatu, tangkai putik berada di atasnya. Contohnya adalah *Hibiscus rosa-sinensis* (kembang sepatu) dan *Gossypium* (kapas).
- ❖ **Ordo Myrtales.** Termasuk ke dalamnya famili Myrtaceae, berbentuk pohon atau perdu, daun tampak selalu hijau dan beraroma jika diremas. Contohnya *Eucalyptus* dan *Eugenia caryophyllus* (cengkih).
- ❖ **Ordo Fabales.** Termasuk ke dalamnya famili Leguminose (Fabaceae), berbentuk perdu, pohon atau liana. Memiliki daun buah memanjang yang akan berkembang menjadi polong. Akar memiliki bintil-bintil yang merupakan bentuk simbiosis dengan bakteri penambat nitrogen (*Rhizobium sp.*) Leguminose terbagi menjadi tiga subfamili, yaitu Mimosoideae, Caesalpinoideae, dan Papilionoideae (*Faboideae*). Contoh Mimosoideae adalah *Mimosa pudica* (putrid malu) dan *Leucaena leucocephala* (petai cina). Contoh Caesalpinoideae adalah *Caesalpinia pulcherrima* (kembang merak) dan *Delonix regia* (flamboyan). Contoh Papilionoideae adalah *Arachis hypogea* (kacang tanah).
- ❖ **Ordo Gentianales.** Termasuk ke dalamnya famili Apocynaceae, berupa pohon, perdu, atau liana berkayu. Batang bergetah putih, dengan bunga yang berwarna mencolok, besar, dan harum. Contohnya adalah *Allamanda cathartica* (alamanda), dan *Catharanthus roseus* (tapak dara); dan famili Acteraceae, berbentuk perdu atau pohon, memiliki bunga dengan bonggol berbentuk tabung. Contohnya *Lactuca sativa* (selada) dan *Chrysanthemum*.

- ❖ **Ordo Piperales.** Termasuk ke dalamnya famili Piperaceae, berbentuk perdu atau semak atau liana. Daun memiliki baru aromatic atau rasa pedas. Contohnya adalah *Piper betle* (sirih) dan *Piper nigrum* (sirih).
- ❖ **Ordo Rosales.** Termasuk ke dalamnya famili Rosaceae, merupakan kelompok mawar, berbentuk semak atau memanjat. Batang berduri tempel atau tidak berduri. Contohnya *Rosa hybrida* (mawar) dan *Malus sylvestris* (apel).
- ❖ **Ordo Solanales.** Termasuk ke dalamnya famili Solanaceae, adalah kelompok terong-terongan. Berbentuk perdu atau semak basah, bunga berbentuk terompet. Contohnya adalah *Solanum lycopersicum* (tomat) dan *Capsicum anuum* (cabai).
- ❖ **Ordo Magnoliales.** Termasuk ke dalamnya famili Magnoliaceae, adalah pohon atau perdu dengan daun tunggal dengan bekas daun pada batang berbentuk cincin, kelopak dan mahkota bunga tidak bisa dibedakan dengan jelas. Contohnya *Michelia champaca* (cempaka).
- ❖ **Ordo Caryophyllales.** Termasuk ke dalamnya famili Nyctaginaceae, adalah pohon, perdu, atau liana berdaun tunggal, ada yang memiliki daun pelindung berwarna hijau atau warna lain. Contohnya adalah *Bougenvilia spectabilis* dan *Mirabilis jallapa* (bunga pukul empat).
- ❖ **Ordo Nymphaeales.** Termasuk ke dalamnya famili Nymphaeaceae, merupakan tumbuhan air atau rawa dengan daun tenggelam atau mengapung. Contoh *Nymphaea nouchali* (teratai).
- ❖ **Ordo Sapidales.** Termasuk ke dalamnya famili Rutaceae, merupakan pohon atau perdu, dengan daun berkelenjar minyak. Contohnya *Citrus maxima* (jeruk bali) dan *Murraya paniculata* (kemuning).

### •Perbedaan antara Tumbuhan Dikotil dan Monokotil

Faktor Pembeding	Dikotil	Monokotil
Akar	Sistem akar tunggang	Sistem akar serabut
Batang dan akar	Mempunyai kambium, sehingga dapat membesar	Tidak berkambium, sehingga tidak dapat membesar
Daun	Susunan tulang daun menyirip atau menjari	Susunan tulang daun sejajar atau melengkung
Bunga	Jumlah bagian bunga umumnya 4, 5, atau kelipatannya	Jumlah bagian bunga umumnya 3 atau kelipatannya
Biji	Saat berkecambah membelah dua memperlihatkan 2 daun lembaga	Saat berkecambah tetap utuh tidak membelah
Ujung akar lembaga	Tidak mempunyai sarung pelindung	Mempunyai sarung pelindung yaitu koleoriza
Ujung pucuk	Tidak mempunyai sarung pelindung	Mempunyai sarung pelindung yaitu koleoptil

### CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

- Berikut ini adalah ciri-ciri kelompok *Plantae*, *kecuali* ....
  - multiseluler
  - eukariotik
  - mempunyai klorofil
  - memiliki dinding sel
  - memiliki pembuluh angkut

**Jawaban: E**

*Plantae* merupakan organisme eukariotik yang bermembran inti, multiseluler, bersifat fotoautotrof dengan fotosintesis, mempunyai pigmen untuk fotosintesis (klorofil a, klorofil b, dan karotenoid, mempunyai dinding sel dari selulosa atau lignin, serta memiliki akar,

batang dan daun. Tidak semua kelompok Plantae berpembuluh (Tracheophyta), misalnya kelompok Bryophyta (lumut) yang tidak memiliki pembuluh.

2. Pernyataan yang benar mengenai Gymnospermae adalah ....
- A. megasporofil terkumpul dalam bentuk strobilus
  - B. bunga sejati sebagai alat perkembangbiakan generatif
  - C. penyerbukan dibantu oleh serangga
  - D. terjadi fertilisasi ganda yang menghasilkan zigot dan endosperma
  - E. bakal biji tumbuh di dalam daun buah

**Jawaban: A**

Gymnospermae tidak mempunyai bunga sejati, tidak ada mahkota bunga. Gymnospermae memiliki strobilus yang berbentuk sisik yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan secara generatif menggantikan bunga. Di dalam strobilus terdapat megasporofit dan mikrosporofit yang menghasilkan alat kelamin betina dan jantan. Bakal biji terdapat di luar permukaan dan tidak dilindungi oleh daun buah (karpel). Pada gymnospermae terjadi fertilisasi tunggal yang menghasilkan zigot. Penyerbukannya biasanya dibantu oleh angin.

3. Berikut ini adalah contoh dari paku heterospora adalah ....
- A. *Nephrolepis*, *Equisetum*
  - B. *Selaginella*, *Marsilea*
  - C. *Lycopodium*, *Selaginella*
  - D. *Drymoglossum*, *Equisetum*
  - E. *Equisetum*, *Lycopodium*

**Jawaban: B**

Paku heterospora yaitu tumbuhan paku yang menghasilkan dua jenis spora yang berlainan. Spora yang besar atau megaspora yaitu spora betina yang akan tumbuh menjadi megaprotalium untuk menghasilkan arkegonium. Spora yang kecil atau mikrospora adalah spora jantan yang akan tumbuh menjadi mikroprotalium

untuk menghasilkan anteridium. Paku heterospora disebut juga paku berumah dua (dioseus), misalnya *Selaginella* (paku rane) dan *Marsilea crenata* (semanggi).

4. Tumbuhan monokotil yang memiliki cambium adalah ....
- |                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| A. <i>Agave sisalana</i> | D. <i>Zea mays</i>            |
| B. <i>Allium sativum</i> | E. <i>Polianthes tuberosa</i> |
| C. <i>Oryza sativa</i>   |                               |

**Jawaban: A**

Monokotil tidak memiliki kambium sehingga tidak terjadi pertumbuhan sekunder dan tidak tumbuh besar, kecuali pada sisal (*Agave sisalana*).

5. Di bawah ini yang merupakan ciri-ciri Cactaceae adalah ....
- A. memiliki bau aromatik dan pedas
  - B. memiliki daun bentuk kupu-kupu
  - C. batang sukulen
  - D. berdaun tipis dan lebar
  - E. batang melilit searah jarum jam

**Jawaban: C**

Famili Cactaceae, merupakan kelompok kaktus yang memiliki batang sukulen yang bisa menyimpan air. Daunnya kecil, berbentuk sisik dan mempunyai duri tempel. Contohnya *Opuntia sp.* (kaktus).

6. Ciri-ciri suatu organisme yang ditemukan di sepanjang sungai, yaitu:
- 1. Melekat di atas tanah dengan rhizoid
  - 2. Bertubuh kecil, pipih, dan berwarna hijau
  - 3. Tidak memiliki batang maupun akar sejati
  - 4. Sporogonium melekat pada gametofit
- Organisme itu dapat digolongkan ke dalam ....
- |             |                |
|-------------|----------------|
| A. ganggang | D. paku-pakuan |
| B. jamur    | E. lumut kerak |
| C. lumut    |                |

**Jawaban: C**

Organisme tersebut dapat digolongkan ke dalam kelompok lumut. Ciri-ciri utama yang menunjukkan bahwa organisme tersebut adalah lumut, yaitu tidak memiliki batang maupun akar sejati dan melekat di atas tanah dengan rhizoid.

7. Angiospermae sering disebut sebagai tumbuhan berbiji tertutup. Disebut berbiji tertutup karena bakal bijinya ditutupi oleh ....
- |               |                           |
|---------------|---------------------------|
| A. kulit buah | D. kulit biji tebal       |
| B. endosperm  | E. berada dalam strobilus |
| C. bakal buah |                           |

**Jawaban: C**

Bakal biji pada tumbuhan Angiospermae dilindungi oleh bakal buah atau daun-daun buah (karpela), sehingga disebut tumbuhan berbiji tertutup.

8. Tanaman lumut, suplir, ganggang hijau, melinjo, dan rambutan dalam pengklasifikasiannya masuk ke kingdom Plantae dengan ciri-ciri khusus, yaitu ....
- |  |
|--|
| A. eukariotik, multiseluler, dan fotoautotrof                |
| B. eukariotik, uniseluler, dan dapat melakukan fotosintesis  |
| C. prokariotik, multiseluler, dan autotrof                   |
| D. prokariotik, uniseluler, dan dapat melakukan fotosintesis |
| E. eukariotik, multiseluler, dan heterotrof                  |

**Jawaban: A**

Jelas pilihan A merupakan ciri-ciri khusus Plantae. Plantae adalah organisme eukariotik (memiliki membran inti), multiseluler (memiliki banyak sel) dan fotoautotrof karena mempunyai kloroplas.

9. Tumbuhan berbiji dibedakan menjadi 2 subdivisi, yaitu tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae) dan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae). Di bawah ini yang merupakan ciri khas tumbuhan berbiji tertutup adalah ....

- A. biji tumbuh pada permukaan megasporofit
- B. bakal bijinya diselubungi bakal buah
- C. makrosporagium dan mikrosporagium terpisah satu sama lain
- D. akarnya berupa akar tunggang dan batangnya bercabang
- E. sporofit tersusun dalam strobilus yang berumah dua

**Jawaban: B**

Angiospermae berlainan dengan golongan tumbuhan Gymnospermae, karena bakal bijinya selalu diselubungi oleh suatu badan yang berasal dari daun-daun buah (karpela) yang merupakan bakal buah.

10. Pada tumbuhan berbiji dengan struktur mikrosporangium, hasil proses meiosis berupa ....
- A. Sporofit
  - B. Saprofit
  - C. Megaspore
  - D. Buluh serbuk sari
  - E. Mikrospora

**Jawaban: E**

Pada mikrosporangium, produk meiosis berupa mikrospora. Mikrospora yang mencapai sporofit akan berkecambah membentuk buluh serbuk sari yang tumbuh menuju ke arah bakal biji untuk membuahi gametofit betina.

# LATIHAN SOAL 7

1. Berikut ini ciri-ciri tumbuhan:

1. Memiliki akar, batang, dan daun sejati
2. Akar berupa rhizoid
3. Berkembangbiak dengan spora
4. Memiliki strobilus
5. Mengalami metagenesis

Ciri-ciri tumbuhan yang diklasifikasikan kedalam divisi Bryophyta adalah ....

- |                |                |
|----------------|----------------|
| A. 1, 2, dan 3 | D. 2, 3, dan 5 |
| B. 1, 3, dan 5 | E. 3, 4, dan 5 |
| C. 2, 3, dan 4 |                |

2. Berikut ini tahap-tahap metagenesis pada lumut.

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| 1. Protonema   | 4. Spora          |
| 2. Zigot       | 5. Tumbuhan lumut |
| 3. Sporogonium |                   |

Urutan yang benar dari metagenesis lumut adalah ....

- |              |              |
|--------------|--------------|
| A. 4-2-3-1-5 | D. 4-1-5-2-3 |
| B. 4-2-3-5-1 | E. 4-1-2-3-5 |
| C. 4-1-2-5-3 |              |

3. Pada tumbuhan lumut, yang berfungsi sebagai gametofit dan sporofit adalah ....

- A. tumbuhan lumut dan sporangium
- B. tumbuhan lumut dan sporogonium
- C. sporogonium dan sporangium



- D. sporangium dan tumbuhan lumut
  - E. sporangium dan sporogonium
4. Jenis lumut yang apabila dikeringkan dan disterilisasi dapat digunakan sebagai pengganti kapas adalah ....
- A. *Marchantia polymorpha*
  - B. *Sphagnum fimbriatum*
  - C. *Marsilea crenata*
  - D. *Lycopodium clavatum*
  - E. *Anthoceros leavis*
5. Daun yang terdapat pada Pteridophyta yang berfungsi untuk melakukan fotosintesis disebut ....
- A. tropofil
  - B. sporofil
  - C. hidrofil
  - D. mesofil
  - E. tropofil
6. Di bawah ini merupakan sifat protalium pada tumbuhan paku, *kecuali* ....
- A. dapat melakukan fotosintesis
  - B. merupakan fase gametofit
  - C. berumur pendek
  - D. menghasilkan anteridium dan arkegonium
  - E. menghasilkan spora dalam sporangium
7. Tumbuhan paku dibedakan menjadi paku homospora, heterospora, dan peralihan berdasarkan ....
- A. cara reproduksi vegetatif
  - B. cara reproduksi generatif
  - C. jenis spora yang dihasilkan
  - D. jumlah spora yang dihasilkan
  - E. masa pematangan spora
8. Tumbuhan paku yang bersimbiosis dengan Cyanophyta untuk mengikat nitrogen bebas dari udara adalah ....
- A. *Equisetum debile*
  - B. *Azolla pinnata*
  - C. *Adiantum cuneatum*
  - D. *Lycopodium*
  - E. *Marsilea crenata*

9. Perbedaan antara akar dengan rhizoid pada lumut adalah ....
- A. rhizoid terdapat pada kormofita, akar pada talofita
  - B. rhizoid bertudung akar, sedangkan akar tidak
  - C. rhizoid tidak dapat menyerap air dan unsure hara, sedangkan akar dapat menyerap air
  - D. Rhizoid hanya terdiri dari satu jaringan sel, sedangkan akar memiliki beberapa jaringan sel
  - E. Rhizoid terdiri dari satu sel, sedangkan akar terdiri dari banyak sel
10. Contoh tumbuhan paku yang termasuk dalam paku homospora adalah ....
- A. *Equisetum debile*
  - B. *Adiantum cuneatum*
  - C. *Asplenium nidus*
  - D. *Lycopodium*
  - E. *Selaginella*
11. Ciri umum Gymnospermae adalah sebagai berikut, *kecuali* ....
- A. penyerbukan biasanya dibantu oleh angin atau anemokori
  - B. belum mempunyai bunga yang sebenarnya
  - C. biji tidak dilindungi oleh daun buah
  - D. alat reproduksi berupa strobilus
  - E. fertilisasi ganda
12. Suatu tumbuhan mempunyai batang semu yang terbentuk dari pelepah daun yang saling membungkus dan memiliki biji berkeping satu. Tumbuhan tersebut termasuk ke dalam famili ....
- A. Musaceae
  - B. Myrtaceae
  - C. Rutaceae
  - D. Palmae
  - E. Caesalpiniaceae
13. Struktur berikut yang tidak dimiliki oleh biji pada tanaman Spermatophyta adalah ....
- A. jaringan pembuluh angkut
  - B. mikrospora dan megaspora
  - C. gametofit yang mempunyai cadangan makanan

- D. sporofit yang mempunyai cadangan makanan
  - E. bakal biji yang dikelilingi oleh integumen
14. Gymnospermae berkembangbiak secara ....
- A. generatif dengan biji
  - B. generatif dengan spora
  - C. vegetatif dengan tunas
  - D. vegetatif dengan spora
  - E. generatif dengan stolon
15. Tumbuhan yang termasuk dalam kelompok yang sama dengan *Gnetum gnemon*, *Cycas rumphii*, dan *Pinus merkusii* adalah ....
- A. *Manihot utilisima*
  - B. *Oryza sativa*
  - C. *Ginkgo biloba*
  - D. *Zea mays*
  - E. *Pisum sativum*
16. Gymnospermae dan Angiospermae tergolong dalam divisi Spermatophyta karena ....
- A. menghasilkan sel gamet
  - B. menghasilkan biji
  - C. mempunyai bunga
  - D. mempunyai strobilus
  - E. menghasilkan buah
17. Lima tumbuhan yang termasuk kelompok Cormophyta, yaitu:
- 1. Kelapa (*Cocos nucifera*)
  - 2. Nenas (*Ananas sativus*)
  - 3. Pisang (*Musa paradisiaca*)
  - 4. Jahe (*Zingiber officinale*)
  - 5. Rumput teki (*Cyperus rotundus*)
- Persamaan ciri-ciri yang dimiliki oleh kelima tumbuhan di atas adalah ....
- A. tulang daunnya sejajar atau melengkung
  - B. akar dan batangnya berkambium
  - C. tulang daunnya menyirip atau menjari
  - D. daun-daunnya kaku
  - E. tidak mempunyai bunga

18. Tumbuhan dengan cirri-ciri, yaitu daun berbentuk runcing seperti jarum, batang bercabang-cabang, tidak dijumpai bunga tetapi ada bagian berbentuk strobilus coklat. Berdasarkan cirri-ciri tersebut dapat disimpulkan bahwa tanaman tersebut termasuk ....
- A. Angiospermae
  - B. Gymnospermae
  - C. Dikotil
  - D. Monokotil
  - E. Pteridophyta
19. Spora pada tumbuhan lumut bersifat ....
- A. tetraploid
  - B. triploid
  - C. diploid
  - D. haploid
  - E. sporofit
20. Karakteristik berikut yang dimiliki tumbuhan paku adalah ....
- A. sporofit mempunyai akar, batang, dan daun sejati
  - B. sporofit tidak memiliki pembuluh pengangkut dan klorofil
  - C. gametofitnya disebut protalus
  - D. gametofitnya bersifat heterotrof
  - E. gametofitnya disebut sporofil
21. Tumbuhan berikut yang termasuk dalam famili Arecaceae adalah ....
- A. *Arenga pinnata*
  - B. *Elaeis guineensis*
  - C. *Areca catechu*
  - D. *Oryza sativa*
  - E. *Zea mays*
22. Berdasarkan ada tidaknya daun mahkota bunga, tumbuhan berbiji tertutup dari kelas dikotil dibagi menjadi 3 subkelas, yaitu ....
- A. monoklamida, monokotil, dan dialipetala
  - B. monoklamida, dialipetala, dan cycadinae
  - C. simpetala, monoklamida, dan dialipetala
  - D. dialipetala, solanaceae, dan agaceae
  - E. cannaceae, piperaceae, dan fagaceae

23. Gymnospermae dibagi menjadi beberapa kelas. Kelas Ginkgoinae mempunyai ciri-ciri sebagai berikut, *kecuali* ....
- A. pohonnya bertunas pendek
  - B. tulang daun bercabang menggarpu
  - C. batangnya terdiri dari hipokotil yang menebal
  - D. bijinya mempunyai kulit luar yang berdaging dan kulit dalam yang keras
  - E. daunnya bertangkai panjang berbentuk pasak atau kipas
24. *Polytrichum* dikelompokkan sebagai lumut berumah satu karena ....
- A. anteridium dan arkegonium terdapat pada satu gametofit
  - B. anteridium dan arkegonium terdapat pada gametofit yang berbeda
  - C. sporofit menumpang pada gametofit
  - D. gametofit menumpang pada sporofit
  - E. sprofit dan gametofit terpisah
25. Sorus adalah kumpulan sporangium yang terdapat pada ....
- A. akar
  - B. batang
  - C. daun
  - D. tunas
  - E. bunga
26. Tumbuhan paku memiliki pembuluh xylem yang berfungsi untuk ....
- A. mengangkut air dan garam mineral
  - B. mengangkut hasil fotosintesis
  - C. melakukan fotosintesis
  - D. menyimpan cadangan makanan
  - E. menyebarkan spora
27. Tumbuhan Gymnospermae dan Angiospermae memiliki bagian-bagian berikut, *kecuali* ....
- A. berkas pengangkut
  - B. polen
  - C. karpela
  - D. strobilus
  - E. ovulum

28. Tumbuhan Spermatophyta bermanfaat bagi manusia, *kecuali* ....
- A. makanan
  - B. papan
  - C. kosmetik
  - D. dekorasi
  - E. konduktor
29. Tubuh *Marchantia* berupa ....
- A. filamen
  - B. lembaran (talus) yang memiliki rizoid
  - C. tumbuhan kecil yang memiliki rizoid dan batang tak sejati
  - D. tumbuhan kecil yang memiliki rizoid serta batang dan daun tak sejati
  - E. tumbuhan kecil yang memiliki akar, batang, dan daun-daun sejati
30. Apakah kegunaan dari indusium dalam tumbuhan paku ....
- A. untuk melindungi sorus muda
  - B. untuk mengangkut air dan garam mineral
  - C. sebagai kotak spora
  - D. untuk fotosintensis
  - E. sebagai pelindung dari sinar ultraviolet





# ANIMALIA

# 8

Animalia (hewan) merupakan organisme eukariot, multiseluler, tidak memiliki dinding sel, dan tidak berklorofil, sehingga tidak dapat berfotosintesis. Hewan bersifat heterotrof dan dapat bergerak untuk mencari makan atau mempertahankan diri dari musuh. Hewan di bumi lebih dari satu juta spesies dan bentuknya sangat bervariasi. Sebagian besar spesies hewan hidup di air.

Berdasarkan ada tidaknya jaringan penyusun tubuh, hewan dibedakan menjadi dua, yaitu **parazoa** dan **eumetazoa**. Parazoa adalah kelompok hewan yang tidak memiliki jaringan sejati, misalnya pada Porifera. Eumetazoa adalah kelompok hewan yang sudah memiliki jaringan sejati, misalnya pada filum hewan lainnya (*Cnidara*, *Anellida*, *Nematoda*, *Mollusca*, dan lain-lain).

Berdasarkan simetris tubuhnya eumetazoa dibagi menjadi dua, yaitu **radiata** dan **bilateria**. Radiata memiliki bentuk tubuh simetri radial yang memiliki bagian tubuh atas dan bawah (oral dan aboral), tanpa sisi anterior (depan) dan posterior (belakang). Contoh radiata adalah filum Cnidaria dan Echinodermata. Bilateria memiliki sisi dorsal (atas) dan ventral (bawah), sisi anterior dan posterior serta memiliki sisi kanan dan kiri. Contoh hewan bilateria adalah filum Platyhelminthes, Nematoda, Annelida, Mollusca, Arthropoda, dan Vertebrata.

Berdasarkan lapisan embrioniknya, hewan dibagi menjadi hewan **diploblastik** dan **triploblastik**. Hewan diploblastik hanya memiliki



dua lapisan embrionik (endoderm dan ektoderm). Sedangkan hewan triploblastik memiliki tiga lapisan embrionik (endoderm, mesoderm, dan ektoderm). Contoh hewan diploblastik adalah kelompok Coelenterata (filum Cnidaria dan Ctenophora), sedangkan contoh hewan triploblastik adalah filum Platyhelminthes, Nematoda, Annelida, Mollusca, Arthropoda, dan Vertebrata. Hewan triploblastik dibagi menjadi tiga, yaitu;

- ~ **Triploblastik aselomata**, adalah hewan triploblastik yang tidak memiliki rongga di antara saluran pencernaan dan dinding tubuh. Contohnya pada Platyhelminthes.
- ~ **Triploblastik pseudoselomata**, adalah hewan triploblastik yang memiliki rongga tubuh semu atau rongga tubuhnya tidak dilapisi oleh jaringan dari mesoderm. Contohnya pada Nematoda.
- ~ **Triploblastik selomata**, adalah hewan triploblastik yang memiliki rongga tubuh sejati yang dilapisi oleh jaringan dari mesoderm. Contohnya pada Annelida, Mollusca, Arthropoda, dan Vertebrata.

Hewan dibagi menjadi dua berdasarkan ada dan tidak adanya tulang belakang. Hewan yang memiliki tulang belakang disebut vertebrata dan hewan yang tidak memiliki tulang belakang disebut invertebrata. Berdasarkan klasifikasinya, hewan terbagi menjadi dua filum, yaitu filum Invertebrata dan Chordata. Chordata adalah kelompok hewan yang memiliki korda dorsalis atau tali punggung. Chordata terbagi menjadi tiga subfilum, yaitu Urochordata, Cephalochordata, dan Vertebrata. Urochordata dan Cephalochordata adalah kelompok Chordata yang tidak memiliki tulang belakang.

## A. INVERTEBRATA

Invertebrata adalah kelompok hewan yang tidak bertulang belakang. Hewan Invertebrata terbagi menjadi beberapa filum, yaitu Porifera, Cnidaria, Ctenophora, Platyhelminthes, Nematoda, Annelida, Mollusca, Echinodermata, dan Arthropoda.

### a. Porifera

Porifera atau hewan berpori adalah filum Animalia yang paling primitif dan sederhana. Porifera adalah hewan invertebrata yang

tidak memiliki jaringan sejati (parazoa), tanpa organ dan jaringan yang terspesialisasi. Sebagian besar Porifera hidup di laut, dan sebagian kecil hidup di air tawar. Porifera sering ditemukan di perairan dangkal yang jernih, namun ada sebagian yang ditemukan di perairan berpasir atau berlumpur. Porifera dewasa hidup secara sesil atau melekat pada substrat. Porifera hidup secara heterotrof dengan memakan plankton dan bakteri.

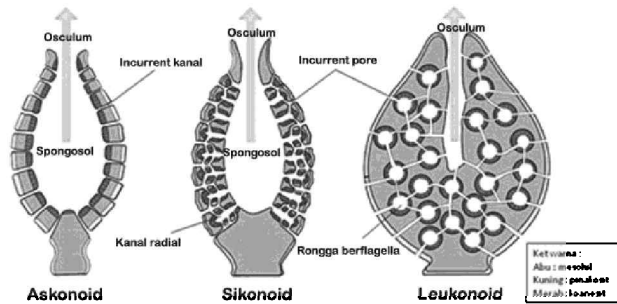
#### 1. Ciri-ciri tubuh Porifera

Bentuk tubuh Porifera sangat bervariasi dari ukuran, seperti kacang polong hingga tinggi mencapai 9 cm dengan diameter 1 m. Bentuk tubuhnya asimetri dengan pola yang bervariasi, namun ada pula yang berbentuk simetri radial. Bentuk Porifera menyerupai vas bunga, tabung, atau menyerupai cabang-cabang tumbuhan. Permukaan tubuhnya terdapat pori-pori (ostium) yang merupakan tempat masuknya air. Air yang masuk ke tubuh hewan Porifera akan mengalir ke rongga tubuh (spongosol) dan keluar melalui lubang pengeluaran (oskulum). Berdasarkan tipe saluran airnya, bentuk tubuh Porifera dibedakan menjadi tiga, yaitu :

- **Tipe Askonoid**, berbentuk menyerupai vas bunga atau jambangan dan merupakan tipe paling sederhana. Saluran air berbentuk tabung memanjang dari permukaan tubuh hingga spongosol. Di bagian atas terdapat lubang besar yang disebut osculum. Lubang itu merupakan pintu masuk aliran air yang menuju ke dalam spongosol. Air yang masuk melalui pori atau ostium bergerak melewati saluran menuju spongosol. Selanjutnya air keluar melalui oskulum. Hewan tipe askonoid berukuran kecil, karena getaran flagella tidak mampu mendorong air dari spongosol keluar melalui ostium. Contohnya adalah *Leucosolenia*.
- **Tipe sikonoid**, berbentuk simetri radial, memiliki dinding yang melipat secara horizontal sehingga nampak seperti jari-jari. Lipatan sebelah dalam membentuk sejumlah saluran berflagela atau kantong yang dilapisi oleh sel koanosit. Lipatan

sebelah luar berfungsi sebagai saluran masuknya air (ostium). Contohnya adalah *Sycon ciliatum*.

- **Tipe Leukonoid**, bentuk saluran air paling kompleks dan tidak beraturan. Saluran berflagel dan berlipat-lipat membentuk rongga kecil. Spongosol menghilang digantikan oleh saluran-saluran kecil yang menuju oskulum. Contohnya adalah *Leuconia*.



Gambar 8.1. Tipe saluran air Porifera

Sumber: [http://1.bp.blogspot.com/-Q1zGTJgNqJ4/TcC-E5yfEXI/AAAAAAAAAJJ8/F87aqdsYH\\_c/s400/ascon%2Bsycon%2Bdan%2Bleucon.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-Q1zGTJgNqJ4/TcC-E5yfEXI/AAAAAAAAAJJ8/F87aqdsYH_c/s400/ascon%2Bsycon%2Bdan%2Bleucon.jpg)

## 2. Struktur tubuh Porifera

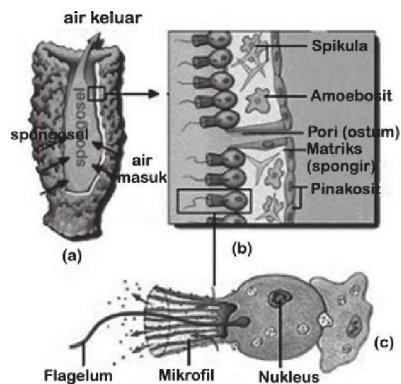
Porifera tidak tersusun atas jaringan sejati, tetapi dibentuk oleh sel-sel yang belum terspesialisasi. Porifera tidak memiliki sistem saraf dan otot, namun masih dapat berinteraksi dengan lingkungan. Tubuh Porifera terdiri atas tiga lapisan sel, yaitu:

- **Pinakosit** (pinakoderm), yaitu lapisan tubuh terluar, berbentuk pipih, tersusun rapat, dan berfungsi sebagai pelindung tubuh bagian dalam. Pinakosit dapat berkontraksi, dan di antara pinakosit terdapat pori-pori (ostium) yang membentuk saluran air ke arah spongosol.
- **Mesohil (mesoglea)**, yaitu lapisan yang terletak antara lapisan luar (pinakosit) dengan lapisan dalam (koanosit). Mesohil berupa protein bergelatin, mengandung bahan tulang, dan mengandung sel-sel amuboid (amubosit). Amubosit berfungsi untuk mengedarkan sari makanan, membuang sisa

metabolisme, membuat serat spons (spikula), dan membentuk sel reproduktif.

- **Koanosit**, yaitu lapisan paling dalam yang melapisi spongosol. Koanosit berbentuk agak lonjong, dengan salah satu ujung berlekatan dengan mesohil, dan ujung lainnya dengan spongosol. Koanosit memiliki flagel dan dikelilingi oleh sejumlah penjurulan yang dilapisi oleh mukus. Koanosit berfungsi untuk pencernaan makanan secara intraseluler.

Tubuh Porifera ditunjang oleh spikula dan serat organik sebagai rangka tubuhnya sehingga dapat berdiri tegak. Spikula berasal dari zat kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) atau silikat ( $\text{H}_2\text{SiO}_7$ ). Serat organik terdiri dari skleroproterin yang mengandung sulfur. Tubuh Porifera memiliki regenerasi yang tinggi. Bagian tubuh yang terpotong akan mengalami regenerasi kembali, asalkan masih memiliki beberapa koanosit dan tidak terlalu kecil.



Gambar 8.2. Struktur Tubuh Prifera (a) spongosol (b) lapisan sel (c) struktur koanosit. Sumber: [http://1.bp.blogspot.com/\\_P1OSkNwKPK8/SdB4cErqmil/AAAAAAAAS8/mCklfpn1FDQ/s400/gbr1.jpg](http://1.bp.blogspot.com/_P1OSkNwKPK8/SdB4cErqmil/AAAAAAAAS8/mCklfpn1FDQ/s400/gbr1.jpg)

### 3. Fisiologi Porifera

Proses fisiologi Porifera bergantung pada aliran air. Air yang masuk membawa partikel makanan dan oksigen. Partikel makanan yang masuk akan terjatut dalam mucus yang terdapat pada penjurulan kemudian ditelan secara fagositosis. Selanjutnya, dicerna secara intraseluler oleh koanosit. Sari

makanan hasil dari pencernaan diedarkan oleh sel amubosit. Pertukaran udara terjadi secara difusi.

#### 4. *Cara Reproduksi Porifera*

Porifera bereproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi secara aseksual dengan pembentukan tunas dan gemula. Tunas merupakan salah satu jenis amubosit yang mudah dilepaskan. Sekumpulan sel yang dilepaskan akan menjadi individu baru. Gemula adalah sekumpulan arkeosit yang mengandung cadangan makanan dan dikelilingi oleh amubosit yang keras dan terkadang mengandung spikula. Arkeosit merupakan amubosit dengan pseupodia yang tumpul dan berinti besar. Beberapa jenis Porifera memiliki gemula tanpa cangkang atau berbentuk larva yang berenang bebas.

Porifera bersifat hermaprodit, namun sel telur dan sperma diproduksi pada waktu yang berbeda. Sperma dikeluarkan bersama air melalui oskulum dan masuk ke individu lain melalui ostium. Fertilisasi terjadi di mesohil menghasilkan embrio. Embrio akan tumbuh menjadi larva berflagela (larva amfiblastula). Larva amfiblastula kemudian keluar bersama aliran air melalui oskulum. Larva amfiblastula akan berenang bebas dan melekat pada substrat hingga tumbuh menjadi individu dewasa. Beberapa jenis Porifera bersifat diesis (berumah dua).

#### 5. *Klasifikasi Porifera*

Terdapat 10.000 spesies Porifera yang sudah diidentifikasi. Berdasarkan penyusun kerangka tubuhnya, Porifera dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- **Calcarea** (Calsispongiae) memiliki rangka dari zat kapur atau kalsium karbonat, permukaan tubuh berbulu, berwarna pucat dengan tinggi kurang dari 15 cm. Calcarea memiliki tipe saluran askonoid, sikonoid, dan leukonoid. Contohnya adalah *Leucosolenia*, *Clatharina*, dan *Sycon ciliatum*.
- **Hexactinellida** (Hyalospongiae), memiliki kerangka tubuh yang tersusun atas silika dengan bentuk silindris, datar, atau

bertangkai. Tinggi tubuh dapat mencapai 90 cm. tipe saluran air sikonoid. Contohnya adalah *Euplectella aspergillum*, dan *Hyalonema*.

- **Demospongiae**, memiliki kerangka tubuh dari serabut sponging dengan tinggi dan diameter dapat mencapai 1 meter. Sebagian besar Demospongiae berwarna cerah yang berfungsi untuk melindungi dari sinar matahari. Tipe saluran air leukonoid. Demospongia biasanya hidup di tepi pantai hingga kedalaman 45m, namun ada pula yang hidup di air tawar. Contohnya adalah *Oscarella*, *Microciona*, *Hlichondria*, dan *Cliona*.
- **Sclerospongiae**, adalah spons karang yang rangkanya tersusun dari kalsium karbonat yang terjalin dalam serat-serat spons, sehingga tampak seperti batu karal dengan diameter bisa mencapai 1 m. Contohnya adalah *Ceratoporella* dan *Stromatospongia*.

#### 6. Peranan Porifera

Beberapa Porifera yang berwarna cerah digunakan untuk hiasan dalam akuarium, misalnya *Axinella cannabina*. Kerangka *Spongia* dan *Hippospongia* dapat dimanfaatkan untuk spons mandi. Hewan spons *Cliona* berperan dalam pelapukan batu karang atau cangkang Mollusca.

## b. Cnidaria

Filum Cnidaria dan Ctenophora termasuk dalam Coelenterata, yaitu hewan yang memiliki rongga tubuh sebagai alat pencernaan makanan (**gastrovaskuler**). Cnidaria berbeda dengan Ctenophora karena memiliki sengat untuk pertahanan diri dan menangkap mangsa.

Sebagian besar Cnidaria hidup di laut, hidup secara berkoloni atau soliter, dan memiliki dua bentuk, yaitu **polip** dan **medusa**. Polip hidup sesil atau melekat pada suatu substrat, sedangkan medusa bergerak bebas atau berenang di dalam air. Cnidaria hidup secara heterotrof dengan memakan udang dan ikan kecil.

### 1. *Ciri-ciri tubuh Cnidaria*

Tubuh Cnidaria berbentuk simetri radial dengan ukuran tubuh yang bervariasi. Bentuk tubuh Cnidaria dibedakan menjadi polip dan medusa. Polip berbentuk silindris yang memiliki dua ujung, yaitu satu ujung yang berfungsi sebagai mulut (oral) yang bertentakel dan ujung lainnya menempel pada substrat (aboral). Medusa berbentuk seperti lonceng, payung, atau mangkok terbalik, dengan bagian cembung mengarah ke atas, sedangkan bagian cekung yang memiliki mulut dan tentakel mengarah ke bawah.

### 2. *Struktur tubuh Cnidaria*

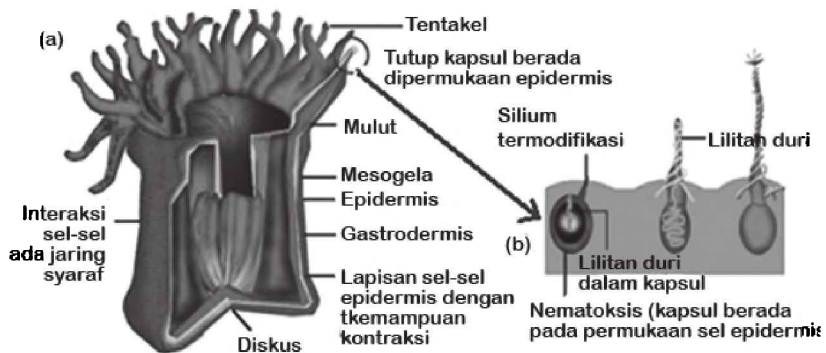
Tubuh Cnidaria tersusun dari jaringan sejati dan memiliki dua lapisan embrionik (diploblastik). Tubuh Cnidaria terdiri atas tiga lapisan, yaitu sebagai berikut.

- **Epidermis** merupakan lapisan tubuh paling luar yang tersusun atas lima macam sel, yaitu sel epitel otot, sel interstisial, sel knidosit (knidoblas), sel kelenjar lender, dan sel saraf indera. Dalam knidosit terdapat kapsul penyengat nematosista yang banyak terdapat di tentakel dan ujung oral. Racun nematosista tidak berbahaya, misalnya pada *Hydra*, namun racun pada ubur-ubur *Chironex* dapat menyebabkan rasa sakit, panas, dan menyebabkan kematian. Nematosis hanya digunakan sekali, sehingga perlu dibentuk knidosit baru. Sel interstisial berfungsi untuk menghasilkan sel sperma, sel telur, dan knidosit. Sel indera dan saraf berupa jala pada epidermis yang berdekatan dengan mesoglea.
- **Mesoglea** merupakan rongga yang berisi bahan menyerupai gelatin dan tidak mengandung sel. Mesoglea adalah pembatas antara lapisan epidermis dan gastrodermis.
- **Gastrodermis**, terdiri dari sel otot pencernaan berflagel, sel kelenjar enzim, dan sel kelenjar lender. Gastrodermis pada beberapa *Hydra* bersimbiosis dengan zoochlorella sehingga menghasilkan warna cerah pada *Hydra*.

### 3. Fisiologi Cnidaria

Sistem pergerakan pada Cnidaria terjadi karena kontraksi otot. Kontaksi otot berpengaruh pada cairan dalam rongga gastrovaskular yang berfungsi sebagai rangka hidrostatis. Polip hanya bergerak meliuk-likuk, sedangkan medusa dapat berenang bebas dengan berdenyut akibat kontraksi otot melingkar. Gerak yang dihasilkan adalah gerak vertikal.

Sistem pencernaan Cnidaria berlangsung pada rongga gastrovaskuler. Makanan yang masuk ke dalam rongga gastrovaskuler akan mengalami pencernaan oleh enzim tripsin untuk mencerna protein. Selotot pencernaan memiliki pseudopodia untuk menangkap dan menelan makanan. Pencernaan dilanjutkan secara intraseluler, kemudian sari makanan diedarkan ke seluruh tubuh secara difusi, sebagian makanan disimpan dalam bentuk lemak atau glikogen. Sisa pencernaan dibuang melalui mulut, karena Cnidaria tidak memiliki anus. Cnidaria tidak memiliki alat pernapasan dan ekskresi. Pernapasan dilakukan oleh seluruh permukaan tubuh secara difusi.



Gambar 8.3. (a) Struktur polip (b) Struktur nematosis  
Sumber: <https://lh6.googleusercontent.com/-hTTneLhCJ7Q/TW2wnrzOxTI/AAAAAAAAADo/ZBaccuugpTQ/s400/gbr4grantia+2.jpg>



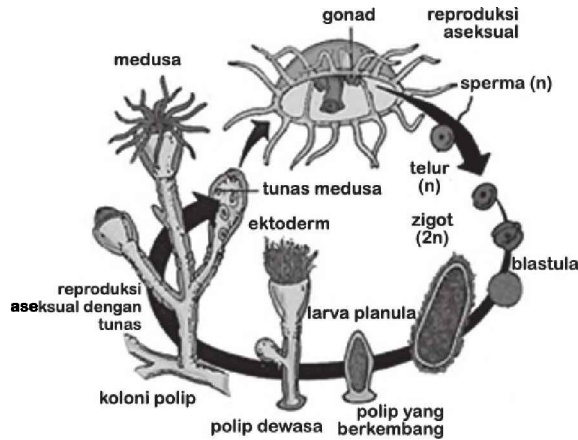
#### 4. Reproduksi Cnidaria

Cnidaria bereproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dengan pembentukan tunas pada waktu Cnidaria berbentuk polip. Cnidaria memiliki daya regenerasi yang tinggi. Reproduksi seksual pada umumnya dilakukan Cnidaria pada fase medusa dengan pembentukan gamet. Pada lingkungan buruk, Hydra dalam bentuk polip juga dapat menghasilkan gamet untuk bereproduksi secara seksual. Zigot yang dihasilkan akan dorman hingga lingkungan membaik.

Cnidaria ada yang hermafrodit maupun diesis (berumah dua). Reproduksi seksual terjadi pada stadium medusa dan reproduksi aseksual terjadi pada stadium polip dapat terjadi secara bergantian yang disebut metagenesis. Medusa dan polip memiliki kromosom diploid ( $2n$ ). fertilasi dapat terjadi secara eksternal di air maupun internal di manubrium atau gonad.

Siklus hidup *Obelia sp.* sebagai berikut:

- Polip bereproduksi secara aseksual membentuk tunas, sehingga terbentuk koloni polip. Polip yang bertentakel berfungsi untuk mencari makan, sedangkan polip yang tidak bertentakel berfungsi untuk reproduksi. Polip yang tidak bertentakel membentuk tunas medusa secara aseksual yang kemudian akan dilepaskan dan dapat berenang bebas.
- Medusa dewasa jantan dan betina akan bereproduksi secara seksual, mengalami pembelahan meiosis sehingga menghasilkan sel sperma dan ovum yang haploid.
- Fertilisasi sel telur oleh spermatozoid akan menghasilkan zigot yang diploid.
- Zigot akan berkembang menjadi planula atau larva padat yang bersilia.
- Planula akan menetap pada substrat tertentu dan tumbuh menjadi polip baru.

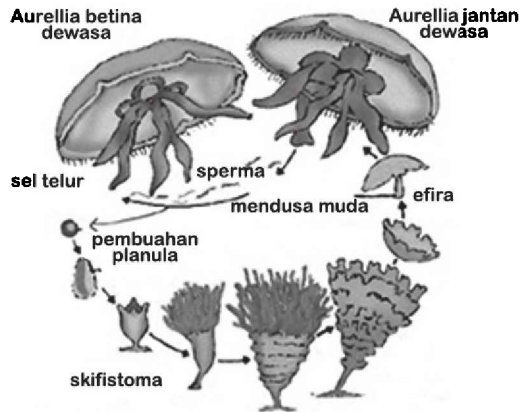


Gambar 8.4. Siklus hidup *Obelia sp.*

Sumber: <http://1.bp.blogspot.com/-9OCg-GwfSvM/TYAf3Y75d8I/AAAAAAAAAE4/Why2TwavTaA/s1600/obelia.jpg>

Siklus hidup *Aurelia aurita* sebagai berikut:

- Medusa dewasa jantan dan betina akan menghasilkan gamet (sel telur dan sperma) yang haploid.
- Fertilisasi sel telur oleh spermatozoid akan menghasilkan zigot yang diploid. Fertilisasi terjadi secara eksternal di air.
- Zigot akan mengalami pembelahan mitosis dan berkembang menjadi blastula, gastrula, kemudian berkembang menjadi planula bersilia yang berenang bebas.
- Planula akan menetap pada substrat tertentu dan tumbuh menjadi polip baru yang berukuran kecil dan bertentakel yang disebut skifistoma. Skifistoma dapat membentuk tunas-tunas baru.
- Skifistoma dapat melakukan strobilasi atau pembelahan secara melintang pada ujung oral untuk menghasilkan setumpuk bakal medusa atau efira.
- Efira akan lepas satu persatu menjadi medusa dewasa. Setelah efira lepas skifistoma kembali menjadi polip.



Gambar 8.5. Siklus hidup Aurelia aurita

Sumber: <https://lh3.googleusercontent.com/-KLIDgOwJqWQ/TXCszEMuRxI/AAAAAAAAAEs/d8y2op2ju0U/s1600/daurhidupaureliaok.jpg>

## 5. Klasifikasi Cnidaria

Cnidaria ada sekitar 10.000 spesies yang telah diidentifikasi. Cnidaria dibagi menjadi empat kelas, yaitu Hydrozoa, Scyphozoa, Cubozoa, dan Anthozoa.

- **Hydrozoa** (*hydro* = air, *zoon* = hewan)

Sebagian besar Hydrozoa hidup di laut, hanya sebagian kecil yang ada di air tawar. Hydrozoa dapat berupa polip, medusa, atau keduanya. Polip adalah fase yang dominan pada Hydrozoa. Gastrodermis Hydrozoa tidak mengandung nematosista. Hydrozoa dapat hidup soliter atau berkoloni. Hydrozoa memiliki polip yang soliter. Apabila Hydrozoa bertunas, maka tunas akan lepas dari induknya. Hydrozoa yang hidup berkoloni adalah *Obelia*. Tunas-tunas *Obelia* akan tetap menempel pada induknya dan saling berhubungan, disebut koloni hydroid. Koloni hydroid memiliki hidrorhiza yang berfungsi seperti akar yang tertanam di substrat.

Hydrozoa memiliki dua alat indera, yaitu oseli sebagai pengindra cahaya dan statosista sebagai alat keseimbangan. Contoh *Hydrozoa* antara lain *Hydra*, *Obelia*, dan *Physalia*.

- **Scyποzoa** (**scypos** = mangkuk, **zoon** = hewan)

Scyποzoa hidup di laut, berwarna menarik, dan memiliki stadium medusa yang dominan dalam siklus hidupnya. Pada umumnya, medusa berenang bebas dengan diameter 2--40 cm hingga mencapai 2 m. Ada Scyποzoa yang tidak memiliki stadium polip, yaitu *Pelagia* dan *Atolla*. Namun ada pula yang memiliki polip kecil berupa skifistoma, yaitu *Aurellia*. Scyποzoa umumnya diesis dan gonad terletak pada gastrodermis. Sel kelamin masuk ke dalam rongga gastrovaskuler dan dikeluarkan melalui mulut. Fertilisasi dapat terjadi secara eksternal di air atau di koral. Contoh *Scyποzoa* adalah *Periphylla*, *Chrysaora*, *Aurellia*, dan *Cyanea*.

- **Cubozoa**

Cubozoa mirip dengan Scyποzoa, namun mengalami metamorfosis lengkap dari polip hingga menjadi medusa yang berbentuk kotak dan memiliki lensa mata yang kompleks. Medusa berbentuk lonceng dengan empat sisi datar, sehingga berbentuk menyerupai kubus dengan tinggi mencapai 17 cm. Cubozoa memiliki empat buah tentakel dengan panjang mencapai 2 m. Cubozoa dapat bergerak secara horizontal, dengan ujung aboral sebagai anteriornya. Cubozoa hidup di laut tropis, dengan ikan sebagai makanannya. Cubozoa membahayakan perenang karena sengat nematosisnya menyebabkan luka dan mengakibatkan kematian. Contoh *Cubozoa* adalah *Chironex fleckeri*.

- **Anthozoa** (*anthos* = bunga, *zoon* = hewan )

Anthozoa merupakan hewan laut yang mirip bunga. Anthozoa hidup sebagai polip dan tidak memiliki bentuk medusa. Sebagian besar Anthozoa membentuk rangka dalam dan rangka luar dari zat kapur. Rongga gastrovaskuler bersekat-sekat dan mengandung nematosista. Gonad terdapat pada gastrodermis. Contoh Anthozoa adalah *Acropora*, *Fungia*, *Metridium*, *Corralium*, dan *Antipathes*.

## 6. Peranan Cnidaria

Cnidaria kelas Anthozoa merupakan pembentuk ekosistem terumbu karang yang menjadi habitat hewan laut lainnya. Ekosistem terumbu karang juga dapat dijadikan objek wisata maritime dan mencegah erosi pantai. Rangka luar Cnidaria dapat digunakan sebagai hiasan akuarium misalnya koral (*Corralium rubrum*). Beberapa ubur-ubur yang tidak beracun dapat dikonsumsi dan diperdagangkan sebagai ubur-ubur asin.

## c. Platyhelminthes

Platyhelminthes adalah cacing yang berbentuk pipih, tripoblastik (memiliki tiga lapisan embrionik), dan aselomata (tidak memiliki rongga tubuh). Platyhelminthes hidup bebas di air tawar, air laut atau tempat lembap dengan memakan sisa-sisa organisme atau organisme yang berukuran kecil. Beberapa cacing pipih hidup endoparasit di tubuh manusia atau hewan, dan sebagian lagi ektoparasit dengan memakan sel lendir dan sel-sel di permukaan tubuh. Ada cacing pipih yang hidup bebas yaitu dari kelas Turbellaria, sedangkan cacing lain bersifat parasit.

### 1. Ciri-ciri tubuh Platyhelminthes

Platyhelminthes merupakan hewan paling primitif di antara hewan bilateria. Bentuk tubuh Platyhelminthes pipih dorsoventral, simetri bilateral, dan beruas-ruas atau tidak beruas-ruas. Ukuran tubuh cacing pipih bervariasi, mulai dari yang berukuran mikroskopis (kurang dari 1 mm) hingga berukuran besar (panjang lebih dari 20 m).

Beberapa Platyhelminthes sudah memiliki sistem pencernaan makanan terutama yang hidup bebas. Namun, ada pula yang tidak memiliki sistem pencernaan seperti pada cacing pita. Platyhelminthes tidak memiliki sistem pernapasan dan sistem peredaran darah, sehingga pertukaran dan transportasi terjadi secara difusi.

Sistem saraf berupa beberapa pasang benang saraf, sistem ekskresi berupa saluran bercabag-cabang yang berakhir pada sel api (*flame cell*), dan alat indera berupa bintik mata untuk mendeteksi adanya sinar dan kemoreseptor.

## 2. Reproduksi *Platyhelminthes*

*Platyhelminthes* bereproduksi secara seksual, aseksual, atau keduanya. Pada umumnya *Platyhelminthes* bersifat hermafrodit karena memiliki testis yang menghasilkan sperma dan ovarium yang menghasilkan sel telur. Reproduksi seksual dilakukan dengan pembuahan sel telur oleh sperma. Reproduksi aseksual dengan fragmentasi atau pemotongan bagian tubuh. Bagian tubuh yang terpotong dapat melakukan regenerasi hingga menjadi individu baru lengkap, misalnya *Planaria*.

## 3. Klasifikasi *Platyhelminthes*

Filum *Platyhelminthes* terdiri atas empat kelas, yaitu Turbellaria, Cestoda, Trematoda, dan Monogenea.

- **Turbellaria** (cacing berambut getar)

Sebagian besar Turbellaria hidup bebas, dapat ditemukan di dasar laut, pasir, lumpur, atau di bawah batu karang. Beberapa jenis Turbellaria hidup parasit dalam tubuh Mollusca atau Echinodermata. *Planaria* adalah jenis Turbellaria yang hidup di perairan tawar yang belum tercemar. *Planaria* merupakan karnivor yang memakan hewan-hewan kecil lainnya atau sisa hewan yang sudah mati.

Bentuk tubuh Turbellaria umumnya lonjong, panjang, pipih dorsoventral, dan tidak beruas-ruas. Tubuh berwarna hitam, coklat, kelabu, merah, atau hijau. Bagian kepala melebar membentuk tentakel yang disebut aurikel. Tubuh ditutupi oleh epidermis yang berlendir untuk melekat dan membalut mangsa. Bagian ventral tubuhnya bersilia untuk merayap. Turbellaria memiliki *rhabdite* pada bagian epidermis yang berfungsi untuk pertahanan diri.

Turbellaria memiliki sistem pencernaan yang berupa mulut, faring, dan rongga gastrovaskuler (enteron), tanpa anus. Dinding

usus terdiri dari satu lapisan sel-sel fagosit dan sel kelenjar. Dinding usus mengalami pelebaran lateral yang berfungsi untuk memperluas bidang penyerapan. Turbellaria tidak memiliki sistem transportasi. Sistem saraf bervariasi, berbentuk jala saraf atau benang saraf. Turbellaria memiliki sepasang atau lebih bintik mata untuk mendeteksi cahaya. Gerak Turbellaria biasanya menjauhi cahaya (kemotaksis negatif). Turbellaria juga memiliki indera peraba berupa sel-sel kemoreseptor.

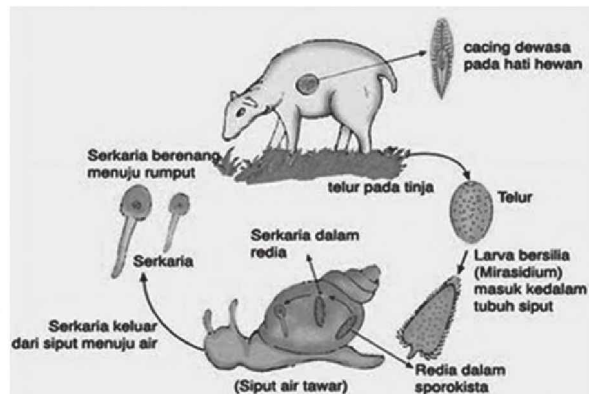
Sistem ekskresi Turbellaria berupa protonefridia yang berbentuk saluran bercabang-cabang yang berakhir pada sel api. Sisa metabolisme berupa ammonia dikeluarkan secara difusi melalui permukaan tubuh. Sistem reproduksi dapat terjadi secara seksual, aseksual, atau keduanya. Sebagian besar bersifat hermafrodit. Reproduksi terjadi dengan cara mutual atau pertukaran sperma untuk membuahi sel telur pada dua individu cacing. Reproduksi aseksual dilakukan dengan pertunasan atau membelah diri. Terdapat 3.000 spesies Turbellaria, antara lain *Planaria*, *Bipalium*, *Leptoplana*, dan *Mesostoma*.

- **Trematoda** (cacing isap)

Trematoda berbentuk lonjong hingga panjang, dilapisi kutikula, berukuran 0,2 mm—6 cm, dan hidup secara endoparasit atau ektoparasit. Trematoda hidup endoparasit di dalam tubuh ikan, amfibi, reptilia, dan mamalia termasuk manusia. Pada siklus hidupnya, Trematoda memiliki inang utama sebagai tempat hidup saat dewasa, dan memiliki inang perantara saat fase larva. Trematoda memiliki alat pengisap untuk menempel pada sel inang dan memakan serpihan sel, lendir, dan darah inang. Contoh anggota Trematoda adalah *Fasciola hepatica* (cacing hati pada ternak), *Clonorchis sinensis* (cacing hati pada manusia), dan *Schistosoma mansoni* (cacing darah).

*Fasciola hepatica* memiliki inang perantara berupa siput (*Lymnaea auricularis*) dan inang utama berupa hewan ternak dan bisa hidup di manusia. Siklus hidup *Fasciola hepatica* sebagai berikut,

- ❖ *Fasciola hepatica* dewasa yang hidup di hati hewan ternak atau manusia mengalami reproduksi seksual menghasilkan telur. Telur melalui aliran darah menuju empedu dan usus, kemudian keluar bersama feses.
- ❖ Telur akan menetas menjadi larva bersilia yang disebut mirasidium.
- ❖ Mirasidium akan menginfeksi siput air (*Lymnaea*).
- ❖ Di dalam tubuh siput, mirasidium akan tumbuh menjadi sporosista dan akan berkembang lagi menjadi redia.
- ❖ Redia selanjutnya berkembang menjadi serkaria bersilia dan kemudian keluar dari tubuh siput dan menempel pada tumbuhan air atau rumput. Serkaria kemudian berubah menjadi metaserkaria
- ❖ Jika metaserkaria yang menempel pada rumput termakan oleh hewan ternak, maka akan tumbuh menjadi metaserkaria di usus hewan ternak, kemudian bersama aliran darah menuju ke hati menjadi cacing dewasa.



Gambar 8.6. Siklus Hidup *Fasciola hepatica*

Sumber: <http://3.bp.blogspot.com/-ut-zOeBxKjc/UdoLeI6oSI/AAAAAAAAAOA/LqyBQBMME1A/s1600/2.jpg>

## AYO DIINGAT!

**Siklus Hidup *Fasciola hepatica*:**

**Teh Mira Sport Renang Sering Menang** = Telur – Mirasidium – Redia – Serkaria – Metaserkaria



*Clonorchis sinensis* adalah cacing hati pada manusia yang ditularkan melalui ikan air tawar atau siput. Manusia dapat terkena penyakit klonorkiasis apabila memakan ikan mentah yang mengandung serkaria cacing tersebut. Cacing yang masuk ke usus akan bersama darah menuju ke hati hingga menjadi cacing dewasa. *Schistosoma mansoni* adalah cacing darah menginfeksi manusia melalui pori-pori telapak kaki dan tangan atau tertelan melalui mulut, kemudian mengikuti aliran darah menuju paru-paru, hati dan menetap pada pembuluh darah.

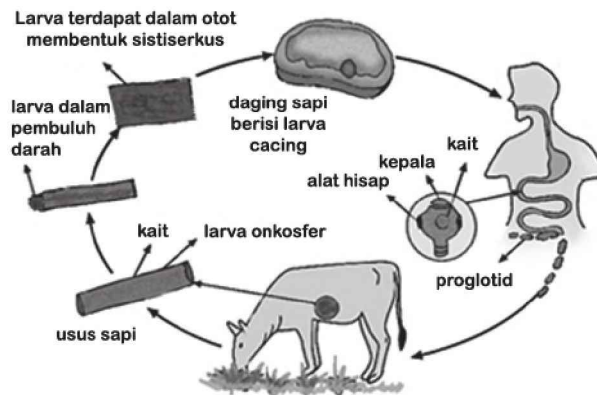
- **Cestoda** (cacing pita)

Tubuh Cestoda ditutupi kutikula, tidak memiliki mulut dan alat pencernaan, serta tidak memiliki alat indera. Tubuh terdiri dari kepala (*skoleks*), leher pendek (*strobilus*), dan proglotid. Skoleks dilengkapi alat pengisap (sucker) dan alat kait (rostellum) untuk menempel pada inangnya. Bagian leher merupakan pertunasan yang menghasilkan strobilus, yaitu serangkaian proglotid dengan jumlah mencapai 1.000 buah. Setiap proglotid memiliki alat kelamin jantan dan betina, sehingga fertilisasi dapat terjadi pada satu proglotid. Fertilisasi juga dapat terjadi antarproglotid dari individu yang sama atau berbeda. Proglotid yang mengandung telur akan terlepas bersama tinja.

Cacing pita hidup parasit di usus Vertebrata, misalnya manusia, sapi, babi, anjing, ayam, dan ikan. Cacing pita dalam siklus hidupnya membutuhkan satu atau dua inang perantara. Contohnya, *Taenia solium* yang hidup pada manusia atau hewan karnivor, dengan inang perantara babi. *Taenia saginata* merupakan parasit manusia dengan inang perantara sapi. Perbedaan antara *Taenia saginata* dan *Taenia solium* adalah ada dan tidaknya rostellum. *Taenia saginata* tidak memiliki rostellum sehingga mudah diberantas. *Dibothriocephalus latus* parasit pada manusia atau hewan karnivor dengan perantara ikan. *Echinococcus granulosus* hidup parasit di usus anjing, dan *Choanotaenia fundibulum* parasit di usus ayam.

Siklus hidup *Taenia sp.* sebagai berikut:

- ❖ Cacing dewasa yang hidup di usus manusia menghasilkan proglotid yang mengandung telur yang sudah dibuahi
- ❖ Proglotid akan keluar bersama feses, menempel di rumput, kemudian termakan oleh hewan (babi atau sapi).
- ❖ Di usus hewan tersebut, telur menetas menjadi larva **onkosfer**.
- ❖ Onkosfer menembus usus, masuk ke dalam peredaran darah, kemudian menuju ke jaringan otot untuk membentuk sista **sistiserkus**.
- ❖ Bila manusia memakan daging hewan yang mengandung sista sistiserkus, maka sistiserkus akan berkembang menjadi cacing pita dewasa di usus manusia.



Gambar 8.7. Siklus hidup *Taenia sp.*

Sumber: <http://crocodilusdaratensis.files.wordpress.com/2010/10/3.jpg?w=500>

## AYO DIINGAT!

**Siklus Hidup *Taenia sp.* :**

**T – O – S – Ca** = Telur – onkosfer – sistiserkus – cacing dewasa

- **Monogenea**

Monogenea hidup ektoparasit di ikan, amfibi, dan reptilia dengan menyerap lendir dan sel-sel di permukaan tubuh inangnya. Cacing dewasa berukuran 0,2—0,5 mm. Umumnya, Monogenea bersifat hermafrodit dan mengalami pembuahan sendiri. Cacing ini mempunyai alat penempel yang disebut prohaptor dan opistaptor. Prohaptor berada pada bagian anterior, sedangkan opistaptor yang dilengkapi duri, kait, atau alat pengisap berada di bagian posterior. Opistaptor biasanya digunakan untuk menempel pada tubuh inang. Contoh Monogenea adalah *Gyrodactylus salaris*.

- 4. *Peranan Platyhelminthes*

Sebagian besar Platyhelminthes merugikan karena hidup parasit dalam tubuh manusia, hewan ternak, burung, dan ikan. Antara lain, *Taenia saginata*, *Taenia solium*, dan *Dibothriocephalus* yang parasit pada manusia. *Schistosoma mansoni* menyebabkan skistosomiasis, menyebabkan kerusakan hati dan limpa serta gangguan jantung dan ginjal. *Gyrodactylus salaris* dari kelas Monogenea menyerang ikan pada kolam pembenihan.

#### **d. Nematoda (Nemathelminthes)**

Nematoda berbentuk bulat panjang (gilik) atau seperti benang. Nematoda merupakan hewan triploblastik dan memiliki rongga tubuh semu (pseudoselomata). Nematoda hidup bebas di alam, dapat ditemukan di laut, air payau, air tawar, maupun tanah. Nematoda yang hidup bebas memakan sampah organik, kotoran hewan, sisa tumbuhan atau hewan yang membusuk, jamur, ganggang, atau hewan kecil lainnya. Namun, banyak juga nematoda yang parasit pada manusia, hewan, maupun tumbuhan.

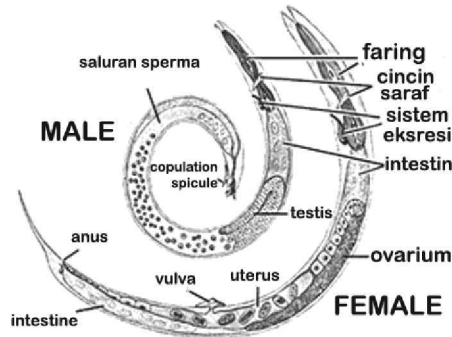
- 1. *Ciri-ciri Tubuh Nematoda*

Nematoda berbentuk silindris atau bulat panjang (gilik) dan tidak bersegmen. Bagian anterior tampak simetri radial, dan

bagian posterior membentuk ujung yang meruncing. Ujung posterior pada cacing jantan berbentuk kait untuk memasukkan sperma. Ukuran tubuh bervariasi, biasanya Nematoda yang hidup di air tawar berukuran kurang dari 1 mm, sedangkan yang hidup di laut dapat mencapai 5 cm. Cacing betina berukuran lebih besar dibandingkan dengan cacing. Permukaan tubuh Nematoda memiliki lapisan kutikula yang keras dan transparan. Di bawah lapisan kutikula terdapat lapisan epidermis. Dinding tubuh terdiri dari otot longitudinal yang dapat berkontraksi menghasilkan gerakan memukul seperti cemeti. Nematoda memiliki pseudoselom yang berfungsi sebagai rangka hidrostatis dan untuk pergerakan.

Nematoda memiliki sistem pencernaan yang lengkap, yaitu mulut, esophagus, usus, dan anus. Mulut pada bagian anterior memiliki tiga atau enam bibir, papilla dan seta. Nematoda yang herbivor atau karnivor bagian mulutnya dilengkapi stilet yang berfungsi untuk menusuk dan mengisap sari makanan dari inangnya. Nematoda memiliki usus yang panjang untuk menyerap sari makanan, rektum yang pendek, dan diakhiri oleh anus pada bagian posterior.

Nematoda memiliki alat indera berupa sensila, papilla, seta, amfid, dan phasmid. Kemoreseptor terdapat di bagian anterior berupa amfid, dan bagian posterior berupa phasmid. Seta atau rambut berada di seluruh permukaan tubuh cacing. Nematoda yang hidup bebas biasanya memiliki titik mata. Sistem saraf berupa lingkaran yang mengelilingi esophagus, enam benang saraf di bagian anterior dan empat atau lebih benang saraf posterior. Nematoda tidak memiliki sistem peredaran darah dan transportasi. Pertukaran zat dan transportasi terjadi secara difusi. Nematoda memiliki alat ekskresi berupa sistem sel kelenjar dengan maupun tanpa saluran.



8.8. Gambar struktur tubuh Nematoda

Sumber: [http://4.bp.blogspot.com/\\_CPTANMPR2w/Unhjwp7U-AI/AAAAAAAAABwU/tcp8Sevwpl0/s320/STRUKTUR+NEMATODA.png](http://4.bp.blogspot.com/_CPTANMPR2w/Unhjwp7U-AI/AAAAAAAAABwU/tcp8Sevwpl0/s320/STRUKTUR+NEMATODA.png)

## 2. Cara reproduksi Nematoda

Nematoda bereproduksi secara seksual dengan fertilisasi internal yang terjadi dalam tubuh cacing betina. Pada umumnya Nematoda bersifat diesis, yaitu organ kelamin jantan dan betina berada pada individu yang berbeda. Telur hasil fertilisasi memiliki cangkang yang keras dan tebal dengan pola spesifik. Telur menetas menjadi larva yang berbentuk sama dengan cacing dewasa. Larva mengalami pergantian kulit (*molting*) hingga empat kali. Larva kemudian akan tumbuh menjadi cacing dewasa dengan bentuk yang lebih besar.

Dalam siklus hidupnya, Nematoda memerlukan satu inang atau lebih. Misalnya *Oxyuris vermicularis* (cacing kremi) hanya memerlukan satu inang perantara, yaitu manusia. *Wuchereria bancrofti* (cacing filaria) penyebab penyakit kaki gajah membutuhkan inang utama manusia dan inang perantara nyamuk *Culex sp.*

## 3. Klasifikasi Nematoda

Nematoda dibagi menjadi beberapa kelas, antara lain **Adenophorea** dan **Secernentea**. Kelas Adenophorea tidak memiliki phasmid (organ kemoreseptor) sehingga disebut Aphasmda. Adenophorea hidup bebas atau parasit pada berbagai hewan. Contohnya adalah *Trichinella spiralis* yang parasit

pada hewan dan manusia dan menyebabkan penyakit trikinosis. *Trichuris ovis* adalah contoh lain yang parasit pada domba. Kelas Secernentea disebut juga Phasmida, karena anggotanya memiliki phasmid. Sebagian besar cacing ini parasit pada tubuh hewan, tumbuhan, dan manusia. Contoh Secernentea adalah *Ascaris lumbricoidees* (cacing perut), *Ancylostoma duodenale* (cacing tambang), *Oxyuris vermicularis* (cacing kremi), *Wuchereria bancrofti* (cacing filaria), dan *Onchocerca volvulus*.

*Ascaris lumbricoides* merupakan cacing parasit di usus halus manusia yang menyebabkan penyakit askariasis. Infeksi cacing ini menyebabkan penderita menjadi kurang gizi. Cacing dewasa betina memiliki ukuran lebih besar daripada cacing jantan. Bagian posterior cacing jantan berbentuk runcing dan melengkung, dan di bagian anus terdapat spikula yang berbentuk kait untuk memasukkan sperma ke dalam tubuh betina. Setelah fertilisasi, cacing betina menghasilkan telur yang akan keluar dari tubuh bersama tinja. Telur yang berembrio dapat tertelan bersama makanan yang terkontaminasi. Telur kemudian akan menetas menjadi larva di usus inang. Larva dapat menembus dinding usus, masuk ke pembuluh darah menuju ke jantung, paru-paru, faring, dan kembali masuk ke usus halus hingga cacing tumbuh dewasa.

*Oxyuris vermicularis* atau cacing kremi hidup di usus besar manusia terutama pada anak-anak. Cacing dewasa betina menuju ke dubur pada malam hari untuk bertelur dan mengeluarkan zat penyebab gatal. Rasa gatal menyebabkan penderita menggaruknya hingga telur terselip di kuku. Telur cacing dapat tertelan kembali, dan di dalam usus akan menetas menjadi cacing baru. Penularan tersebut dinamakan autoinfeksi.

*Wuchereria bancrofti* parasit di getah bening (limfa) manusia. Cacing ini adalah penyebab penyakit filariasis atau kaki gajah. Setelah fertilisasi, cacing betina menghasilkan mikrofilaria berada di pembuluh darah menuju ke lapisan di bawah kulit pada malam hari. Apabila nyamuk perantara (*Culex*, *Aedes*, *Mansonia*, atau *Anopheles*) menggigit penderita, maka mikrofilaria masuk

ke perut nyamuk, menembus dinding usus menuju ke otot toraks. Setelah larva berukuran 1,4 mm, mikrofilaria kembali ke mulut nyamuk dan siap ditularkan ke orang lain. Mikrofilaria akan masuk ke tubuh menuju ke pembuluh limfa. Cacing akan menggulung di kelenjar limfa, dan apabila cacing berjumlah banyak maka akan menyumbat sirkulasi getah bening. Hal tersebut menyebabkan pembengkakan di kaki setelah menginfeksi bertahun-tahun. *Onchochecerca volvulus* merupakan cacing mikroskopis yang menyebabkan penyakit onchocerciasis yang dapat mengakibatkan kebutaan. Inang perantaranya adalah lalat kecil pengisap darah Simulium. Cacing ini banyak ditemukan di Afrika dan Amerika.

#### 4. Peranan Nematoda

Umumnya, Nematoda merugikan karena parasit dan menyebabkan penyakit pada manusia. Beberapa Nematoda juga parasit di tumbuhan, misalnya *Globodera rostochienseis* yang parasit pada tomat dan kentang. Ada pula Nematoda yang menjadi predator hama seperti ulat tanah. *Caenorhabditi elegans* yang hidup bebas di tanah sering digunakan untuk model penelitian perkembangan hewan karena mudah dikembangbiakkan dan mudah dianalisis struktur genetiknya.

### e. Annelida

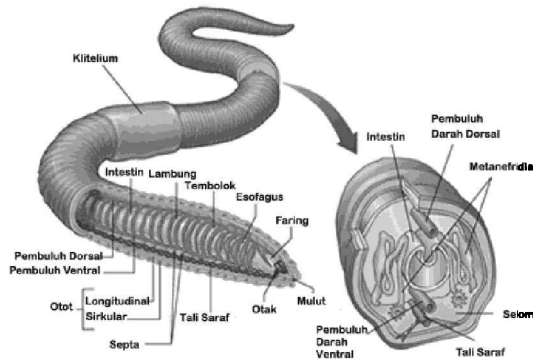
Annelida adalah cacing yang berbentuk gilik bersegmen seperti sejumlah cincin yang diuntai, bersifat triploblastik, dan selomata (berongga tubuh sejati). Pada umumnya Annelida hidup bebas di air tawar, air payau, dan darat. Cacing ini mudah ditemukan di tempat yang kaya bahan organik seperti sawah atau rawa. Annelida bersifat karnivor dengan memakan invertebrata kecil, namun ada pula yang ektoparasit di tubuh manusia seperti lintah (*Hirudo medicinalis*).

### 1. *Ciri-ciri tubuh Annelida*

Annelida berbentuk simetri bilateral, silindris (gilik), dan tubuhnya terbagi menjadi ruas-ruas (segmen) yang sama besar dari ujung anterior hingga posterior. Ruas-ruas tubuh yang sama disebut metameri atau somit.. Segmentasi Annelida membagi otot dinding tubuh dan menyekat rongga tubuh. Sistem pencernaan makanan, peredaran darah, sistem saraf dan sistem ekskresi saling berhubungan antarsegmen. Bagian ujung anterior tubuh disebut prostomium, dan bagian posterior disebut pigidium. Setiap sisi lateral ruas tubuh terdapat parapodia dengan sejumlah seta (rambut). Apabila bagian tubuhnya terputus, maka Annelida memiliki kemampuan regenerasi dengan membentuk bagian tubuh baru. Beberapa Annelida memiliki kemampuan autotomi, yaitu memutuskan sebagian tubuhnya saat mendapat gangguan.

Sistem pencernaan Annelida lengkap, memiliki mulut, faring, esophagus, tembolok, lambung otot (empedal), usus halus, dan anus. Sistem peredaran darah bersifat tertutup, yaitu darah mengalir dalam pembuluh darah. Pembuluh darah utama yaitu pembuluh darah ventral dan pembuluh darah dorsal yang sejajar dengan organ pencernaan. Darah Annelida mengandung hemoglobin sehingga berwarna merah. Sistem pernapasan dilakukan oleh permukaan tubuh secara difusi, namun ada beberapa yang memiliki insang (modifikasi dari parapodia). Sistem ekskresi berupa metanefridia, yang terdiri dari nefrostom (corong bersilia), nefridia (saluran yang terbungkus peritoneum), dan nefridiopor (lubang ekskresi). Sistem saraf Annelida berupa sistem saraf tangga tali dengan ganglia otak, sel peraba di permukaan tubuh, dan memiliki bintik mata serta alat keseimbangan (statosista).





Gambar 8.9. Struktur tubuh Annelida

Sumber: <http://mrb-science.wikispaces.com/file/view/invertworms13.jpg/133687771/invertworms13.jpg>

## 2. Reproduksi Annelida

Reproduksi Annelida terjadi secara seksual dan aseksual. Sebagian besar Annelida bereproduksi secara seksual, kelamin jantan dan betina pada satu individu (hermafrodit), atau terdapat pada individu yang berbeda (diesis). Meskipun hermafrodit, Annelida harus melakukan perkawinan silang dengan pertukaran sperma untuk membuahi sel telur pasangannya. Reproduksi aseksual Annelida terjadi dengan cara fragmentasi atau pemotongan bagian tubuh.

## 3. Klasifikasi Annelida

Berdasarkan seta (rambut) pada tubuhnya, Annelida dibedakan menjadi tiga kelas, Polychaeta, Oligochaeta, dan Hirudinea.

- **Polychaeta**

Polychaeta merupakan Annelida yang memiliki banyak rambut. Tubuh berukuran 5—10 cm dengan diameter 2—10 mm. Bagian kepala bagian atas terdapat bagian prostomium dan peristomium. Pada prostomium terdapat mata, antena,

dan sepasang palpus. Peristomium di belakang prostomium, terdapat mulut, alat indera, dan sirus (alat peraba). Setiap ruas tubuh memiliki sepasang parapodium yang berfungsi sebagai alat gerak dan alat pernapasan karena mengandung pembuluh darah.

Polychaeta menangkap mangsa menggunakan proboscis. Polychaeta merupakan karnivor (pemakan invertebrata kecil), herbivor (pemakan ganggang), atau pemakan endapan yang mengandung zat organik. Sistem indera berupa mata dan statosista. Pergerakan Annelida termasuk fototaksis negatif, karena selalu menjauhi cahaya. Sistem reproduksi dilakukan secara seksual dan bersifat diesis (*gonorkis*). Sel kelamin dikeluarkan melalui meranefridia atau sobekan dinding tubuh (*dehiscence*). Pembuahan terjadi secara internal atau eksternal. Beberapa Polychaeta, seperti cacing palolo (*Eunice viridis*) membentuk dua macam individu dari hasil dari pertunasan, yaitu epitoke dan atoke. Epitoke adalah tunas reproduktif yang dapat melepaskan sel telur dan sperma. Sedangkan atoke adalah individu yang tidak reproduktif. Contoh Polychaeta antara lain *Eunice viridis* (cacing palolo) dan *Lysidice oele* (cacing wawo) yang bisa dimakan, *Nereis*, *Myzostoma*, dan *Sabellaria*.

- **Oligochaeta**

Oligochaeta adalah Annelida yang memiliki sedikit rambut (seta). Sebagian besar hidup di air tawar, dan ada pula di air laut, air payau, dan di tanah yang lembap. Oligochaeta dibedakan menjadi Mikridrile yang berukuran kecil (1—30 mm) dan Megadrile yang berukuran besar (5—30 cm). Oligochaeta memiliki jaringan kloragogen di sekitar usus dan pembuluh dorsal. Jaringan kloragogen merupakan lapisan sel yang berwarna kuning yang berfungsi sebagai hati dan berperan dalam proses deaminasi protein, pembentukan ammonia, dan sintesis urea.

Oligochaeta tidak memiliki bintik mata, kecuali pada beberapa spesies yang hidup di air. Di seluruh permukaan

tubuh terdapat sel indera sebagai fotoreseptor, kecuali bagian ventral. Gerakan Oligochaeta adalah menjauhi cahaya yang disebut fototaksis negatif.

Oligochaeta adalah hewan hermafrodit tetapi dengan perkawinan silang. Oligochaeta memiliki klitellum atau ruas reproduktif yang berdinding tebal. Klitellum menghasilkan lendir untuk perkawinan dan membentuk dinding kokon. Kokon adalah tempat melekatnya telur. Telur yang dikeluarkan oleh gonopori disimpan pada dinding kokon. Dinding kokon yang mengandung telur akan menuju spermateka untuk mendapatkan sperma. Fertilisasi terjadi dalam dinding kokon yang kemudian akan terlepas dari bagian anterior. Telur akan berkembang pada kokon hingga menetas dan menghasilkan anak cacing. Contoh *Oligochaeta* adalah *Lumbricus terrestris* (cacing tanah), *Tubifex*, dan *Megascolides australis* (cacing raksasa Australia).

- **Hirudinea**

Hirudinea merupakan Annelida yang tidak memiliki parapodia dan seta. Hirudinea memiliki dua alat pengisap di bagian anterior yang mengelilingi mulut dan bagian posterior. Hirudinea merupakan hewa nokturnal yang aktif pada malam hari. Hirudinea hidup secara ektoparasit pada tubuh inang, misalnya sapi, kerbau, atau manusia. Contoh dari Hirudinea adalah *Hirudo medicinalis* (lintah) dan *Haemodipsa* (pacet). Pada umumnya, lintah mengisap darah inang dan menghasilkan zat anti koagulan (anti pembekuan darah) sehingga lintah dapat mengisap darah sebanyak mungkin. Pada saat lintah menempel pada inang, bagian rahangnya mengeluarkan zat anestetik sehingga inang tidak merasa sakit. Di belakang rahang terdapat faring yang berotot sebagai pompa.

Hirudinea bersifat hermafrodit dan melakukan perkawinan silang untuk saling bertukar sperma. Kokon yang berisi telur ditanamkan di tanah atau dierami hingga menetas. Lintah

dewasa setelah berumur 3—5 tahun. Umur lintah dapat mencapai 10—15 tahun. Lintah dapat hidup 1,5 tahun tanpa makan.

#### 4. *Peranan Annelida*

Beberapa Annelida merugikan karena bersifat ektoparasit. *Hirudo medicinalis* (lintah) dan *Haemodipsa* (pacet) hidup ektoparasit dan mengisap darah manusia dan hewan (misalnya sapi, kerbau, kuda). Namun, lintah juga bermanfaat untuk pengobatan tradisional, seperti untuk menghilangkan racun atau bisa dari hewan berbisa. Lintah juga dapat digunakan untuk mengobati migrain, mengambil darah kotor, dan melancarkan pembuluh darah. *Polydora* mengebor cangkang tiram sehingga menurunkan harga jual tiram.

Annelida yang menguntungkan manusia antara lain cacing palolo (*Eunice viridis*) dan wawo (*Lysidice oele*) mengandung protein tinggi dan dapat dimakan. *Tubifex* untuk makanan ikan dan burung. *Pheretima* dan *Lumbricus terrestris* adalah cacing tanah yang berfungsi menggemburkan tanah sehingga menambah kesuburan tanah.

## f. **Mollusca**

Mollusca merupakan hewan yang bertubuh lunak, tidak beruas-ruas, triploblastik, dan selomata. Umumnya hidup bebas di perairan dangkal (air tawar, air payau, atau laut). Mollusca hidup sebagai herbivor, karnivor, atau memakan sisa-sisa organisme. Ada pula Mollusca yang hidup sebagai parasit.

#### 1. *Ciri-ciri tubuh Mollusca*

Bentuk tubuh Mollusca bervariasi, simetri bilateral, tertutup mantel yang bercangkang atau tidak bercangkang, atau berbentuk hampir bulat, silindris seperti cacing. Ukuran tubuh bervariasi, ada yang berukuran beberapa millimeter hingga panjang mencapai 18 meter. Pada umumnya Mollusca memiliki

tiga bagian utama, yaitu kaki, masa visera, dan mantel. Kaki Mollusca berotot dengan telapak berlendir dan silia digunakan untuk pergerakan. Masa visera mengandung organ internal, seperti organ pencernaan, ekskresi, dan reproduksi. Mantel merupakan lipatan jaringan yang menutupi masa visera dan berfungsi menghasilkan cangkang.

Sistem saraf Mollusca terdiri dari cincin saraf. Sistem saraf ini mengelilingi esofagus dengan serabut saraf yang menyebar. Sistem saraf terdiri atas tiga pasang ganglion yaitu ganglion serebral, ganglion viseral dan ganglion pedal yang ketiganya dihubungkan oleh tali-tali saraf longitudinal. Alat indera berupa osfradium, mata, dan statosista. Osfradium berfungsi sebagai kemoreseptor. Sistem pencernaan Mollusca sudah terbilang lengkap terdiri dari mulut, esofagus, lambung, usus, dan anus. Mollusca juga memiliki lidah bergerigi yang disebut radula. Radula berfungsi untuk mengerok lumut, mengebor, melumatkan makanan, dan menangkap mangsa. Alat ekskresi berupa protonefridium. Jantung Mollusca terdiri dari dua serambi (aurikel) dan satu bilik (ventrikel). Mollusca memiliki sistem peredaran darah terbuka, karena darah tidak beredar dalam pembuluh darah. Darah mengandung pigmen hemosianin dalam plasma darah sehingga berwarna biru pucat dan akan tidak berwarna jika kekurangan oksigen. Sistem perapasan berupa sepasang insang atau lebih yang disebut ktenidium, paru-paru, atau keduanya.

## 2. *Cara Reproduksi Mollusca*

Mollusca bereproduksi secara seksual, dan umumnya gonorkis yang memiliki sel kelamin jantan dan betina pada individu yang berbeda. Ada beberapa Mollusca yang hermafrodit. Fertilisasi dapat terjadi secara internal atau eksternal.

## 3. *Klasifikasi Mollusca*

Berdasarkan bidang simetri, bentuk kaki, cangkang, mantel, insang, dan system saraf, Mollusca terdiri atas lima kelas yaitu :

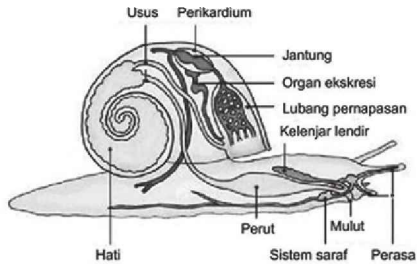
- **Kelas Gastropoda (*Gaster* = *perut* + *podos* = *kaki*)**

Sebagian besar Gastropoda mempunyai cangkang (rumah) dan berbentuk kerucut terpilin (*spiral*). Bentuk tubuhnya sesuai dengan bentuk cangkang. Pada fase larva bentuk tubuhnya simetri bilateral. Ada pula Gastropoda yang tidak memiliki cangkang, sehingga sering disebut siput telanjang (*vaginula*). Hewan ini terdapat di air tawar, laut dan ada pula yang hidup di darat. Gastropoda hidup sebagai herbivor, karnivor, atau memakan sisa organisme. Beberapa Gastropoda ada yang ektoparasit, yaitu *Brachystoma* yang mengisap darah kerang atau Polychaeta. Ada pula yang endoparasit seperti *Entochonca* yang hidup dalam timun laut, dan *Stilifer* hidup dalam tubuh bintang laut.

Cangkang Gastropoda terdiri atas empat lapisan, yaitu **periostrakum** (lapisan terluar, berpigmen, mengandung zat tanduk), **prismatik** (lapisan  $C_aCO_3$  terluar, mengandung kalsit), **lamella** (lapisan  $C_aCO_3$  -tengah, mengandung aragonit), dan **nakreas** (lapisan  $C_aCO_3$  terdalam, berupa lembaran aragonit).

Pernapasan bagi Gastropoda yang hidup di darat menggunakan paru-paru, sedangkan Gastropoda yang hidup di air, bernapas dengan insang. Sistem pencernaan lengkap, dengan radula yang memiliki gigi-gigi. Sistem peredaran darah terbuka dan jantung dilapisi perikardium. Gastropoda memiliki sepasang ganglion otak dan benang saraf. Alat indera berupa mata (fotoreseptor) yang berada di pangkal tentakel, sepasang atau dua pasang tentakel (alat peraba), osfradium (kemoreseptor), dan statosista pada kaki. Alat ekskresi berupa sepasang protonefridium.

## KEONG



Gambar 8.10. Struktur tubuh Gastropoda (keong)

Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/04-keong.jpg>

Gastropoda bereproduksi secara seksual, pada umumnya diesis (alat kelamin jantan dan betina pada individu yang berbeda). Beberapa Gastropoda adalah hewan hermafrodit, tetapi tidak mampu melakukan autofertilisasi. Fertilisasi terjadi secara internal atau eksternal. Telur dilindungi oleh semacam agar dan dikeluarkan secara berkelompok. Adapula telur yang dilindungi oleh cangkang dan albumin yang diletakkan dalam substrat. Contoh *Gastropoda* antara lain bekicot (*Achatina fulica*), siput air tawar (*Lymnaea*), dan siput laut tanpa cangkang (*Vaginula* dan *Chromodoris*).

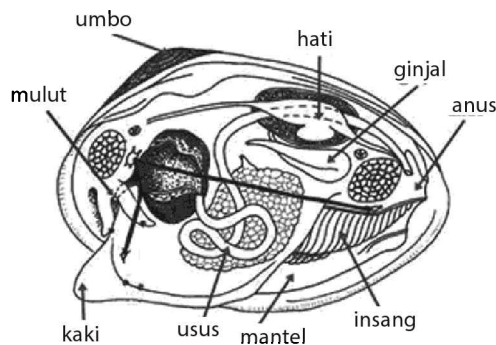
- **Kelas Pelecypoda (*Bivalvia*, *Lamellibranchiata*)**

Pelecypoda adalah kelompok hewan kerang, remis, tiram dan kijing. Pelecypoda memiliki kaki yang berbentuk kapak, memiliki sepasang cangkang, dan insangnya berbentuk lembaran-lembaran. Pelecypoda hidup bebas, komensalisme, atau parasit di laut dan di perairan tawar.

Pelecypoda tidak memiliki kepala, tubuh berbentuk pipih, secara lateral dan ditutupi oleh sepasang cangkang. Puncak cangkang disebut umbo, dengan garis-garis melingkar di sekitarnya yang menunjukkan garis pertumbuhan cangkang. Pelecypoda memiliki insang biasanya berukuran sangat besar

dan pada sebagian besar spesies dianggap memiliki fungsi tambahan yaitu pengumpul makanan, disamping berfungsi sebagai tempat pertukaran gas. Insang, berlapis-lapis dan berjumlah dua pasang. Dalam insang ini banyak mengandung pembuluh darah.

Tubuh Pelecypoda bilateral simetris dan memiliki kebiasaan menggali liang pada pasir dan lumpur yang merupakan substrat hidupnya dengan menggunakan kakinya. Untuk itu tubuhnya memipih secara lateral sangat membantu dalam menunjang kebiasaan tersebut.

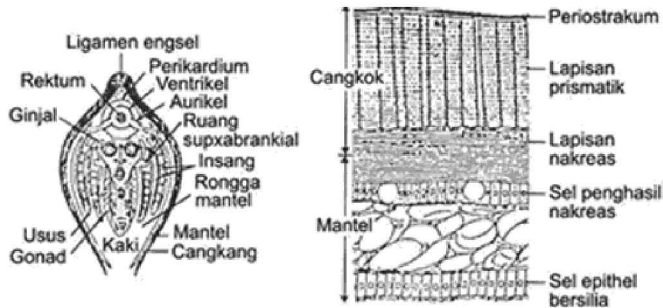


Gambar 8.11. Struktur tubuh Pelecypoda

Sumber: [http://3.bp.blogspot.com/\\_TEUK5QIFvrk/TO5UsDjmn3I/AAAAAAAAABo/63L0sc-pSAc/s320/bivalve\\_kErang.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_TEUK5QIFvrk/TO5UsDjmn3I/AAAAAAAAABo/63L0sc-pSAc/s320/bivalve_kErang.jpg)

Cangkang kerang terdiri atas tiga lapisan, yaitu periostrakum (paling luar), prismatic (bagian tengah), dan nakreas (paling dalam/lapisan mutiara). Periostrakum berfungsi sebagai pelindung dan memberi warna cangkang. Di bawah cangkang terdapat mantel yang berupa jaringan tipis yang menutupi seluruh tubuhnya. Di antara mantel dan nakreas terdapat rongga yang berisi cairan ekstrapalial. Benda asing yang masuk ke dalam rongga tersebut akan diselubungi oleh cairan ekstrapalial yang akan mengendap membentuk lapisan mutiara.





Gambar 8.12. Struktur cangkang pada Pelecypoda

Sumber: <http://aslam02.files.wordpress.com/2012/05/mollusca-lapisan-krang.jpg?w=545>

Bagian belakang mantel terdapat dua lubang yang disebut sifon. Sifon atas berfungsi untuk keluarnya air (*sifon ekshalan*), sedangkan sifon bawah sebagai tempat masuknya air (*sifon inhalan*). Makanan akan masuk bersama air melalui sifon inhalan, dan sisa makanan dibawa ke usus, rektum, kemudian dikeluarkan melalui sifon ekshalan.

Sistem peredaran darah Pelecypoda merupakan peredaran darah terbuka. Alat indera terdapat pada tepi mantel berupa tentakel pada kedua sifon, sepasang statosista pada kaki, oseli (*fotoreseptor*) di sepanjang mantel, dan osfradium pada sifon ekshalan.

Reproduksi Pelecypoda secara seksual dengan gonorkis (diesis) atau hermafrodit. Gamet dikeluarkan oleh sifon ekshalan dan pembuahan terjadi secara eksternal di air menghasilkan larva trokofor yang akan bermetamorfosis menjadi kerang muda. Contoh *Pelecypoda* antara lain kerang mutiara (*Pinctada margaritifera*), kerang air tawar (*Anadonta*), cacing kapal (*Teredo*), dan kerang pengebor batu karang laut (*Lithophaga*).

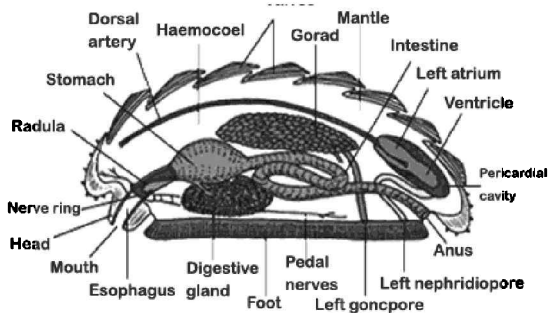
- **Kelas Polyplacophora**

Contoh Polyplacophora yang terkenal adalah *Chiton* sp. *Chiton* memiliki struktur yang sesuai dengan kebiasaan melekat pada batu karang dan cangkang mirip hewan lainnya.

Apabila disentuh, akan melekat erat pada batu karang. Hewan ini merayap perlahan-lahan pada dasar laut di batu-batuan yang lunak. Sendi-sendi yang dimilikinya dapat dibengkokkan sehingga tubuhnya dapat dibulatkan seperti bola. Habitat *Chiton* adalah di laut, di daerah pantai sampai kedalaman sedang, dan memakan rumput laut dan mikro organisme dari batu karang.

Bentuk tubuhnya bulat telur, pipih, dan simetris bilateral. Mulut tidak berkembang baik dan terletak di bagian kepala (anterior), sedangkan anus terletak di posterior. Hewan ini tidak memiliki tentakel dan mata. Permukaan dorsal tubuhnya tertutup mantel yang dilengkapi delapan kepingan kapur yang mengandung berlapis-lapis serabut insang. Kadang-kadang kepingan itu dibungkus lapisan kitin. Saluran mantel terdapat di tepi tubuh. Kakinya pipih dan biasanya memiliki lidah parut (radula) yang besar.

Organ pencernaan dimulai dari mulut yang dilengkapi radula dan gigi – faring – perut – usus halus – anus. Kelenjar pencernaannya adalah hati yang berhubungan dengan perut. Sistem saraf berupa cincin esofagus dan dua cabang saraf yang mengkoordinasi mantel dan daerah kaki. Tidak terdapat ganglion yang jelas, tetapi ada sel-sel ganglion pada cabang saraf. Sistem peredaran darah terbuka terdiri dari jantung, aorta, dan sebuah sinus. Darah mendapat oksigen dari insang. Sistem ekskresi berupa sepasang nefridium yang besar. Alat indera berupa organ subradula aesthetes yang dapat dijulurkan untuk mendeteksi adanya makanan. Alat reproduksi bersifat gonokoris dengan fertilisasi internal atau eksternal. Telur disimpan dalam rongga mantel hingga menetas menjadi larva trokofor yang dapat berenang bebas, kemudian larva akan mengalami metamorfosis menjadi anak *Chiton*. Contoh lain dari *Pelecypoda* antara lain *Chaetopleura* dan *Lepidopleurus*.



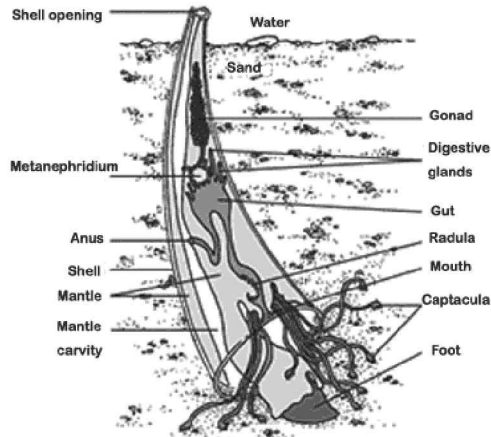
Gambar 8. 13. Struktur tubuh Polyplacophora

Sumber:[http://4.bp.blogspot.com/\\_TEUK5QIFvrk/TO5WqOvLdyl/AAAAAAAAACI/eVZy8W0sFTw/s320/polyplacophora%2B%2528kiton%2529.gif](http://4.bp.blogspot.com/_TEUK5QIFvrk/TO5WqOvLdyl/AAAAAAAAACI/eVZy8W0sFTw/s320/polyplacophora%2B%2528kiton%2529.gif)

- **Kelas Schapopoda**

Scaphopoda merupakan kelas terkecil dari mollusca. Scaphopoda disebut juga siput taring karena bentuk cangkang menyerupai gading gajah atau taring. Hewan ini hanya hidup di laut dan dipantai yang berlumpur. Cangkangnya tajam berbentuk silinder, taring atau terompet yang kedua ujungnya terbuka, karena disesuaikan dengan tempat hidupnya. Warna yang paling sering adalah putih-coklat atau putih-hijau. Cangkang ini berfungsi untuk melindungi tubuhnya yang sangat lunak. Panjang tubuhnya sekitar 2 mm – 15 cm.

Scaphopoda ini tidak memiliki insang, juga tidak memiliki jantung dan pembuluh darah. Pada kepala terdapat mulut dan kaptula yang berbentuk filamen untuk menangkap makanan. Scaphopoda memiliki rahang dan radula pada rongga mulut, tidak memiliki mata, dan tidak bertentakel. Sistem saraf ganglion tidak berpusat. Scaphopoda tidak memiliki insang, sehingga pertukaran udara terjadi di permukaan mantel. Sistem peredaran darah berupa sistem sinus karena tidak memiliki jantung. Alat ekskresi berupa sepasang nefridium. Sistem reproduksi seksual dilakukan secara gonokoris, fertilisasi eksternal yang menghasilkan larva veliger yang kemudian bermetamorfosis menjadi anak Scaphopoda. Contoh hewan ini adalah *Dentalium vulgare* dan *Cadulus mayori*.



Gambar 8.14. Struktur tubuh Scaphopoda

Sumber: [http://4.bp.blogspot.com/\\_TEUK5QIFvrk/TO5WpR2ClyI/AAAAAAAAACA/iJWDpA66TPo/s320/scaphopoda%2B%2528siput%2B%2528gading%2529.gif](http://4.bp.blogspot.com/_TEUK5QIFvrk/TO5WpR2ClyI/AAAAAAAAACA/iJWDpA66TPo/s320/scaphopoda%2B%2528siput%2B%2528gading%2529.gif)

- **Kelas Cephalopoda**

Cephalopoda adalah Molluca yang memiliki alat gerak di bagian kepala. Tubuh simetri bilateral dengan kaki yang terbagi menjadi lengan-lengan yang dilengkapi alat pengisap dan sistem saraf yang berkembang baik berpusat di kepala. Kelompok ini memiliki badan lunak dan tidak memiliki cangkang tebal seperti kelas lainnya. Mantelnya menyelimuti seluruh tubuh dan membentuk kerah yang longgar di dekat leher. Cangkang dalam tersusun dari zat tanduk, yang bersifat ringan dan transparan, yang biasa disebut pen. Contoh spesies dari kelas Cephalopoda adalah cumi-cumi (*Loligo pealii*).

Semua Cephalopoda adalah hewan perenang yang bergerak aktif di laut. Pergerakan terjadi dengan cara menarik air ke dalam rongga mantel, kemudian menyemburkan airnya keluar melalui corong atau sifon. Cephalopoda memiliki penglihatan yang tajam untuk mencari mangsa. Jumlah tangan dan tentakel bervariasi. Sistem pencernaan lengkap, yaitu mulut, esofagus, lambung, sekum (usus buntu), usus, dan anus yang bermuara di rongga mantel. Cephalopoda memiliki dua

kelenjar pencernaan yaitu hati dan pankreas. Mulut memiliki rahang dan radula.

Cephalopoda bernapas dengan insang atau di seluruh tubuhnya. Peredaran darah Cephalopoda adalah peredaran tertutup, memiliki jantung, dan darahnya mengandung hemosianin. Alat ekskresi berupa nefridium. Sistem saraf berupa beberapa pasang ganglia yang memusat membentuk otak yang dilindungi oleh tulang rawan dan mengelilingi esofagus. Alat indera berupa mata yang berkembang dengan baik dan statosista sebagai alat keseimbangan.

Semua Cephalopoda memiliki tinta, kecuali *Nautilus*. Kantung tinta bermuara pada rektum di dekat anus. Cairan tinta mengandung melanin, berwarna hitam atau cokelat. Tinta akan dikeluarkan melalui sifon. Kulit Cephalopoda mengandung kromatofor sehingga berwarna kuning, merah, biru, jingga, dan hitam. Cephalopoda bereproduksi secara seksual dan gonokoris. Sperma terbungkus oleh kapsul yang disebut spermatofor. Telur mengandung banyak kuning telur dengan jumlah yang bervariasi. Contoh nya, *Nautilus pompilius*, *Sepia officinalis* (sotong), *Loligo* (cumi-cumi), dan *Octopus* (gurita).



Gambar 8.15. Struktur tubuh Cephalopoda

Sumber: [http://2.bp.blogspot.com/\\_TEUK5QIFvrk/TO5Wo5j2AxI/](http://2.bp.blogspot.com/_TEUK5QIFvrk/TO5Wo5j2AxI/)

AAAAAAAAB4/8U\_cx8B\_hu8/s320/cuMi%2527%2527%2B%2528cephalopoda%2529.jpg

#### 4. Peranan Mollusca bagi kehidupan manusia

Beberapa mollusca sangat berperan dan menimbulkan dampak yang menguntungkan ataupun bersifat merugikan bagi kehidupan manusia. Peran Mollusca yang menguntungkan antara lain:

- Sumber makanan yang mengandung protein tinggi, contoh tiram batu (*Aemaea sp.*), kerang (*Anadara sp.*), kerang hijau (*Mytilus viridis*), sotong (*Sepia sp.*), cumi-cumi (*Loligo sp.*), remis (*corbicula javanica*), dan bekicot (*Achatina fulica*).
- Perhiasan, contoh tiram mutiara (*Pinctada margaritifera*).
- Hiasan dan kancing, contoh dari cangkang berbagai siput dan kerang, cangkang tiram batu, dan *Nautilus*.

Peran Mollusca yang merugikan, antara lain:

- *Teredo navalis* merusak kerang-kerang peliharaan dan bangunan kapal.
- *Lymnea javanica* sebagai inang perantara berbagai cacing *Fasciola hepatica*.
- *Achatina fulica* (bekicot) merupakan hama tanaman yang sulit diberantas.
- Keong mas juga sering merusak tanaman padi.

## h. Arthropoda

Arthropoda dari bahasa Yunani, yaitu *arthros* (ruas-ruas atau berbuku-buku) dan *podos* (kaki), yang berarti hewan yang kakinya berbuku – buku. Arthropoda adalah hewan yang memiliki kaki dan tubuh beruas-ruas, triploblastik, dan selomata.

#### 1. Ciri – ciri tubuh Arthropoda

Tubuh beruas-ruas yang terbagi atas kepala (*caput*), dada (*thorax*), dan badan belakang atau perut (*abdomen*). Beberapa diantaranya memiliki kepala dan dada yang menyatu (*cephalothorax*). Tubuh Simetri bilateral, triploblastik selomata, dan eksoskeleton dari bahan kitin. Sifat hidupnya ada yang parasit, heterotrofik (herbivor atau karnivor), dan hidup

secara bebas. Sistem organnya sudah lengkap seperti sistem pencernaan, respirasi, peredaran darah, ekskresi, saraf, dan reproduksi. Tubuhnya dilapisi oleh rangka luar (eksoskeleton) yang dapat berganti saat hewan bertambah ukuran. Proses pergantian eksoskeleton tersebut disebut ekdisis (*molting*). Arthropoda memiliki organ dengan struktur dan fungsi yang berbeda-beda, yaitu sayap untuk terbang, kaki untuk berjalan, capit untuk menangkap mangsa, alat kopulasi, alat pertahanan tubuh, dan alat reseptor sensori.

Sistem pencernaan lengkap, yaitu mulut, esofagus, lambung, usus, dan anus. Sistem peredaran darahnya masih terbuka darah tidak memiliki haemoglobin, tetapi hemosianin sehingga tidak berwarna merah. Darah berfungsi mengedarkan makanan dan hasil metabolisme. Sistem respirasi sesuai habitatnya, yaitu insang (hidupnya di air), paru-paru (hidupnya di darat), dan paru-paru buku (hidupnya di darat). Pertukaran udara terjadi melalui lubang respirasi pada permukaan tubuh yang disebut spirakel. Sistem sarafnya berupa tangga tali, yaitu berupa simpul saraf otak (ganglion otak) yang bercabang dua ke arah perut dan ekor. Sistem reproduksinya secara seksual dan gonokoris. Reproduksi seksual dengan cara fertilisasi atau parthenogenesis. Ada yang mengalami metamorfosis. Alat indera berkembang dengan baik, terdiri atas antena (berfungsi sebagai alat peraba), reseptor olfaktori (indra penciuman) dan mata (indra penglihatan). Alat ekskresi berupa tubulus malpighi atau kelenjar ekskresi. Arthropoda memiliki jumlah spesies yang paling banyak dan penyebaran yang paling luas di antara hewan lainnya.

## 2. *Klasifikasi Arthropoda*

Berdasarkan struktur tubuhnya, Arthropoda dibedakan menjadi 4 subfilum, yaitu Crustacea, Chelicerata, Myriapoda, dan Insecta (Heksapoda).

- **Crustacea (Udang – udangan)**

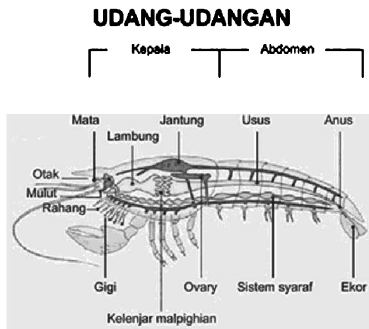
Crustacea adalah Arthropoda yang memiliki eksoskeleton yang berupa kutikula yang keras. Kutikula mengandung zat kapur

dan zat kitin. Kulitnya sering mengalami ekdisis, yaitu terlepasnya kulit dari tubuhnya. Crustacea hidup sebagai herbivor, karnivor, parasit, atau pemakan bangkai. Tubuh Crustacea terdiri dari sefalotoraks (kepala dan dada bersatu) dan abdomen (perut). Sefalotoraks ditutupi oleh karapaks di bagian dorsalnya. Bagian anterior karapaks lancip seperti duri, disebut rostrum. Pada bagian kepala terdapat sepasang antenula pendek, sepasang antena panjang, dan sepasang maksila (rahang atas). Mata majemuk tersusun dari banyak omatidium. Stetosista terdapat pada dasar antenula dan terdapat kemoreseptor pada antena. Mandibula (rahang bawah) pendek dan tebal untuk menggigit dan menggiling makanan dan maksila untuk membantu proses makan.

Pada bagian dada terdapat maksiliped, sepasang keliped (kaki capit), dan empat pasang pereopod (kaki jalan) maksiliped berfungsi menyaring dan memasukkan makanan ke mulut, sedangkan keliped untuk menangkap makanan dan alat pertahanan diri dari musuh. Pada segmen bagian perut terdapat sepasang pleopod (kaki renang). Pada udang jantan segmen pleopod ke-1 dan ke-2 termodifikasi menjadi alat kopulasi yang disebut gonopod. Pada udang betina pleopod berfungsi menyimpan telur dan membawa anaknya. Ujung posterior tubuh terdapat telson dan sepasang uropod sebagai alat kemudi berenang. Pada telson dan uropod terdapat stetosista.

Crustacea memiliki hati di dekat lambung. Alat ekskresi berupa kelenjar hijau terdapat di dasar antena. Crustacea bernapas dengan insang, peredaran darah terbuka, serta memiliki jantung, arteri, dan sinus. Darah mengandung hemoglobin atau hemosianin. Sistem reproduksi secara seksual bersifat diesis atau hermafrodit dengan fertilisasi terjadi secara internal. Biasanya telur dierami, dan akan menetas menjadi larva nauplius yang tidak bersegmen. Setelah mengalami ekdisis berulang kali, tubuh udang menjadi beruas-ruas. Ekdisis terjadi seumur hidup hingga hewan tersebut bertambah tua dan bertambah besar. Contohnya, udang karang dan lobster. Tetapi ada juga yang pergantian kulinya hanya sampai saat dewasa, seperti pada kepiting.





Gambar 8.16. Struktur tubuh Crustacea (udang-udangan)  
 Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/08-udang-udangan.jpg>

Crustacea dibagi menjadi enam kelas, yaitu Remipidia, Branchiopoda, Ostracoda, Chepalocarida, Maxillopoda, Malacostraca.

- ❖ **Remipedia** merupakan udang purba yang hidup di dalam gua-gua di dalam laut yang memiliki lapisan air tawar dan air asin. Tubuh terdiri dari kepala dan badan yang memanjang, terdiri dari 32 ruas. Ruas tubuh yang pertama berhubungan dengan kepala dan ruas terakhir berhubungan dengan telson. Bagian kepala ditutupi pelindung, dan terdapat tonjolan preantenu yang berfungsi sebagai indera peraba. Remipedia memiliki sengat yang tajam dan beracun serta dapat berenang dengan punggung sebagai landasan. Contohnya, *Spelonectes atlantida*, *Speleonectes tanumekes*, dan *Godzilloognomus schrami*.
- ❖ **Branchiopoda** hidup di air tawar, segmen tubuh bervariasi, maksila tereduksi, dan memiliki kaki berbentuk seperti daun. Contohnya, *Daphnia pulex* (kutu air), *Artemia salina*, dan *Lepidocaris rhyniensis*.
- ❖ **Ostracoda** tubuh berukuran kecil (0,3-30 mm) berbentuk bulat lonjong, ruas tubuh tak terlihat, dan memiliki antena yang panjang berfungsi untuk alat gerak dan berenang. Ostracoda memiliki karapaks yang menutupi bagian tubuh dan kepala. Ostracoda merupakan herbivor,

karnivor, predator, dan memakan detritus. Beberapa ada yang parasit pada Echinodermata dan Crustacea lain. Contohnya, *Cypridina mediterranea*, *Azygocypridina lowryi*, dan *Gigantocypris pellucid*.

- ❖ **Chepalocarida** merupakan udang primitif yang masih hidup, berukuran kecil (2—4 mm), hermafrodit, maksila tidak berkembang, pemakan detritus, dan hidup sebagai bentos di dasar laut. Contohnya, *Lightiealla monniotae* dan *Hutchinsoniella macracantha*.
- ❖ **Maxillopoda**, memiliki ukuran tubuh kecil (kecuali teritip), tubuh pendek, terdiri dari lima ruas kepala, enam ruas dada, empat ruas perut, dan sebuah telson. Kepala dan dada bersatu, berkarapaks atau tidak berkarapaks, mata memiliki tiga mangkuk mata (naupliar eyes). Contohnya, *Cyclops bicuspidatus*, *Austromegabalanus psittacus*, dan *Stygotantulus stocki*.
- ❖ **Malacostraca**, tubuh terdiri dari lima ruas kepala, delapan ruas dada, enam ruas perut, dan sebuah telson. Karapaks menutupi toraks atau tereduksi. Kepala dan dada bersatu (sefalotoraks), memiliki jumlah anggota yang banyak, dibagi menjadi beberapa ordo, yaitu,
- ❖ **Isopoda** memiliki kaki sama, ruas tubuh + 22 ruas. Contohnya, *Ligio exotio* (kutu perahu), *Asselus sp.* (kutu penggerak), dan *Limnoria lignorum*.
- ❖ **Stomatopoda** bentuk tubuh mirip belalang sembah, di bagian belakang kepala terdapat selubung perisai (karapak), warna tubuh mencolok. Contohnya, *Squilla empusa* (udang belalang).
- ❖ **Dekapoda** memiliki 5 pasang anggota gerak pada toraks, sehingga sering disebut juga hewan berkaki sepuluh. Kepala dan dada menjadi satu yang dilindungi karapaks. Umumnya bernilai ekonomi. Contohnya, *Cambarus sp.* (udang air tawar), *Panulirus sp.* (udang laut / lobster), *Penaeus sp.* (udang windu / udang air payau), *Macrobrancium rosenbergii* (udang galah), *Panulirus versicolor* (udang

karang), *Palaemon carcinus* (udang satang), *Neptunus pelagicus* (rajungan), *Paratelpausa malculata* (yuyu), *Paratelpausa tridentata* (ketam), *Scylla serrata*, *Partunus sexdentalis* (kepiting).

- ❖ **Amphipoda** mirip dengan isopoda, badan pipih, tidak mempunyai karapaks, dan tidak memiliki uropod. Beberapa amphipoda hidup bersama ubur-ubur dengan bersimbiosis atau parasit. Contohnya *Alicella gigantean* dan *Cyamus* yang parasit di paus.

- **Chelicerata**

Chelicerata adalah hewan yang memiliki alat mulut tambahan untuk makan mirip cakar (*chelicerate*). Chelicerata terbagi menjadi beberapa kelas, yaitu Arachnida, Xiphosura, Pycnogonida, serta Eurypterida dan Chasmataspida (keduanya sudah punah). Kelas yang paling menonjol adalah Arachnida. Arachnida meliputi laba-laba, kalajengking, tungau, caplak, dan kutu. Ukuran tubuh bervariasi (0,1 mm --8 cm), tubuh terdiri dari sefalotoraks dan abdomen, empat pasang kaki di bagian sefalotoraks, dan memiliki beberapa pasang oseli (mata tunggal). Arachnida tidak memiliki antena, namun memiliki bulu di seluruh permukaan tubuhnya sebagai alat peraba. Mulut dilengkapi sepasang kalisera (alat sengat) dan sepasang pedipalpus (alat capit).

Sistem pencernaan lengkap, yaitu mulut, esofagus, lambung, usus, dan anus. Umumnya Arachnida bernapas dengan paru-paru buku, sistem peredaran darah terbuka, dan alat ekskresi berupa tubulus, malphigi. Arachnida memiliki sistem saraf tangga tali dengan ganglion otak di kepala. Arachnida bereproduksi secara seksual, gonokoris (diesis), dan fertilisasi terjadi secara eksternal di hewan betina. Arachnida dibagi menjadi tiga ordo, yaitu Araneae, Scorpiones, dan Acarina.

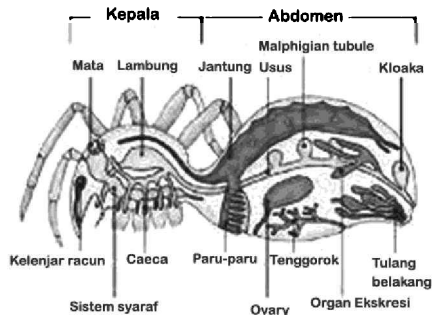
- ❖ **Aranae**

Aranae adalah kelompok laba-laba. Susunan tubuhnya terdiri dari sefalotoraks yang oval dan abdomen yang

membulat tanpa segmen Antara sefalotoraks dan abdomen terdapat bagian yang menyempit, disebut pedisel. Pada sefalotoraks terdapat sepasang pedipalpus, yaitu kaki yang bercakar dan berfungsi untuk memegang mangsa. Sepasang kalisera (kaki berupa gunting/catut) berfungsi untuk melumpuhkan mangsa, 4 pasang kaki untuk jalan (sering dikelompokkan hewan berkaki 8/ oktapoda), dan 4 pasang mata tunggal (*oseli*). Habitat di darat, tempat lembab, ada yang bersifat parasit/predator.

Abdomen terdapat sistem respirasi dengan trakea (paru-paru buku). Sistem peredaran darah terbuka, dan darah mengandung hemosianin. Sistem saraf dengan tangga tali. Sistem pencernaan sudah lengkap. Pada laba-laba, bagian depan anus terdapat alat spinneret yang berfungsi sebagai pemintal benang untuk membuat sarang. Sistem reproduksi terjadi secara seksual, gonokoris (diesis), dan fertilisasi terjadi secara internal. Telur dikeluarkan dan diletakkan di dalam kokon sutera, atau dibawa oleh hewan betina hingga menetas. Berikut ini struktur Aranae.

## LABA-LABA



Gambar 8.17. Struktur tubuh laba-laba

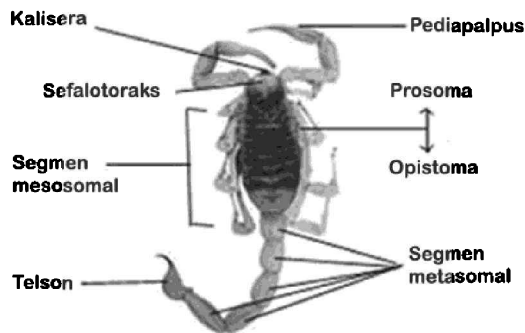
Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/07-laba-laba.jpg>

Contoh Aranae *Nephila maculata* (laba – laba raksasa), *Myangale javanica* (laba – laba burung), *Heteropoda venatoria* (Laba – laba pemburu), *Gasthero cantha* (laba – laba duri).

### ❖ **Scorpiones**

Scorpiones merupakan kelompok hewan kalajengking dan ketunggeng. Tubuh terdiri dari sefalotoraks yang pendek dan abdomen yang bersegmen. Segmen terakhir bagian posterior melengkung keatas punggung dan mengandung alat penyangat untuk melumpuhkan mangsa. Seluruh permukaan tubuhnya ditutupi bulu-bulu halus terutama di bagian kaki yang berfungsi sebagai alat peraba dan menangkap getaran tanah sehingga dapat mengetahui keberadaan mangsa. Pada sefalotoraks terdapat pedipalpus yang besar, pada rahang terdapat kalisera yang kecil, dan pada dada terdapat 4 pasang kaki jalan.

Kalajengking memakan laba-laba, serangga, atau hewan lainnya. Contohnya adalah *Chelifer cancroides* (kala buku), *Theluphonus caudatus* (kalajengking bersengat), *Heterometros cyaneus* (kalajengking biru), *Buthus afer* (ketunggeng).



Gambar 8.18. Struktur tubuh Scorpoines

Sumber: <http://2.bp.blogspot.com/-Hkll0oamRfQ/Tcemei52cjl/AAAAAAAAAT0/SWWcle48444/s320/Struktur+Scorpion+1.jpg>

### ❖ **Acarina**

Acarina adalah kelompok hewan caplak, tungau, dan kutu. Tubuh tidak bersegmen, abdomen menyatu dengan sefalotoraks, respirasi melalui difusi seluruh permukaan tubuh dan trakea, bersifat parasit. Acarina memiliki bentuk

kalisera dan pedipalpus yang bervariasi dan memiliki empat pasang kaki yang terdiri dari 6--7 ruas. Memiliki mulut yang dapat menusuk dan menghisap.

Daur hidup Acarina: Telur – larva – kepompong – nimfa – Imago (dewasa). Pada fase nimfa dan dewasa, caplak memiliki haller (lubang olfaktori pada kaki) dan gigi hipostom untuk menusuk, sedangkan tungau tidak memilikinya. Caplak mengisap darah dan mengeluarkan cairan antikoagulan dari kelenjar ludah. Cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang Caplak dinamakan *Akarologi*.

Contoh Acarina, antara lain:

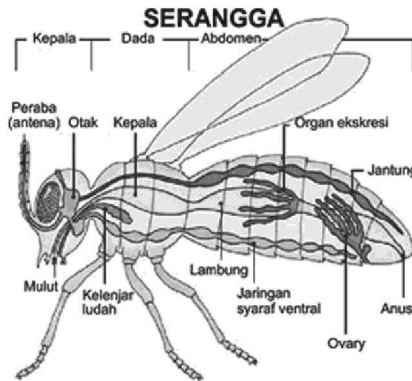
- ✓ *Dermosentor andersoni* (tungau), penyebab penyakit Riketsia, habitat pada Anjing.
- ✓ *Sarcoptes scabiei* (caplak kudis), *Dermotex folliculorum* (caplak rambut pada manusia), *Rhipicephalus sanguincus* (caplak anjing).
- ✓ *Cermanyssus galinae* (tungau ayam), *Trombicula deliensis* (tungau), *Boophilus annulatus*, *Tarsonemus transhicens* (tungau kuning parasit pada tomat).

- **Myriapoda**

Myriapoda adalah kelompok Arthropoda yang memiliki kaki berjumlah banyak. Tubuh panjang bersegmen, dengan sepasang atau dua pasang kaki pada setiap segmennya kecuali segmen paling ujung. Bagian tubuh terdiri dari kepala dan abdomen tanpa toraks. Pada kepala terdapat sepasang antena, sepasang mata yang berupa sekumpulan oseli, dan mulut yang memiliki sepasang mandibula dan dua pasang maksila. Sistem pernapasan berupa trakea dengan spirakel di setiap segmennya. Alat ekskresi berupa tubulus malpighi. Reproduksi secara seksual, gonokoris, dan fertilisasi internal di hewan betina.

Myriapoda dibedakan menjadi dua kelas, yaitu Chilopoda dan Diplopoda.

- ❖ **Chilopoda** dikenal sebagai lipan dengan tubuh pipih dorsoventral dengan sepasang kaki pada bagian lateral tiap segmennya. Pada kepala terdapat sepasang antena, sepasang mata yang berupa sekumpulan oseli. Spirakel berjumlah sepasang tiap segmen. Contoh *Scolopendrella morsitans*, *Scolopendrella immaculata*, *Scolopendrella subspinipes* (kelabang).
- ❖ **Diplopoda** dikenal sebagai keluwing atau kakiseribu. Tubuh silindris, panjang, sekitar 25-100 segmen. Kaki berjumlah dua pasang pada bagian ventral tiap segmen. Spirakel berjumlah dua pasang tiap segmen, antena berjumlah sepasang dan pendek. Diplopoda bersifat ovipar, herbivor atau detritivor, berjalan lambat dan akan menggulung bila mendapat gangguan. Contoh *Iulus sp.*, *Trigoniulus corallines* dan *Spirobulus sp.*
- **Hexapoda**  
 Hexapoda merupakan Arthropoda yang memiliki kaki berjumlah enam. Salah satu kelasnya adalah Insecta. Insecta memiliki jumlah spesies yang sangat besar, struktur tubuh dan bentuknya bervariasi. Cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang insecta dinamakan *Entomologi*. Habitat Insecta di darat, udara, perairan, pohon, dan tempat lembap. Tubuh terdiri atas kepala (*caput*), dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*). Pada kepala terdapat sepasang mata tunggal (oseli), dan ada yang mata majemuk (*faset*) sebagai indera penglihatan. Sepasang antena sebagai alat peraba (keseimbangan tubuh), dan alat mulut (maksila, mandibula, palpus, labium, dan alat peraba mulut). Palpus berfungsi sebagai alat perasa. Organ penciuman (kemoreseptor) terdapat di bagian antena dan beberapa serangga memiliki organ timpanum sebagai alat pendengaran.



Gambar 8.19. Struktur tubuh serangga

Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/09-serangga.jpg>

Tubuh serangga ditutupi oleh lapisan kutikula yang mengandung zat tanduk berfungsi untuk eksoskeleton. Lapisan kutikula yang tebal disebut sklerit. Serangga mengalami ekdisis (molting), yaitu pelepasan eksoskeleton saat terjadi perubahan bentuk dan ukuran dalam siklus tubuhnya. Perubahan bentuk yang terjadi dalam siklus hidup serangga disebut metamorfosis. Ada beberapa macam metamorfosis pada insecta, antara lain :

- ❖ **Metamorfosis Sempurna** (kelompok Holometabola), jika perkembangan individu melalui fase: *Telur – Larva–Pupa* (kepompong)– *Imago* (serangga dewasa). Contohnya, lalat, kupu-kupu, lebah.
- ❖ **Metamorfosis tidak Sempurna** (kelompok Hemimetabola/Heterometabola) jika perkembangan individu melalui fase: *Telur–Nimfa* (serangga muda)– *Imago* (serangga dewasa). Contohnya, rayap, capung, lipas, jangkrik, belalang.
- ❖ **Tidak mengalami Metamorfosis** (kelompok Apterygota) jika perkembangan individu mengalami fase: *Telur – Imago*. Contoh : *Lepisme* (kutu buku).



Ada beberapa macam tipe mulut pada Insecta, yaitu tipe menggigit (belalang, jangkrik, rayap, kecoak, kumbang, semut), tipe menggigit dan menjilat (lebah), tipe penghisap (kupu – kupu), tipe menusuk dan menghisap (nyamuk, kutu, kepik, pinjal), dan tipe menjilat (lalat).

Memiliki 2 pasang sayap, masing–masing sayap melekat pada mesothorax dan metathorax. Ada beberapa macam tipe sayap, yaitu tipe lambat (belalang sembah, ampal), tipe sedang (kupu–kupu, belalang), tipe cepat (lalat, nyamuk, capung). Pada abdomen terdiri atas segmen tubuh (6–11 segmen) tanpa kaki dan sayap. Pada segmen pertama terdapat alat pendengaran yang disebut *organon Tympani*, sedangkan segmen terakhir (posterior) mengalami perubahan bentuk menjadi alat kelamin luar (*organon genitalia externa*) yang disebut ovipositor (berfungsi untuk menyimpan telur). Misalnya pada belalang atau jangkrik betina. Atau berubah menjadi alat penyengat (pada lebah).

Sistem saraf Insecta berupa tangga tali, sistem peredaran masih terbuka dan darah mengandung zat hemosianin. Sistem ekskresinya berupa saluran *Malpighi* yang berfungsi mengeluarkan zat sisa metabolisme. Sistem respirasinya berupa trakea yang bercabang–cabang. Cabang yang halus disebut Tracheolus. Udara masuk melalui lubang yang disebut *Spiroculum (stigma)* yang terdapat pada setiap segmen.

Sistem pencernaannya terdiri atas alat pencernaan makanan lengkap (mulut–kerongkongan–lambung depan /tembolok– lambung otot – lambung kelenjar/ penghancur, usus–anus) dan kelenjar pencernaan (kelenjar ludah dan enzim). Sistem reproduksi terjadi secara seksual, diesis, dan fertilisasi internal. Gonad berjumlah sepasang dengan gonopori. Telur akan dikeluarkan melalui ovipositor. Beberapa serangga bereproduksi secara parthenogenesis, yaitu terbentuknya individu baru berasal dari sel telur yang tidak dibuahi. Contohnya, lebah, belalang, rayap, dan semut.

Individu hasil dari parthenogenesis disebut generasi steril (misal semut pekerja). Sementara itu, individu hasil fertilisasi menghasilkan generasi fertil (semut raja atau ratu).

Insecta dibagi menjadi 2 sub kelas, yaitu:

- ✓ **Apteryangota** meliputi serangga yang tidak bersayap, tipe mulut menggigit, dan tidak mengalami metamorfosis.  
Contohnya, *Lepisme* (kutu buku)
- ✓ **Pteryangota** meliputi serangga yang bersayap. Tipe mulut menggigit, menusuk, menghisap, dan sebagainya. Metamorfosis sempurna atau setengah sempurna. Pteryangota terdiri dari beberapa ordo, antara lain :
  - a) **Isoptera** memiliki 2 pasang sayap tipis dengan ukuran yang sama, tipe mulut menggigit, dan metamorfosis tidak sempurna. Contohnya, *Aechna sp* (capung sawah), *Macrotermes sp* (anai – anai), rayap.
  - b) **Neuroptera** memiliki 2 pasang sayap tipis yang membentuk seperti jala, tipe mulut menggigit, dan metamorfosis sempurna. Contohnya, *Mymelon frontalis* (undur–undur)
  - c) **Orthoptera** memiliki 2 pasang sayap yang lurus (bagian depan tebal dan belakang tipis), tipe mulut menggigit, dan metamorfosis sempurna. Contohnya, *Mantis religiosa* (belalang sembah), *Blattidae sp.* (lipas), *Grylus domestica* (jangkrik), *Branchytrpes sp.* (gangsir), *Blatta orientalis* (kecoa).
  - d) **Hemiptera/Heteroptera** memiliki 2 pasang sayap yang tidak sama (depan berupa kulit dan belakang berupa selaput), tipe mulut menusuk dan menghisap, dan metamorfosis tidak sempurna. Contoh : *Podops vermiculata* (walang coklat), *Leptocoris acuta* (walang sangit), *Cymex rotundatus* (kutu busuk), *Dundupia manifera* (tenggoret).
  - e) **Coleoptera**, memiliki 2 pasang sayap (bagian depan tebal dan halus yang mengandung zat kitin yang di sebut elitra, dan bagian belakang tipis seperti selaput), tipe mulut menggigit dan mengunyah, dan metamorfosis sempurna. Contohnya, *Lesioderma sp.* (kumbang), *Calandra sp.* (kepip), dan *Laprinas sp.* (kunang – kunang).

- f) **Hymenoptera** memiliki sayap 2 pasang sayap yang tidak sama berupa selaput tipis, tipe mulut menggigit dan menjilat, metamorfosis sempurna. Contohnya, *Apis indica* (lebah madu), *Solenopsis geminata* (semut api).
- g) **Diptera** memiliki satu pasang sayap, karena yang belakang telah mereduksi dan berubah menjadi halter, tipe mulut menusuk, menghisap, dan menjilat, dan metamorfosis sempurna. Contohnya, *Culex festigens* (nyamuk perantara filariasis), *Musca domestica* (lalat rumah).
- h) **Siphonoptera** tidak memiliki sayap (sayap belum nyata), tipe kaki meloncat, tipe mulut menusuk dan menghisap, metamorfosis sempurna, dan memiliki mata tunggal (oseli). Contohnya, *Xenopsilla cheopsis* (kutu tikus), *Ctenicephalus felis* (kutu kucing), *Pulex irritans* (pinjal).
- i) **Lepidoptera** memiliki 2 pasang sayap serupa selaput yang tertutup sisik, tipe mulut menghisap, dan metamorfosis sempurna. Contohnya, *Heterocere sp* (kupu – kupu malam), *Biston betularia* (ngengat).
- j) **Homoptera** memiliki 2 pasang sayap yang sama serupa selaput, tipe mulut menusuk dan menghisap, dan metamorfosis tidak sempurna. Contoh : *Nilaparvata lugegens* (wereng), *Peduculus kapitis* (kutu kepala), *Aphis medicaginis* (kutu daun), *Coccidae sp* (kutu Perisai).

### 3. Peranan Arthropoda

Beberapa Arthropoda yang menguntungkan, antara lain:

- Bahan makanan yang mengandung protein tinggi . Misalnya, udang, kepiting, rajungan.
- Sebagai zooplankton. Contohnya, Crustacea yang berukuran kecil.
- Pada insecta, menghasilkan madu (lebah), membantu penyerbukan (lebah, kupu – kupu), dan penghasil sutera ( ulat sutra ).
- Sebagai percobaan/penelitian dalam genetika (*Drosophila melanogaster* /lalat buah).

Beberapa Arthropoda yang merugikan antara lain:

- Sebagai vektor berbagai penyakit (lalat, nyamuk, kutu, dan sebagainya),
- Sebagai hama (wereng), Pembusuk makanan (*Drosophila melanogaster*/lalat Buah).
- Perusak bahan bangunan (kumbang, rayap).
- Parasit pada manusia (caplak, nyamuk, dan kutu rambut)
- Pengebor kayu galangan kapal atau perahu (kelompok Crustacea). Contohnya, *Limnoria lingorum*.

## **i. Echinodermata**

### **1. Ciri-ciri tubuh Echinodermata**

Filum Echinodermata struktur tubuh yang umumnya berduri, baik itu pendek tumpul atau runcing panjang. Duri berpangkal pada suatu lempeng kalsium karbonat yang disebut testa. Tubuh terbagi menjadi daerah ambulakral (penjuluran kaki tabung) dan daerah interambulakral (tanpa kaki tabung).

Sistem saluran air dalam rongga tubuh Echinodermata disebut sistem ambulakral. Ambulakral berfungsi untuk mengatur pergerakan bagian yang menjulur keluar tubuh, yaitu kaki ambulakral atau kaki tabung ambulakral. Kaki tabung berfungsi untuk menangkap mangsa, melekatkan diri pada substrat, berjalan merayap, dan untuk bernapas. Sistem ambulakral terdiri atas madreporit, saluran cincin, saluran batu, saluran lateral, saluran radial, ampula, dan kaki tabung. Kaki tabung dilengkapi dengan alat isap.

Sistem pencernaan Echinodermata sudah lengkap yang terdiri dari mulut, esofagus, lambung, usus, dan anus. Mulut berada di bagian oral, sedangkan anus pada bagian aboral. Rongga tubuh berisi cairan limfa yang mengandung sel amuboid untuk mengedarkan sari makanan dan mengangkut sisa metabolisme. Pertukaran gas terjadi melalui insang kecil yang merupakan pemanjangan kulit. Sistem sirkulasi belum berkembang baik. Echinodermata melakukan respirasi dan

makan pada selom. Sistem saraf Echinodermata terdiri dari cincin saraf segi lima dan cabang saraf. Setiap sudut cincin saraf berhubungan dengan cabang saraf pada setiap lengan.

Echinodermata memiliki daya regenerasi yang tinggi, bereproduksi secara seksual dan aseksual. Reproduksi aseksual dilakukan dengan pembelahan fisik. Pembelahan ini, yaitu pemisahan piringan kecil di pusat tubuh, kemudian masing-masing bagian tubuh akan terpisah membentuk individu baru. Reproduksi seksual Echinodermata ada yang bersifat hermafrodit dan dioseus. Echinodermata memiliki lima pasang gonad pada setiap lengannya. Fertilisasi terjadi secara eksternal menghasilkan telur. Telur akan menetas menghasilkan larva yang akan menempel pada substrat dan bermetamorfosis membentuk individu baru.

## 2. *Klasifikasi Echinodermata*

Filum Echinodermata dibagi menjadi lima kelas yaitu Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea, Holothuroidea, dan Crinoidea.

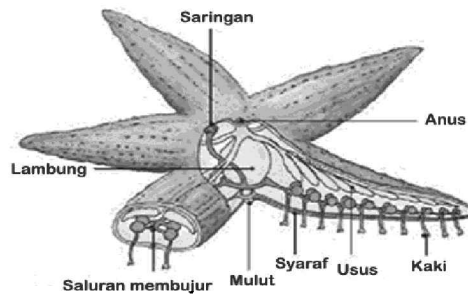
- **Kelas Asteroidea**

Asteroidea atau hewan bintang laut memiliki lima buah lengan atau kelipatannya. Permukaan tubuh bintang laut terdapat duri-duri, papula, insang kulit, dan pediselaria. Lapisan epidermis menghasilkan lendir untuk melindungi tubuhnya. Sistem pencernaan lengkap dari mulut hingga anus. Mulut terdapat pada bagian oral dan anus pada bagian aboral berdekatan dengan madreporit. Bintang laut hidup sebagai karnivor yang memakan invertebrate kecil, ikan, atau bangkai.

Asteroidea memiliki daya regenerasi tinggi dan bereproduksi secara aseksual maupun seksual. Reproduksi aseksual dilakukan dengan pembelahan fisi, yaitu pemisahan bagian piringan pusat sehingga terbentuk beberapa bagian yang dapat tumbuh menjadi individu baru. Reproduksi seksual dilakukan dengan fertilisasi eksternal yang menghasilkan blastula yang berenang bebas. Blastula akan berkembang

menjadi gastrula dan menjadi larva bipinaria. Larva akan menempel pada substrat dan bermetamorfosis menjadi individu baru. Apabila mendapatkan gangguan, bintang laut dapat melakukan pemotongan bagian lengannya. Bintang laut dapat melakukan regenerasi selama masih memiliki madreporit atau masih memiliki seperlima bagian piringan pusat. Contohnya, *Linkia*, *Asterias forbesi*, *Astropecten*, dan *Luidia*.

## BINTANG LAUT



Gambar 8.20. Struktur tubuh bintang laut

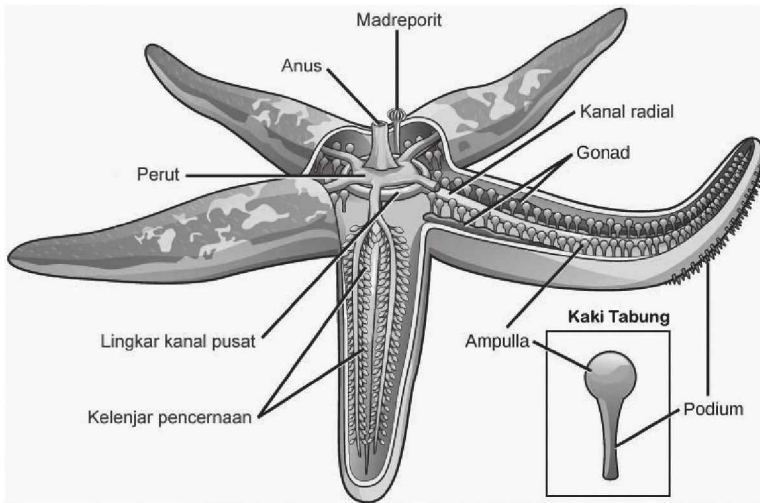
Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/05-bintang-laut.jpg>

- **Kelas Ophiuroidea**

Ophiuroidea atau bintang ular laut memiliki bentuk mirip dengan bintang laut dengan lengan lebih panjang dan langsing. Piringan pusat berukuran lebih kecil, kaki tabung tidak memiliki ampula dan alat pengisap. Ophiuroidea memiliki mulut di bagian oral namun tidak memiliki anus, sehingga sisa pencernaan dikeluarkan kembali melalui mulut. Madreporit terdapat pada bagian oral. Ophiuroidea merupakan karnivora dengan memakan hewan kecil atau bangkai.

Tingkat regenerasi Ophiuroidea sangat tinggi. Lengan yang rapuh dan mudah putus dapat tumbuh kembali dengan cepat. Reproduksi seksual dilakukan secara diesis (gonokoris) dan fertilisasi terjadi secara eksternal menghasilkan larva simetri bilateral yang berenang bebas. Beberapa Ophiuroidea memiliki

kantong pengeraman untuk menyimpan larva. Contohnya, *Ophiotrix fragilis*, *Ophiomyxa*, dan *Gorgonochepalus*.



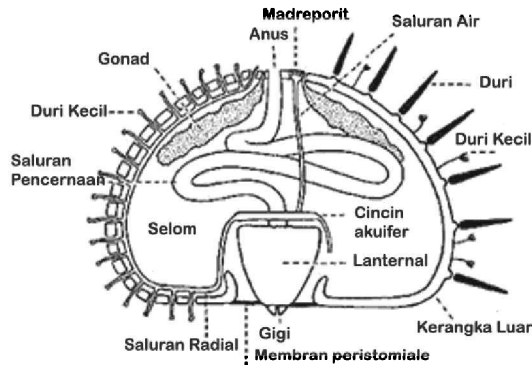
Gambar 8.21. Struktur tubuh Ophiuroidea

Sumber: sumber [www.edubio.info](http://www.edubio.info)

- **Kelas Echinoidea**

Echinoidea sering dikenal dengan bulu babi atau dolar pasir. Echinoidea berbentuk bola atau bundar pipih seperti uang logam, tidak memiliki lengan, dan memiliki banyak duri yang dapat digerakkan. Terdapat dua macam duri, yaitu duri panjang dan duri pendek. Beberapa spesies tertentu memiliki racun pada duri untuk mempertahankan diri.

Sistem pencernaan lengkap dari mulut hingga anus. Mulut pada bagian oral memiliki gigi yang tajam dan kuat. Pada bagian aboral terdapat anus, madreporit, dan lubang genital. Echinoidea hidup dengan memakan hewan kecil, ganggang, atau sisa organisme yang telah mati.



Gambar 8.22. Struktur tubuh Echinodea

Sumber: <http://ginux.univpm.it/didattica/dispense/bavestrello/zoologia/immagini/echino.jpg>

Sistem reproduksi seksual bersifat diesis (gonokoris) dan fertilisasi berlangsung secara eksternal menghasilkan larva ekinopluteus (simetri bilateral). Larva kemudian akan menempel pada substrat dan bermetamorfosis menghasilkan individu baru. Contohnya, bulu babi (*Diadema*, *Cidaris*) dan dolar pasir (*Clypeaster*, *Fibularia*).

- **Kelas Holothuroidea**

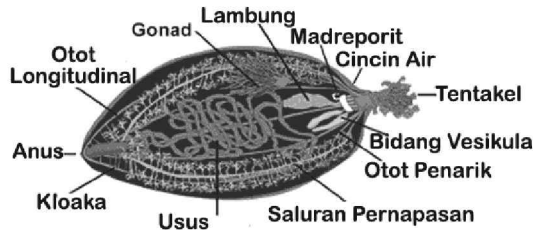
Holothuroidea dikenal dengan mentimun laut atau teripang. Tubuh berbentuk silindris memanjang, mulut terdapat pada bagian anterior dan anus pada bagian posterior. Mulut dikelilingi oleh tentakel dan dapat ditarik ke dalam dinding tubuh apabila terkena gangguan. Pada bagian dorsal terdapat dua daerah kaki tabung untuk alat peraba dan alat bernapas, sedangkan bagian ventral berupa tiga daerah kaki tabung untuk alat pengisap dan alat pergerakan. Permukaan tubuh teripang tidak keras dan tidak berduri. Hidup dengan membenamkan diri di pasir, memakan plankton dan sisa organisme yang telah mati.

Holothuroidea memiliki saluran air yang lengkap untuk mengatur cairan dalam tubuhnya. Sistem pernapasan berupa



pohon pernapasan dan permukaan tubuh. Sistem peredaran darah berupa hemal yang terdiri dari sebuah sinus cincin hemal dan saluran radial hemal. Teripang tidak mempunyai jantung.

Daya regenerasi sangat tinggi dan memiliki pertahanan diri yang disebut eviserasi. Eviserasi adalah sobeknya dinding tubuh teripang hingga terlepas semua isi tubuhnya, seperti usus, gonad, dan alat pernapasan. Teripang mampu melakukan regenerasi bagian dalam tubuhnya dalam beberapa hari. Hal yang sama terjadi apabila tubuh teripang terpotong menjadi dua. Masing-masing bagian tubuh yang terpotong akan melakukan regenerasi bagian tubuh yang hilang. Contohnya, *Holothuria edulis*, *Cucumaria sp.* dan *Thyone sp.*



Gambar 8.23. Struktur tubuh Holothuroidea

Sumber: <http://www.proprofs.com/flashcards/upload/a4609139.gif>

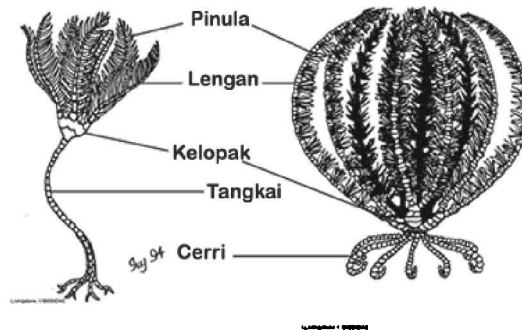
- **Kelas Crinoidea**

Crinoidea atau lili laut memiliki bentuk tubuh menyerupai bunga lili. Tubuh terdiri dari kelopak dan tangkai. Kelopak atau kaliks berbentuk seperti mangkuk kecil dari kapur dam lima lengan yang bercabang hingga tampak 10 lengan atau lebih. Tangkai memiliki panjang mencapai 1 m, beruas-ruas, memiliki siris, dan berhubungan dengan kaliks.

Sistem pencernaan lengkap dari mulut hingga anus. Mulut berada di bagian oral yang menghadap ke atas. Mulut dikelilingi oleh kaki tabung. Anus berada pada bagian oral berfungsi untuk mengeluarkan sisa pencernaan.

Sistem saluran air sangat sederhana, tanpa madreporit dan ampula. Pergerakan kaki tabung diatur oleh kontraksi otot pada

saluran cincin. Sistem reproduksi secara seksual bersifat diesis dan fertilisasi eksternal menghasilkan telur. Telur menetas menjadi larva vitellaria yang berenang bebas, kemudian melekat pada substrat, dan bermetamorfosis menjadi larva pentakrinoid yang bertangkai hingga tumbuh menjadi dewasa. Contohnya, *Ptilocrinus pinnatus* (lili laut), *Antedon bifida*, dan *Antedon loveni* (bintang bulu).



Gambar 8.24. Struktur tubuh Crinoidea

Sumber: [http://2.bp.blogspot.com/-JmZjppA4x64/UWdyBe\\_TTEI/AAAAAAAAAJU/UOfLOHOisB8/s1600/Crinoidea+\\_+lili+laut.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-JmZjppA4x64/UWdyBe_TTEI/AAAAAAAAAJU/UOfLOHOisB8/s1600/Crinoidea+_+lili+laut.jpg)

Tabel 8.1. Sifat-sifat penting pada kelas Echinodermata.

Kelas	Contoh	Ciri-ciri
Crinoidea	Lili laut, bulu laut	Sesil, menempel menggunakan batang, lengan bercabang, kaki tabung bersilia dipakai untuk makan, beberapa spesies berenang bebas
Asteroidea	Bintang laut	Bergerak bebas dengan kaki tabung, tangan bercabang dari cakram pusat
Ophiuroidea	Bintang ular, bintang rapuh, bintang keranjang	Bergerak bebas, lengan luwes yang tipis memancar dari cakram, kaki tabung dipakai sebagai indera dan untuk makan

Echinoidea	Dollar pasir, biskuit laut, bulu babi	Bergerak bebas, badan menyatu dalam lempengan atau cakram lempeng, tanpa sinar bebas, tertutup dengan lempeng kapur, beberapa spesies tertutup dengan duri
Holothuroidea	Teripang	Bergerak bebas, tubuh luwes dan panjang dengan mulut di satu ujungnya, kadang memiliki tentakel, unsur kerangka kulit sudah mulai lenyap

### 3. *Peranan Echinodermata*

Echinodermata dikenal sebagai kelompok hewan pembersih pantai karena memakan sisa-sisa organisme yang mati di dasar laut. Teripang dimanfaatkan untuk makanan dan obat. Bulu babi dan telur landak laut juga banyak dikonsumsi manusia. Beberapa Echinodermata merugikan, seperti bintang laut yang merusak budidaya kerang mutiara. Bulu babi dan landak laut dapat melukai penyelam dan bahkan mematikan apabila tidak segera ditangani.

## B. CHORDATA

Chordata adalah kelompok hewan yang memiliki notokord yang ditemukan pada saat embrio. Ciri khas Chordata yaitu memiliki notokord, tali saraf dorsal berlubang, celah faring, dan ekor pasca-anus yang berotot. Filum Chordata dibagi menjadi tiga subfilum, yaitu Urochordata, Cephalochordata, dan Vertebrata. Urochordata dan Cephalochordata tidak memiliki tulang belakang dan tengkorak, sedangkan Vertebrata memiliki tulang belakang dan tengkorak.

### a. Urochordata

Urochordata atau Tunicata berbentuk seperti kantong kecil, hidup di laut, menempel pada batuan, galangan kapal, atau sampan. Urochordata dibagi menjadi tiga kelas, yaitu Ascidiacea, Thaliacea, dan

Larvacea (Appendicularia). Ascideacea adalah hewan berbentuk kantong yang hidup menempel pada karang, cangkang Mollusca, galangan kapal, atau di dasar laut. Ascideacea dikenal sebagai hewan penyemprot laut yang mendapatkan makanan dengan menyedot plankton melalui faring. Contohnya *Phallusia*. Thaliacea hidup soliter atau koloni, berbentuk silindris panjang menyerupai ular, contoh *Pyrosoma* yang dapat mengeluarkan cahaya. Tubuh Thaliacea transparan sehingga organ dalamnya terlihat jelas. Larvacea juga bertubuh transparan, berukuran kecil, tidak memiliki mantel, tubuhnya memiliki rumah yang dihasilkan oleh lapisan epitel permukaan tubuhnya. Contoh *Oikopleura sp.*

## **h. Cepalochordata**

Cepalochordata berasal dari bahasa Yunani (cepal: kepala; chorda: penyokong tubuh dari dalam). Cephalochordata memiliki spesies yang lebih besar dibandingkan dua sub phylum sebelumnya, ada sekitar 30 spesies yang sudah teridentifikasi. Cephalochordata yang berisi tentang empat belas spesies, yang terbaik dari yang dikenal adalah anggota dari genus *Branchiostoma*, yang sering disebut *Amphioxus*.

Filum Cepalochordata berbentuk tubuh seperti ikan tanpa sirip, pipih memanjang, transparan. Tubuh memiliki notokorda, saraf dorsal, dan celah faring berkembang bagus. Sistem sirkulasi tanpa jantung (berupa insang). Aliran darah di bagian ventral mengalir ke depan, sedangkan di sisi dorsal mengalir ke belakang. Memiliki alat peraba di mulutnya yang disebut sirus. Pada ujung anterior terdapat bintik mata dan pembau. Reproduksi secara seksual, memiliki kelamin terpisah dan mengalami fertilisasi eksternal. Biasanya hidup terkubur di bawah pasir perairan dangkal. Contohnya *Branchiostoma sp.* (*Amphioxus*), *Asymmetron*, dan *Epigonichtys*.

## **c. Vertebrata**

Vertebrata adalah kelompok hewan yang memiliki notokhorda pada waktu embrio, dan dalam perkembangannya akan digantikan oleh ruas-ruas tulang belakang (*vertebrae*).

### 1. *Ciri tubuh Vertebrata*

Vertebrata memiliki tengkorak (kranium) untuk melindungi otak, memiliki kerangka dalam (endoskeleton) yang berupa tulang keras maupun tulang rawan. Ukuran tubuh vertebrata bervariasi dengan bentuk yang simetri bilateral. Anggota gerak dapat berupa sirip, sayap, kaki, tangan, atau ekor. Sistem peredaran darah tertutup, yaitu darah beredar di dalam pembuluh darah. Darah mengandung hemoglobin dan dipompa oleh jantung yang terdiri dari ruang serambi (atrium) dan bilik (ventrikel). Sistem pencernaan lengkap, yaitu mulut, esofagus, lambung, usus, dan anus. Alat pernapasan berupa paru-paru atau insang dan alat ekskresi berupa sepasang ginjal. Alat indera berupa sepasang mata, sepasang telinga, dan hidung. Sistem reproduksi seksual, bersifat gonokoris atau hermafrodit, fertilisasi internal atau eksternal, dan bersifat ovipar, ovovivipar, atau vivipar.

### 2. *Klasifikasi Vertebrata*

Vertebrata terbagi menjadi dua superkelas, yaitu Pisces dan Tetrapoda. Pisces adalah kelompok ikan yang memiliki alat gerak berupa sirip yang berpasangan, sedangkan Tetrapoda adalah kelompok hewan yang memiliki dua pasang tungkai sebagai alat gerak. Pisces dibagi menjadi tiga kelas yaitu Agnatha, Chondrichthyes, dan Osteichthyes. Tetrapoda dibedakan menjadi empat kelas yaitu Amphibia, Reptilia, Aves, dan Mammalia.

#### *Kelas Pisces*

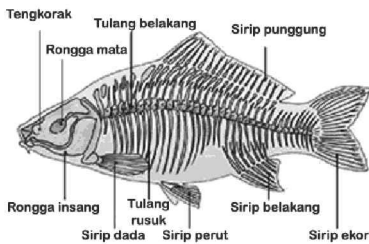
Pisces atau ikan adalah vertebrata yang hidup di air dengan insang sebagai alat pernapasannya. Tubuh ikan terdiri dari kepala, badan, dan ekor. Permukaan tubuh ikan berupa sisik yang berlendir, alat gerak berupa sirip untuk berenang, dan kerangka tubuh berupa endoskeleton. Sistem pernapasan menggunakan insang. Beberapa spesies ikan memiliki perluasan insang yang disebut labirin, seperti pada ikan lele dan gurame. Ikan juga memiliki gelembung renang untuk membantu pernapasan dan sebagai alat hidrostatik.

Pisces merupakan hewan berdarah dingin (poikilotherm) yang suhu tubuhnya sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Sistem

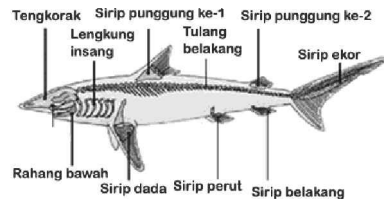
peredaran darah tertutup tunggal, yaitu darah melalui jantung satu kali dalam setiap peredaran darah. Jantung terdiri dari satu bilik dan satu serambi. Sistem pencernaan lengkap dari mulut hingga anus. Alat ekskresi berupa ginjal pronefros.

Sistem koordinasi terdiri dari sistem saraf yang berupa otak dan sum-sum tulang belakang dan sistem hormon. Sistem indera berupa sepasang mata, sepasang telinga, indera pembau, dan gurat sisi. Gurat sisi berfungsi untuk mengetahui perubahan tekanan air. Sistem reproduksi seksual dengan alat kelamin terpisah (gonokoris) atau hermafrodit, fertilisasi secara eksternal atau internal. Sebagian besar ikan bersifat *ovipar*, namun adapula yang *ovovivipar* atau *vivipar*.

#### IKAN TULANG SEJATI



#### IKAN HIU



Gambar 8.25. Struktur anatomi Osteichthyes (ikan tulang sejati) dan Chondrichthyes (ikan tulang rawan). Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/11-ikan-tulang-sejati.jpg> dan <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/10-ikan-hiu.jpg>

Pisces dibagi menjadi tiga kelas, yaitu Agnatha, Chondrichthyes, dan Osteichthyes.

- Agnatha, adalah kelompok ikan yang tidak memiliki rahang, namun memiliki mulut berbentuk lingkaran, berparut, dan memiliki gigi. Tubuh berbentuk silindris memanjang, kulit tidak bersisik, lunak, dan berlendir. Rangka tubuh Agnatha berupa tulang rawan. Sistem reproduksi seksual bersifat hermafrodit atau gonokoris (terpisah), dan fertilisasi terjadi secara eksternal. Contoh Agnatha adalah lamprey laut (*Petromyzon mariunus*)

dan hagfish (*Myxine* sp.) Agnatha hidup di dasar laut atau perairan tawar dengan memakan bangkai atau parasit pada hewan lain.

- Chondrichthyes, adalah kelompok ikan bertulang rawan. Chondrichthyes tubuhnya tertutup oleh sisik tipe plakoid yang kasar. Chondrichthyes memiliki dua pasang sirip dengan sirip ekor yang heteroserkal. Alat pencernaan lengkap, yaitu mulut, esofagus, lambung, usus, dan kloaka. Mulut berada pada bagian ventral, berahang, dan memiliki lidah. Kloaka merupakan lubang pengeluaran dari saluran pencernaan, saluran ekskresi, dan saluran reproduksi. Lubang hidung satu pasang berfungsi sebagai indera pembau. Alat kelamin terpisah, fertilisasi eksternal atau internal, dan bersifat ovipar atau ovovivipar (contohnya ikan hiu). Contoh *Chondrichthyes* adalah ikan hiu (*Squalus* sp.), ikan pari (*Makararaja* sp.), dan *Chimaera* sp.
- Osteichthyes, adalah kelompok ikan bertulang sejati, dengan endoskeleton mengandung kalsium fosfat. Sisik Osteichthyes bertipe ganoid, sikloid, atau stenoid, namun ada pula yang tidak memiliki sisik. Alat pernapasan berupa insang dengan operkulum dan gelembung renang untuk alat hidrostatis. Sistem peredaran darah tertutup tunggal dan darah mengandung eritrosit berinti dan leukosit. Alat pencernaan lengkap dari mulut hingga anus dan memiliki limpa yang berwarna merah. Osteichthyes memiliki hati dan kantung empedu. Alat ekskresi berupa ginjal yang menghasilkan urin dan bermuara pada sinus urogenital. Alat indera berupa sepasang mata, telinga, alat pembau di bagian moncong, dan gurat sisi. Alat kelamin terpisah dan umumnya fertilisasi secara eksternal dan bersifat ovipar. Namun, pada ikan perak (*Cymatogaster aggregata*) fertilisasi terjadi secara internal dan bersifat vivipar. Contoh Osteichthyes yang lain adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan cupang (*Betta splendens*), ikan gurami (*Osphronemus gouramy*), ikan badut (*Premnas biaculeatus*), kuda laut (*Hippocampus* sp.), dan ikan louhan (*Cichlasoma* sp.).

Pisces memiliki peranan yang penting bagi manusia. Daging ikan merupakan sumber protein tinggi dan mengandung asam lemak tidak jenuh. Kulit ikan tertentu dapat dibuat menjadi tas, dompet, sepatu, atau jaket. Tulang ikan dapat digunakan untuk bahan pembuatan lem. Sisa-sisa ikan dapat dibuat tepung untuk campuran pakan ternak atau untuk dibuat pupuk tanaman. Ikan juga dapat dipelihara sebagai ikan hias di akuarium dan dapat digunakan untuk memberantas jentik nyamuk di dalam air, sehingga mencegah penyebaran wabah penyakit demam berdarah dan malaria. Namun, ada beberapa ikan yang ganas dan dapat menyerang manusia, seperti hiu, piranha, dan ikan macan di Afrika.

#### Kelas Amphibia

Amphibia adalah kelompok hewan yang hidup di dua alam, meliputi katak, salamander, dan caecilian. Amphibi dikatakan hewan dua alam karena fase hidupnya berlangsung pada dua tempat yang berbeda, yaitu di air (fase berudu) dan di darat (dewasa). Amphibia dapat hidup di darat, di air tawar, di pohon, namun tidak dapat hidup di laut.

Tubuh Amphibia terdiri dari kepala dan badan, beberapa ada yang memiliki ekor seperti pada salamander. Kulit selalu basah, berlendir, lunak, dan sebagian bersisik. Beberapa jenis Amphibi memiliki cairan beracun untuk pertahanan diri. Amphibi memiliki dua pasang tungkai untuk berjalan, melompat, dan berenang. Tungkai depan memiliki empat jari, sedangkan tungkai belakang memiliki lima jari. Di antara jari-jari tersebut terdapat selaput untuk membantunya saat berenang. Alat pernapasan Amphibi berupa insang, paru-paru, dan kulit. Pada saat berudu bernapas dengan insang, sedangkan saat dewasa bernapas dengan paru-paru dan melalui difusi oksigen pada permukaan kulit.

Amphibi termasuk kedalam hewan berdarah dingin (*poikiloterm*) karena suhu tubuhnya dapat berubah-ubah sesuai lingkungannya. Sistem peredaran darah tertutup ganda. Darah beredar dalam pembuluh darah dan darah dua kali memasuki



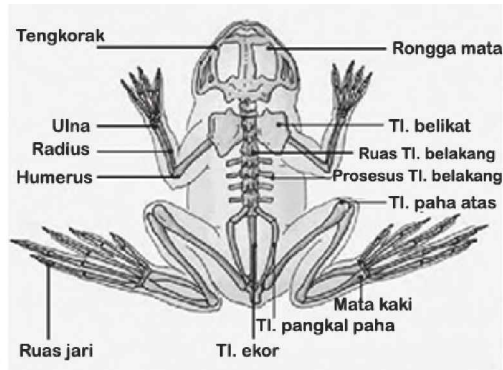
jantung dalam satu kali peredaran. Amphibi memiliki jantung dengan tiga ruangan, yaitu dua serambi dan satu bilik. Sistem pencernaan lengkap, yaitu mulut, esofagus, lambung, usus, rektum, dan kloaka. Lidah Amphibi bercabang dan memiliki zat perekat untuk menangkap mangsa. Amphibi memiliki hati, pankreas, dan kantung empedu. Kloaka merupakan muara dari tiga saluran yaitu dari saluran pencernaan (*feses*), saluran ekskresi (*urin*), dan saluran reproduksi (*gonad*). Sistem ekskresi berupa ginjal mesonefros dan kantung kemih. Sistem koordinasi berupa sistem saraf (otak) dan sistem endokrin (hormon). Sistem hormon terdiri dari kelenjar pituitary, kelenjar tiroid, kelenjar adreanal, pankreas, dan gonad. Sistem indera terdiri dari mata, hidung, dan telinga. Mata dilindungi oleh membran niktitan dan kelopak mata. Lubang hidung berhubungan dengan rongga mulut melalui koane. Rongga telinga berhubungan dengan rongga mulut melalui saluran Eustachius. Telinga hanya terdiri dari teliga bagian tengah dan dalam.

Sistem reproduksi bersifat gonokoris, fertilisasi eksternal, dan umumnya ovipar. Adapun yang ovovivipar dan vivipar. Telur yang dikeluarkan oleh hewan betina tidak memiliki cangkang untuk mempermudah penetrasi sperma. Fertilisasi eksternal berlangsung di kolam atau tempat lembap menghasilkan larva (berudu). Berudu hidup di air dan bernapas menggunakan insang luar dan kemudian insang dalam. Berudu memiliki ekor, bersirip, dan tidak berkaki. Berudu selanjutnya mengalami metamorfosis menjadi katak dewasa yang memiliki kaki dan tidak berekor. Katak dewasa hidup di darat dan bernapas dengan paru-paru dan kulit.

Jumlah Amphibia yang sudah diidentifikasi sekitar 4.000 spesies dan terbagi menjadi tiga ordo yaitu, Anura (*Salientia*), Urodela (*Caudata*), dan Apoda (*Gymnophiona*). Anura adalah kelompok Amphibi yang pada saat dewasa mempunyai kaki namun tidak berekor. Contoh Anura adalah katak hijau (*Rana signata*), katak pohon (*Rachoporus sp.*) dan kodok atau bangkong (*Bufo melanostictus*) Urodela adalah amphibi yang memiliki ekor

pada saat larva, muda, maupun saat dewasa, contohnya adalah *Plethodon glutinosus* (salamander berlendir). Apoda adalah Amphibi yang tidak memiliki kaki, contohnya adalah *Ichthyophis glutinosus* (salamander cacing).

## KATAK



Gambar 8.26. Struktur rangka Amphibi.

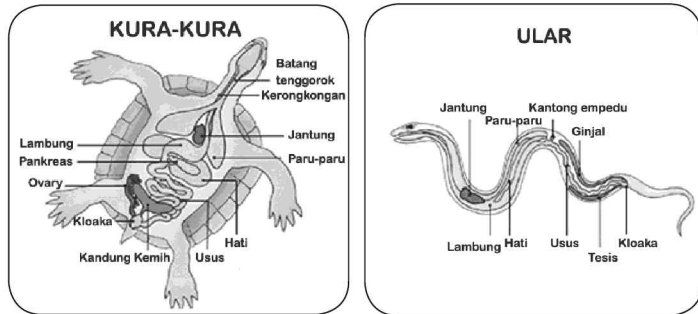
Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/12-katak.jpg>

Peranan Amphibia antara lain yaitu untuk diambil telur dan dagingnya untuk dimakan dan kulit katak dapat disamak untuk dijadikan jaket atau barang kerajinan. Katak berfungsi untuk pemberantas nyamuk dan pengendali hama serangga pertanian. *Bufo melanostictus* dapat digunakan untuk tes kehamilan, karena menghasilkan hormone perangsang gonad mirip dengan pada urin wanita. *Bufo marinus* menghasilkan racun bufotalin dan bufotenin untuk penguat denyut jantung.

- Kelas Reptilia

Reptilia (dalam bahasa latin, reptil sama dengan melata) memiliki kulit bersisik yang terbuat dari zat tanduk (keratin). Sisik berfungsi mencegah kekeringan. Ciri lain yang dimiliki oleh sebagian besar reptil:

- ❖ Bentuk tubuh bervariasi, tubuh terdiri dari kepala, leher, badan, dan ekor. Reptilia memiliki dua pasang kaki dan berjari lima (kecuali ular).
- ❖ Kulit tubuh kering dan ditutupi sisik atau lempengan epidermal. Sisik mengandung keratin sehingga kedap air dan mencegah dehidrasi. Reptilia mengalami pergantian kulit, kecuali pada buaya dan kura-kura.
- ❖ Reptilia memiliki kelenjar bau di dekat kloaka.
- ❖ Reptilia bernapas dengan paru-paru.
- ❖ Alat pencernaan lengkap (mulut, faring, esofagus, lambung, usus, dan kloaka). Kloaka merupakan liang bersama dari tiga saluran, yaitu saluran pencernaan, saluran urin, dan saluran reproduksi. Reptilia memiliki hati dan pankreas.
- ❖ Peredaran darah tertutup dan ganda. Jantung empat ruangan (dua atrium dan dua ventrikel), namun sekat antarantrium belum sempurna. Pada buaya terdapat *foramen panizzae* pada sekat atrium.
- ❖ Alat ekskresi berupa sepasang ginjal yang pipih, memiliki kantung kemih, urin dikeluarkan bersama feses melalui kloaka.
- ❖ Alat indera berupa mata yang memiliki kelenjar air mata, telinga, dan hidung (organ olfaktorik).
- ❖ Sistem saraf berupa otak dengan 12 pasang saraf cranial.
- ❖ Sistem reproduksi seksual gonokoris, fertilisasi secara internal, bersifat ovipar atau ovovivipar (kadal). Alat kelamin jantan disebut hemipenis tersimpan di dasar ekor dan dapat menyembul keluar. Telur bersifat amniotik yang dilindungi amnion dan bercangkang kapur.
- ❖ Reptilia berumur panjang. Kura-kura (20—100 tahun), buaya dan ular besar (25—40 tahun), ular kecil sekitar 20 tahun.
- ❖ Menggunakan energi lingkungan untuk mengatur suhu tubuhnya sehingga tergolong hewan poikiloterm.



Gambar 8.27. Struktur tubuh kura-kura dan ular.

Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/13-kura-kura.jpg> dan <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/15-ular.jpg>

Reptilia mempunyai sekitar 6.500 spesies yang diklasifikasikan ke dalam beberapa ordo berikut.

- ❖ **Rhynchocephalia**, yaitu reptilia primitif. Contohnya adalah **Sphenodon punctatus** adalah tuatara yang hidup di pulau-pulau kecil Selandia Baru.
- ❖ **Chelonia** atau Testudinata, yaitu kelompok kura-kura dan penyu, contohnya adalah *Chelonia mydas* (penyu hijau) dan *Heosemys spinosa* (penyu berduri).
- ❖ **Squamata**, yaitu kelompok sebangsa kadal dan ular. Squamata dibedakan menjadi dua subordo, yaitu Sauria (*Lacertilia* atau kadal), Serpentes (*Ophidia* atau ular), dan *Amphisbaena* (kadal cacing). Contoh dari subordo Sauria adalah *Varanus salvator* (biawak), dan *Gekko gecko* (tokek). Contoh subordo Serpentes adalah *Python sp.* (ular sanca) dan *Hydrophis fasciatus* (ular laut). Contoh subordo Amphisbaena adalah *Amphisbaena bisporus* atau kadal cacing.
- ❖ **Crocodylia** atau Loricata, yaitu kelompok buaya dan aligator. Contohnya adalah *Alligator sinensis* dan *Crocodylus porosus* (buaya muara).

Manfaat Reptilia antara lain sebagai bahan pangan, misalnya daging atau telur dari ular dan penyu, dan sebagai bahan obat-obatan, misalnya minyak dan bisa

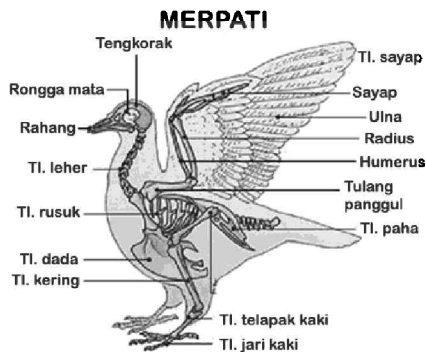
ular. Beberapa spesies dapat dimanfaatkan sebagai bahan kosmetika, seperti minyak bulus (sejenis kura-kura) dapat digunakan untuk menghaluskan kulit. Dalam ekosistem Reptilia berfungsi sebagai predator alami yang memangsa serangga dan tikus.

- Kelas Aves

Aves atau burung memiliki bulu yang terbuat dari keratin. Bulu yang membentuk sayap berperan untuk terbang. Ciri-ciri lainnya pada burung:

- ❖ Ukuran tubuh bervariasi, tubuh terdiri dari kepala, leher, badan, dan ekor.
- ❖ Mulut berparuh dari bahan keratin, tidak bergigi, dan lidah tidak dapat dijulurkan.
- ❖ Alat indera berupa mata yang memiliki kelopak, membran niktitan, dan kelenjar airmata. Umumnya mata berada pada sisi kepala. Telinga tidak berdaun telinga dan memiliki osikula auditori. Aves memiliki sepasang lubang hidung.
- ❖ Struktur tulang menyerupai sarang lebah sehingga kerangkanya kuat namun ringan.
- ❖ Aves memiliki sepasang kaki, untuk berjalan, bertengger, berenang, mencakar, dan mencengkram. Jumlah jari 2, 3, atau 4. Kaki bagian bawah dilapisi zat tanduk.
- ❖ Aves memiliki sepasang sayap untuk terbang. Kecepatan terbang antara 30 – 75 km/jam.
- ❖ Aves bernapas dengan paru-paru dan memiliki kantung udara untuk alat bantu bernapas saat terbang.
- ❖ Aves memiliki siring yaitu alat suara yang terdapat pada percabangan trakea.
- ❖ Pencernaan lengkap (mulut, esofagus, tembolok, empedal, lambung kelenjar, usus, dan kloaka).
- ❖ Jantung beruang empat (dua atrium dan dua ventrikel), peredaran darah ganda, dan bersifat homoioterm (dapat mempertahankan suhu tubuh). Suhu tubuh sekitar 40,5 – 42 °C.

- ❖ Alat ekskresi berupa ginjal metanefros dan tidak memiliki kantung kemih.
- ❖ Sistem saraf berupa otak, dengan serebrum, lobus optikus, dan 12 saraf cranial.
- ❖ Reproduksi secara seksual gonokoris, fertilisasi terjadi secara internal. Aves bertelur sehingga tergolong hewan ovipar dengan ciri telur bercangkang dan kuning telur besar. Aves mengerami telur dan merawat anaknya



Gambar 8.28. Struktur rangka Aves.

Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/16-merpati.jpg>

Terdapat sekitar 8.600 spesies Aves yang dapat dikelompokkan menjadi sekitar 28 ordo, antara lain sebagai berikut:

- ~ **Galliformes** (unggas), contohnya ayam (*Gallus domesticus*) dan kalkun (*Meleagris gallopavo*).
- ~ **Casuariiformes** (kasuari), contohnya emu (*Dromaius novaehollandiae*) dan kasuari (*Casuarius casuarius*).
- ~ **Passeriformes** (burung penyanyi), contohnya beo (*Gracula religiosa*) dan jalak Bali (*Leucopsar rothschildi*).
- ~ **Strigiformes** (burung hantu), contohnya burung hantu sayap bundar (*Uroglaux dimorpha*) dan burung hantu hutan (*Strix sp.*).
- ~ **Psittaciformes** (burung nuri), contohnya burung betet (*Pionus menstruus*) dan kakaktua berjambul (*Cacatua galerita*).

- ~ **Falconiformes** (burung pemangsa), contohnya elang kepala botak (*Heliaeetus leucocephalus*) dan alap-alap (*Microhierax caerulescens*)
- ~ **Columbiformes** (burung merpati), contohnya burung merpati (*Columbia livia*) dan perkutut (*Geopelia striata*).
- ~ **Ciconiiformes** (burung bangau), contohnya kuntul putih besar (*Egretta alba*) dan bangau (*Mycteria leucocephala*).

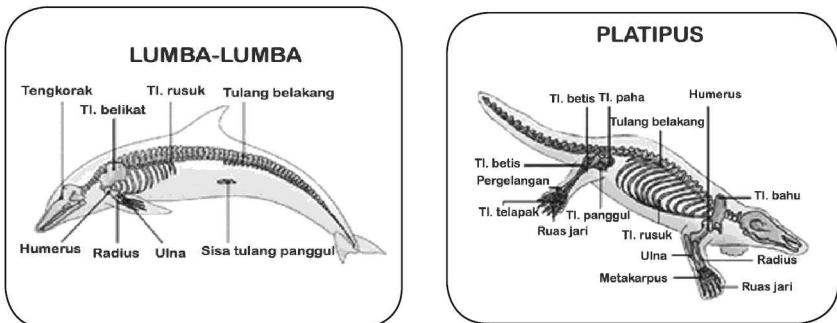
Banyak manfaat didapat dari Aves, antara lain telur dan dagingnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein. Beberapa jenis Aves dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat, misalnya sarang burung walet dan telur itik. Burung yang bersuara merdu dan burung yang dilatih untuk sirkus dapat menjadi hiburan. Beberapa industri menggunakan Aves, misalnya bulu entok untuk membuat kok (*Shuttlecock*) dan pengisi bantal serta bulu ayam untuk membuat kemoceng. Di ekosistem, burung merupakan predator alamiah yang memangsa ulat dan serangga.

- **Kelas Mamalia**

Ciri-ciri yang dimiliki sebagian besar Mamalia:

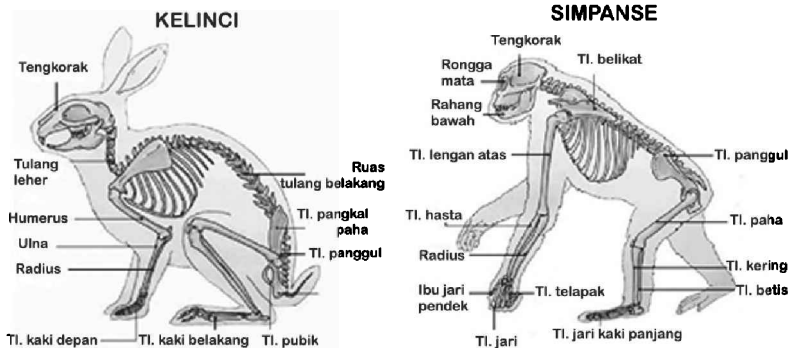
- ❖ Tubuh terdiri dari kepala, leher, badan, dan ekor. Alat gerak depan dan belakang memiliki jari.
- ❖ Memiliki kelenjar susu yang dapat menghasilkan air susu pada individu betina setelah melahirkan anaknya.
- ❖ Mamalia memiliki rambut, sedikitnya dalam satu fase siklus hidupnya.
- ❖ Bersifat homoioterm (berdarah panas) suhu tubuh sekitar 36°C. Beberapa hewan mengalami hibernasi selama musim dingin dan dapat mengeluarkan keringat saat musim panas.
- ❖ Ruas tulang leher ada tujuh ruas.

- ❖ Sistem pencernaan lengkap (mulut, esofagus, lambung, usus halus, usus besar, dan anus). Rahang bawah tersusun dari satu tulang. Pada pinggir rahang terdapat gigi. Terdapat empat macam gigi, yaitu gigi seri, gigi taring, gigi geraham depan, dan gigi geraham belakang. Mamalia memiliki sekum (usus buntu), terdapat umbai cacing (apendiks). Mamalia memiliki hati, empedu, dan pankreas.
- ❖ Mamalia bernapas dengan paru-paru, dibungkus oleh pleura, dan pada laring terdapat pita suara.
- ❖ Diafragma di antara rongga perut dan rongga dada untuk membantu pernapasan.
- ❖ Jantung beruang empat dengan sekat sempurna. Peredaran darah tertutup dan ganda.
- ❖ Alat indera berupa mata, hidung, telinga, dan lidah.
- ❖ Otak yang lebih berkembang dibandingkan vertebrata lain, sehingga memengaruhi kepandaian dan intelektualnya.
- ❖ Reproduksi seksual, gonokoris dan fertilisasi terjadi secara internal atau di dalam tubuh betina, melahirkan anaknya sehingga termasuk hewan vivipar. Mamalia memiliki embrio yang berkembang dalam uterus individu betina dan pertukaran metabolisme antara embrio dengan induk melalui plasenta.



Gambar 8.29. Struktur rangka Mamalia (Lumba-lumba dan Platipus)  
 Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/17-platipus.jpg> dan  
<http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/21-lumba-lumba.jpg>





Gambar 8.30. Struktur rangka Mamalia (Kelinci dan Simpanse).  
 Sumber: <http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/19-kelinci.jpg> dan  
<http://sarwoedi.files.wordpress.com/2008/11/20-simpanse.jpg>

Mamalia yang masih hidup hingga sekarang sekitar 4.000 spesies dan dikelompokkan menjadi beberapa ordo, antara lain sebagai berikut.

- ✓ **Monotremata**, yaitu kelompok Mamalia yang bertelur. Contohnya, *Ornithorhynchus anatus* (platypus) dan *Tachyglossus aculeatus* (landak semut).
- ✓ **Marsupialia**, yaitu kelompok Mamalia berkantong. Contohnya, adalah *Megaleia rufa* (kangguru merah raksasa) dan *Phascolarctos cinereus* (koala).
- ✓ **Tupaioidea**, yaitu kelompok tupai. Contohnya, *Dendrogale murina* (tupai panah) dan *Dendrogale melanura* (tupai ekor jambul).
- ✓ **Insectivora**, yaitu kelompok Mamalia pemakan serangga. Contohnya, *Crocidura russula* (celurut rumah) dan *Talpa europaea*.
- ✓ **Pholidota**, yaitu kelompok trenggiling. Contohnya, *Manis javanica* (trenggiling Jawa).
- ✓ **Rodentia**, yaitu kelompok Mamalia pengerat. Contohnya, *Rattus rattus* (tikus) dan *Mus musculus* (mencit).
- ✓ **Carnivora**, yaitu kelompok Mamalia pemakan daging, contohnya *Panthera leo* (singa), *Felis domestica* (kucing rumah), dan *Canis lupus* (serigala).

- ✓ **Edentata**, yaitu kelompok kukang dan armadillo. Contohnya, *Dasypus novemcinctus* dan *Myrmecophaga tridactyla*.
- ✓ **Primata**, yaitu kelompok Mammalia paling modern dengan ciri-ciri memiliki lima jari, dengan ibu jari yang berlawanan arah berfungsi untuk memegang dan memiliki volume otak relatif besar. Ordo Primata dibagi menjadi beberapa famili, antara lain Pongidae (contohnya, *Pongo pygmaeus*: orangutan), Lemuridae (contohnya, *Cheirogaleus medius*: lemur), Cercopithecidae (contohnya, *Macaca mullata*: monyet ekor panjang), dan Hominidae (contohnya, *Homo sapiens*: manusia).

Mamalia banyak dimanfaatkan oleh manusia, antara lain sebagai sumber protein, misalnya daging sapi, kambing, domba, dan kelinci. Mammalia juga dapat dimanfaatkan sebagai alat transportasi, misalnya kuda, sapi, dan unta. Kerbau juga bisa membantu membajak sawah. Beberapa Mamalia dapat digunakan sebagai bahan industri kulit, misalnya dari kulit sapi dan kambing. Bahan wol didapat dari kulit domba. Beberapa Mamalia digunakan untuk menjaga rumah dan pelacak jejak, misalnya anjing pelacak. Dalam ekosistem beberapa Mamalia dapat menjadi predator nyamuk, misalnya kelelawar. Beberapa jenis Mammalia dapat dimanfaatkan untuk hiburan, untuk dilatih dalam sirkus misalnya kuda, harimau, gajah, dan lumba-lumba.

Beberapa Mamalia yang merugikan, antara lain sebagai penyebar kuman dan penyakit, misalnya penyakit pes yang dibawa tikus dan rabies yang dibawa oleh anjing yang terinfeksi virus rabies. Selain itu, beberapa Mammalia adalah pemakan buah-buahan kebun, misalnya kalong dan perusak lahan pertanian, contohnya babi liar.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Contoh cacing yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan di bawah ini adalah ....
- A. *Hirudo medicinalis* – *Planaria*
  - B. *Pheretima* - *Haemodipsa*
  - C. *Eunice viridis* - *Lycidice oele*
  - D. *Taenia solinum* - *Nereis*
  - E. *Fasciola hepatica* - *Ophistorhis*

**Jawaban: C**

Contoh cacing yang bisa dimakan karena memiliki kandungan protein tinggi adalah *Eunice viridis* (palolo) dan *Lycidice cele* (wawo) yang termasuk Polychaeta.

2. Karena laron memiliki dua pasang sayap tipis dengan ukuran sama dan tipe mulut menggigit, maka dimasukkan dalam ordo ....
- A. Isoptera
  - B. Orthophtera
  - C. Hemiptera
  - D. Neuroptera
  - E. Diptera

**Jawaban: A**

Archiptera/Isoptera memiliki dua pasang sayap tipis dengan ukuran yang sama, tipe mulut menggigit, dan metamorfosis tidak sempurna. Contoh: *Aechna sp.* (capung sawah), *Macrotermens sp.* (anai – anai), dan rayap.

3. Pada kerang air tawar, ovum yang telah dibuahi akan menetas menjadi larva yang disebut ....
- A. mirasidium
  - B. glokidium
  - C. trokofor
  - D. onkosfer
  - E. sistiserkus

**Jawaban: C**

Reproduksi Pelecypoda secara seksual dengan gonorkis (diesis) atau hermafrodit. Gamet dikeluarkan oleh sifon ekshalan dan pembuahan terjadi secara eksternal di air menghasilkan larva trokofor yang akan bermetamorfosis menjadi kerang muda.

4. Dari jenis-jenis Mollusca berikut yang tidak memiliki cangkang adalah ....
- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| A. <i>Loligo</i> (cumi-cumi) | D. <i>Octopus</i> (gurita)  |
| B. <i>Sepia</i> (sotong)     | E. <i>Acatina</i> (bekicot) |
| C. <i>Nautilus</i>           |                             |

**Jawaban: D**

Pada umumnya Mollusca yang bertubuh lunak dilindungi oleh cangkang. Namun ada beberapa yang tidak memiliki cangkang, yaitu *Octopus* (gurita).

5. Hewan Echinodermata yang bersifat merugikan karena dapat merusak populasi kerang yang menjadi mangsanya adalah ....
- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| A. lilia laut   | D. teripang     |
| B. bintang laut | E. bintang ular |
| C. landak laut  |                 |

**Jawaban: B**

Bintang laut menggunakan kaki tabungnya untuk menjerat mangsanya seperti remis dan tiram. Bintang laut mengeksresikan getah pencernaan dan mencerna Bivalvia di dalam cangkangnya.

6. Pembengkakan pembuluh limfe pada kaki dapat menyebabkan kaki membengkak yang semakin lama semakin membesar. Penyumbatan ini sering disebabkan oleh cacing ....
- |                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| A. <i>Taenia saginata</i>       | D. <i>Fasciola hepatica</i>    |
| B. <i>Oxyuris vermicularis</i>  | E. <i>Wuchereria bancrofti</i> |
| C. <i>Ancylostoma duodenale</i> |                                |

**Jawaban: E**

*Wuchereria bancrofti* parasit di getah bening (limfa) manusia. Cacing ini adalah penyebab penyakit filariasis atau kaki gajah. Cacing akan menggulung di kelenjar limfa, dan apabila cacing berjumlah banyak maka akan menyumbat sirkulasi getah bening. Hal tersebut menyebabkan pembengkakan di kaki setelah menginfeksi bertahun-tahun.

7. Kemampuan autotomi dan regenerasi dimiliki hewan dari golongan ....
- |               |                  |
|---------------|------------------|
| A. mollusca   | D. coelenterata  |
| B. annelida   | E. echinodermata |
| C. arthropoda |                  |

**Jawaban: B**

Reproduksi aseksual Annelida terjadi dengan cara fragmentasi atau pemotongan bagian tubuh (autotomi).

8. Tubuh udang dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, yaitu ....
- |                                    |
|------------------------------------|
| A. sefalotoraks – abdomen          |
| B. sepala – sefalotoraks – abdomen |
| C. kepala – abdomen                |
| D. kepala – toraks                 |
| E. kepala – toraks – abdomen       |

**Jawaban: A**

Tubuh Crustacea atau udang terdiri dari sefalotoraks (kepala dan dada bersatu) dan abdomen (perut).

9. Kaki dan sayap capung terdapat pada bagian tubuh ....
- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| A. toraks           | D. kepala       |
| B. kepala dan perut | E. sefalotoraks |
| C. abdomen          |                 |

**Jawaban: A**

Insecta merupakan hewan yang terdiri dari tiga bagian tubuh, yaitu kepala (caput), dada (toraks), dan perut (abdomen). Pada bagian toraks terdapat dua pasang sayap (kecuali dipteral hanya sepasang

sayap) dan tiga pasang kaki.

10. Ciri khas filum Chordata adalah ....
- A. hidup di laut
  - B. mempunyai notokord
  - C. mempunyai tulang belakang
  - D. bernapas dengan paru-paru
  - E. sistem peredaran darah tertutup

**Jawaban: B**

Chordata adalah kelompok hewan yang memiliki notokord yang ditemukan pada saat embrio. Ciri khas Chordata yaitu memiliki notokord, tali saraf dorsal berlubang, celah faring, dan ekor pasca-anus yang berotot.

# LATIHAN SOAL 8

1. Suatu hewan memiliki ciri-ciri triploblastik aselomata dalam perkembangan embrionya. Pernyataan yang tidak sesuai dengan ciri tersebut adalah ....
  - A. memiliki lapisan embrional ektoderm, mesoderm dan endoderm
  - B. terdapat rongga yang membagi mesoderm menjadi dua bagian
  - C. terdapat rongga antara endoderm dan mesoderm
  - D. rongga tubuh yang terbentuk dinamakan rongga semu
  - E. struktur tubuh lebih kompleks daripada hewan diploblastik
2. Ciri-ciri invetebrata sebagai berikut:
  1. Tubuhnya simetris bilateral
  2. Diploblastik
  3. Memiliki rangka
  4. Pencernaan intraseluler
  5. Memiliki sistem saraf berupa sistem saraf difus
  6. Reproduksi aseksual dengan buddingCiri filum Porifera adalah ....

A. 1, 2, dan 3	D. 1, 3, dan 5
B. 2, 3, dan 4	E. 3, 4, dan 6
C. 4, 5, dan 6	
3. Hewan yang mengalami metagenesis dari polip ke medusa atau sebaliknya, yaitu ....

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| A. <i>Hydra</i> dan <i>Obelia</i>    | D. <i>Aurelia</i> dan <i>Acrodora</i>  |
| B. <i>Obelia</i> dan <i>Acatina</i>  | E. <i>Acrodora</i> dan <i>Acropora</i> |
| C. <i>Diploria</i> dan <i>Obelia</i> |  |

4. Amoebosit pada Porifera berfungsi untuk ....

- pelindung
- saluran air
- mengedarkan sari makanan
- penopang tubuh
- menangkap makanan dari spongosol

5. Berikut ini adalah fase- fase dalam siklus hidup *Obelia*:

- |           |            |
|-----------|------------|
| 1. Medusa | 3. Palnula |
| 2. Polip  | 4. Zigot   |

Urutan daur hidup *Obelia* adalah ....

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| A. 1, 2, 3, dan 4 | D. 2, 4, 3, dan 1 |
| B. 1, 3, 4, dan 2 | E. 3, 4, 2, dan 1 |
| C. 2, 1, 4, dan 3 |                   |

6. Di bawah ini adalah ciri-ciri cacing:

- memiliki alat pengisap
- parasit dalam tubuh vetebrata
- inang perantaranya adalah siput air
- inang perantaranya adalah sapi
- lavarnya bersilia yang disebut mirasidium

Ciri-ciri yang dimiliki oleh cacing *Fasciola hepatica* adalah ....

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| A. 1, 2, 3 dan 4 | D. 1, 2, 4 dan 5 |
| B. 1, 2, 3 dan 5 | E. 1, 3, 4 dan 5 |
| C. 2, 3, 4 dan 5 |                  |

7. Jenis-jenis cacing sebagai berikut:

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| 1. Cacing tanah | 4. Cacing filaria |
| 2. Cacing kremi | 5. Cacing palolo  |
| 3. Cacing wawo  | 6. Cacing hati    |

Cacing yang termasuk dalam kelompok Annelida ditunjukkan oleh nomor ....



- A. 1, 2, dan 3  
B. 1, 3, dan 5  
C. 2, 3, dan 6  
D. 2, 4, dan 5  
E. 3, 5, dan 6
8. Cacing palolo (*Eunice viridis*) yang dapat dimakan termasuk dalam kelas ....  
A. Polychaeta  
B. Treematoda  
C. Oligochaeta  
D. Turbellaria  
E. Cestoda
9. Cestoda yang hidup parasit pada tubuh sapi adalah ....  
A. *Planaria*  
B. *Fasciola hepatica*  
C. *Ascaris lumbricoides*  
D. *Taenia solium*  
E. *Taenia saginata*
10. Seorang anak sering menggaruk anusnya karena gatal dan oleh dokter diidentifikasi karena ada infeksi cacing. Cacing yang menginfeksi anak tersebut adalah ....  
A. *Ascaris lumbricoides*  
B. *Taenia saginata*  
C. *Oxyuris vermicularis*  
D. *Wuchereria bancrofti*  
E. *Ancylostomo duodeanale*
11. Beberapa contoh Platyhelminthes yang parasit pada manusia adalah cacing pita (*Taenia sagnita* dan *Taenia solium*). Cara paling efektif untuk menghindari infeksi cacing tersebut adalah ....  
A. selalu memakai alas kaki  
B. mencuci tangan sebelum makan  
C. tidak menggaruk anus yang gatal  
D. menghindari gigitan nyamuk  
E. memasak dengan matang daging yang dimakan
12. Anak-anak banyak yang mengalami infeksi cacing perut (*Ascaris lumbricoides*) karena penularan cacing ini adalah dengan cara ....  
A. menembus pori-pori kulit  
B. telur yang terbawa dari makanan atau minuman

- C. daging yang tidak dimasak dengan baik
  - D. terbawa infeksi dari ibunya sejak lahir
  - E. terinfeksi melalui gigitan nyamuk
13. Berikut ini adalah ciri-ciri Mollusca:
- 1. Tubuhnya lunak
  - 2. Cangkrong berbentuk kerucut terpilin
  - 3. Bergerak menggunakan kaki perut
  - 4. Memiliki dua pasang antena
- Hewan Mollusca di atas termasuk kelas ....
- A. Amphineura
  - B. Scaphopoda
  - C. Cephalopoda
  - D. Gastropoda
  - E. Pelecypoda
14. Kerang sering digolongkan ke dalam kelompok yang diberi nama yang berbeda karena menggunakan dasar ciri yang berbeda. Berikut ini adalah hubungan yang benar antara nama dan cirinya ....
- A. pelecypoda karena kakinya berbentuk pipih
  - B. bivalvia karena insangnya dua
  - C. lamellibranchiata karena insangnya pipih
  - D. pelecypoda karena kakinya berlapis-lapis.
  - E. bivalvia karena kakinya sepasang
15. Pada tubuh kerang mutiara, butiran mutiara dapat terjadi apabila benda asing diletakkan di antara dua lapisan, yaitu ....
- A. insang dan mantel
  - B. lapisan nakreas dan insang
  - C. lapisan nakreas dan mantel
  - D. lapisan periostrakum dan mantel
  - E. lapisan nakreas dan lapisan prismatic
16. Mollusca yang mempunyai alat gerak di bagian kepala adalah ....
- A. Amphineura
  - B. Cephalopoda
  - C. Scaphopoda
  - D. Bivalvia
  - E. Gastropoda

17. Fungsi badan Malpighi pada serangga adalah ....
- mengeluarkan sisa metabolisme yang berbentuk cair
  - mengeluarkan feses
  - mengeluarkan karbon dioksida
  - menyerap air
  - mengedarkan air ke seluruh tubuh
18. Keluwing (*Iulus sp.*) yang sering dijumpai di kebun tergolong hewan kelompok ....
- Insecta
  - Crustacea
  - Hexapoda
  - Myriopoda
  - Arachnoida
19. Benang untuk membuat jaring laba-laba berasal dari ....
- trakea
  - spineret
  - pedipalpus
  - paru-paru buku
  - kalisera
20. Insecta yang mengalami metamorfosis sempurna, antara lain ....
- belalang (*Valanga sp.*)
  - jangkrik (*Gryllus sp.*)
  - wereng (*Nelapovata*)
  - lebah madu (*Apis mellifera*)
  - lalat buah (*Drosophila melanogaster*)
21. Anggota Arthropoda yang memiliki rangka luar, tidak bersayap kepala menyatu dengan dada, dan bernapas dengan insang termasuk dalam kelas ....
- Crustacea
  - Sista
  - Arachida
  - Serkaria
  - Pupa
22. Apabila kita menemukan Arthropoda dengan ciri-ciri berikut:
- Kaki jalan berjumlah lima pasang
  - Tubuh terdiri dari sefalotoraks dan abdomen
  - Antena dua pasang

4. Eksoskeleton tersusun dari kitin
  5. Bernapas dengan insang
- Hewan tersebut termasuk kelas ....
- A. Insecta
  - B. Crustacea
  - C. Arachnoidea
  - D. Myriapoda
  - E. Chilopoda
23. Echinodermata yang tubuhnya tidak memiliki lengan adalah ....
- A. Holothuroidea dan Asteroidea
  - B. Asteroidea dan Crinoidea
  - C. Echinoidea dan Holothuroidea
  - D. Asteroidea dan Ophiuroidea
  - E. Ophiuroidea dan Echinoidea
24. Binatang laut (Asteroidea) bernapas melalui ....
- A. sistem ambulakral dan papula
  - B. insang kulit
  - C. paru-paru buku
  - D. insang trakea dan paru-paru buku
  - E. sistem ambulakral dan insang trakea
25. Hal berikut yang bukan merupakan perbedaan antara Asteroidea dengan Ophiuroidea adalah ....
- A. jumlah lengannya
  - B. letak madreporit
  - C. keberadaan anus
  - D. panjang lengannya
  - E. bentuk durinya
26. Suatu hewan memiliki ciri dapat hidup di darat dan di air, memiliki sacculus vocalis, serta termasuk dalam organisme poikiloterm. Hewan tersebut termasuk ke dalam kelas ....
- A. aves
  - B. reptilia
  - C. pisces
  - D. amphibia
  - E. mamalia
27. Trenggiling merupakan sejenis mamalia yang dikelompokkan ke dalam Pholidota karena memiliki ciri ....
- A. berkuku genap
  - B. memiliki belalai

- C. tidak memiliki gigi
  - D. berkembang biak dengan cara bertelur
  - E. memiliki jenis makanan berupa serangga
28. Artiodactyla merupakan kelompok hewan yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut, *kecuali* ....
- A. berkuku ganjil
  - B. berdarah panas
  - C. memiliki tulang belakang
  - D. bernapas menggunakan paru-paru
  - E. berkembang biak dengan cara melahirkan
29. Pasangan antara ordo dalam mamalia dan contoh spesiesnya yang benar adalah ....
- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| A. sirenia-tupai      | D. chiroptera-kanguru |
| B. marsupialis-koala  | E. primata-kelinci    |
| C. pholidota-platipus |                       |
30. Berikut adalah ciri-ciri Mammalia:
1. Hewan menyusui
  2. Mempunyai 5 jari
  3. Ibu jari dapat digerakkan ke arah berlawanan.
  4. Berkuku cekung
- Ciri diatas dimiliki oleh ordo ....
- |                |                |
|----------------|----------------|
| A. Monotremata | D. Insectivora |
| B. Marsupialia | E. Primata     |
| C. Dermoptera  |                |



# EKOSISTEM

# 9

Ekosistem adalah suatu sistem tempat terjadinya hubungan saling ketergantungan antara komponen-komponen di dalamnya, yaitu komponen biotik dan abiotik. Ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan tak hidup dalam suatu ekosistem disebut ekologi. Hubungan antarkomponen ekosistem berlangsung secara dinamis, sehingga terjadi keseimbangan lingkungan.

## A. KOMPONEN EKOSISTEM

Berdasarkan struktur dasar ekosistem, ekosistem tersusun dari dua komponen, yaitu komponen biotik dan komponen abiotik.

### a. Komponen Abiotik

Komponen abiotik merupakan komponen fisik dan kimiawi yang ada pada suatu ekosistem sebagai medium atau lingkungan tempat berlangsungnya kehidupan.

#### 1. Udara

Udara adalah sekumpulan gas pembentuk lapisan atmosfer. Udara dalam atmosfer meliputi nitrogen (78,09%), oksigen (21,94%), karbondioksida (0,032%), dan gas-gas lainnya (Ne, He, Kr, Xe, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O). Selain itu, di udara juga mengandung gas-gas

yang jumlahnya bisa berubah-ubah seperti uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ). Udara berfungsi sebagai penunjang ekosistem, seperti oksigen ( $\text{O}_2$ ) untuk respirasi dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) untuk fotosintesis.

2. *Air*

Air mengandung berbagai senyawa kimia dalam jumlah bervariasi, misalnya natrium, kalsium, amonium, nitrat, nitrit, dan fosfat. Unsur yang terkandung di air tergantung pada kualitas udara dan tanah yang dilaluinya. Air di bumi dapat berupa air laut, gunung es di kutub, air tawar (sungai, danau, air tanah, mata air) dan berupa uap air. Air dapat berwujud uap, cairan, dan es.

3. *Tanah*

Tanah terbentuk dari pelapukan batuan, pembusukan senyawa organik, dan pembentukan mineral. Komponen utama tanah adalah bahan mineral, garam mineral, air, dan udara. Tumbuhan mendapatkan garam mineral dari dalam tanah, sedangkan manusia memanfaatkan tanah untuk pertanian, pertambangan, pemukiman, perindustrian, dan lain-lain.

4. *Garam mineral*

Tumbuhan memerlukan garam mineral untuk pertumbuhan. Hewan dan manusia memerlukan garam mineral untuk menjaga keseimbangan asam basa, mengatur kerja alat tubuh, dan membantu proses metabolisme.

5. *Sinar matahari*

Sinar matahari merupakan sumber energi makhluk hidup di bumi. Sebagian kecil sinar matahari dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk fotosintesis yang selanjutnya diubah menjadi energi potensial dalam pembentukan karbohidrat. Energi potensial dalam tumbuhan akan diubah menjadi energi kinetik oleh manusia dan hewan.

6. *Suhu*

Suhu adalah energi panas yang dihasilkan dari radiasi sinar matahari. Suhu udara di bumi bervariasi tergantung pada letak garis lintang dan ketinggian tempat. Suhu merupakan

pembatas bagi kehidupandan memengaruhi keanekaragaman hayati dalam ekosistem. Umumnya makhluk hidup dapat hidup pada suhu 0°C - 40°C.

7. *Kelembapan*

Kelembapan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, angin, dan curah hujan. Kelembapan sangat mempengaruhi kehidupan tumbuhan. Daerah dengan variasi tingkat kelembapan akan menghasilkan ekosistem dengan komposisi tumbuhan yang bervariasi pula.

8. *Derajat keasaman (pH)*

Derajat keasaman (pH) tanah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tumbuhan. Tumbuhan akan tumbuh baik pada pH optimum yang berkisar antara 5,8 – 7,2. Nilai pH tanah dipengaruhi oleh curah hujan, penggunaan pupuk, aktivitas akar, dan penguraian mineral.

9. *Topografi*

Topografi adalah tinggi rendahnya permukaan bumi (relief). Topografi memengaruhi iklim yang menyangkut kelembapan dan suhu permukaan bumi. Topografi menentukan keanekaragaman hayati dan penyebaran organisme.

## **b. Komponen Biotik**

Berdasarkan tingkatan trofik atau nutrisinya komponen biotik dibagi menjadi dua, yaitu komponen autotrof dan komponen heterotrof.

1. **Komponen autotrof**, berupa organisme autotrof yang memiliki klorofil sehingga dapat melakukan fotosintesis. Organisme autotrof antara lain, fitoplankton, alga, lumut, tumbuhan paku, dan tumbuhan biji. Fotosintesis menghasilkan oksigen dan karbohidrat yang dibutuhkan oleh makhluk hidup lain. Organisme autotrof berperan sebagai produsen dalam ekosistem.
2. **Komponen heterotrof**, berupa organisme heterotrof yang tidak bisa membuat makanan sendiri. Organisme heterotrof memanfaatkan zat organik yang disediakan oleh organisme lain sebagai bahan makanannya. Organisme heterotrof terdiri atas herbivor (konsumen



I), karnivor yang memakan herbivor (konsumen II), karnivor yang memakan karnivor (konsumen III), detritivor, dan dekomposer. Detritivor hidup dengan cara memakan serpihan tumbuhan atau hewan yang sudah mati, misalnya cacing tanah, rayap dan kaki seribu. Dekomposer adalah mikroorganisme yang menguraikan zat organik sisa tumbuhan atau hewan (detritus) menjadi zat yang lebih sederhana. Contoh dekomposer adalah jamur dan bakteri.

## B. INTERAKSI ANTARKOMPONEN EKOSISTEM

Di dalam ekosistem terjadi interaksi antara komponen biotik dengan abiotik maupun interaksi antara komponen biotik dengan komponen biotik lainnya. Interaksi dapat terjadi antarspesies yang sama maupun spesies yang berbeda.

### a. Interaksi Antarspesies

Interaksi antarspesies dalam ekosistem dapat bersifat positif, negatif, netral, maupun kombinasinya. Interaksi antarspesies memengaruhi kehidupan dan kecepatan pertumbuhan populasi. Berikut ini tipe interaksi antarspesies:

1. **Netralisme**, yaitu interaksi dua atau lebih spesies yang tidak menunjukkan adanya hubungan atau asosiasi. Tidak ada pihak yang diuntungkan dan dirugikan. Netralisme terjadi karena spesies yang memiliki kebutuhan berbeda, misalnya kerbau dengan kucing.
2. **Kompetisi**, yaitu interaksi antara dua atau lebih spesies yang saling menghalangi karena memiliki kebutuhan yang sama. Persaingan biasanya terjadi karena memperebutkan makanan, tempat hidup, sinar matahari, air, dan pasangan. Spesies yang kalah akan mati, tersingkir, atau berpindah ke tempat lain. Persaingan terjadi karena spesies tersebut memiliki *niche* yang sama. *Niche* adalah posisi suatu organisme dalam suatu ekosistem dan peranannya dalam ekosistem. Kompetisi dibagi menjadi dua, yaitu:

- Kompetisi intraspesifik, yaitu kompetisi antarorganisme pada spesies yang sama, misalnya sesama kambing jantan memperebutkan pasangan.
- Kompetisi interspesifik, yaitu kompetisi antarorganisme yang berbeda spesiesnya. Contohnya, tanaman padi dan rumput yang sama-sama ada di sawah.
- 3. **Komensalisme**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang menguntungkan salah satu pihak, namun pihak lainnya tidak terpengaruh atau tidak dirugikan. Contohnya, tumbuhan paku dan anggrek yang menempel di pohon mangga.
- 4. **Amensalisme**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang merugikan salah satu pihak, namun pihak lainnya tidak terpengaruh atau tidak dirugikan. Interaksi ini disebabkan adanya fenomena alelopati, di mana suatu organisme menghasilkan zat kimia yang memengaruhi pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan reproduksi organisme lain di sekitarnya. Contoh organisme yang menghasilkan zat kimia alelopati, antara lain *Penicillium notatum* dan *Streptomyces griseus* yang dimanfaatkan untuk membuat antibiotik.
- 5. **Parasitisme**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang menguntungkan salah satu pihak, sedangkan pihak lainnya dirugikan. Parasit akan memperoleh makanan dari tubuh inang. Parasit berdasarkan letaknya dibagi menjadi endoparasit dan ektoparasit. Contohnya, *Trichoderma vaginalis* yang parasit di dalam saluran kelamin wanita, dan ektoparasit adalah *Cuscuta cp.* (tali putri).
- 6. **Predasi**, yaitu interaksi makan memakan antarorganisme. Terdapat dua komponen dalam predasi, yaitu pemangsa (predator) dan mangsa (prey). Populasi pemangsa ditentukan oleh jumlah mangsa, sedangkan populasi mangsa ditentukan oleh besar kecilnya pemangsa. Contohnya, harimau sebagai predator rusa.

7. **Protokoperasi**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang masing-masing mendapatkan keuntungan, tetapi interaksi ini bukan suatu keharusan, contohnya interaksi antara kerbau dengan burung jalak.
8. **Mutualisme**, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang menguntungkan kedua belah pihak dan interaksi ini merupakan suatu keharusan. Contohnya, *lichen* yang merupakan mutualisme antara jamur dengan Cyanobacteria.

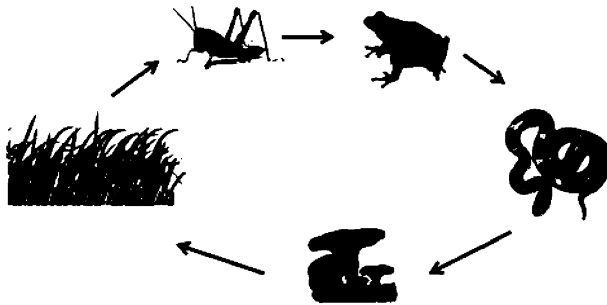
## C. ALIRAN ENERGI

Dalam sistem ekologi, semua organisme merupakan komponen pengubah energi. Aliran energi dan siklus materi dalam ekosistem terjadi melalui rantai makanan dan jaring-jaring makanan.

### a. Rantai Makanan (Food Chain)

Rantai makanan adalah jalur perpindahan energi dari suatu trofik ke tingkat trofik berikutnya melalui poses makan dan dimakan. Herbivor mendapatkan energi dari produsen atau tumbuhan. Karnivor mendapatkan energi dari herbivor, sehingga enaegi berpindah dari herbivor ke karnivor. Semakin pendek rantai makanan maka semakin besar energi yang tersimpan dalam organisme di ujung rantai makanan.

Berdasarkan tipe organisme, produsen atau tumbuhan menjadi tingkat trofik I. Terdapat dua tipe rantai makanan, yaitu tipe rantai makanan perumput dan tipe rantai makanan detritus. Rantai makanan yang dimulai dari tumbuhan (produsen) disebut rantai makanan perumput, sedangkan rantai makanan yang diawali dari detritus (serpihan organisme mati) disebut rantai makanan detritus. Contoh rantai makanan perumput: padi → belalang → katak → ular. Contoh rantai makanan detritus: serpihan daun → cacing tanah → itik → manusia.

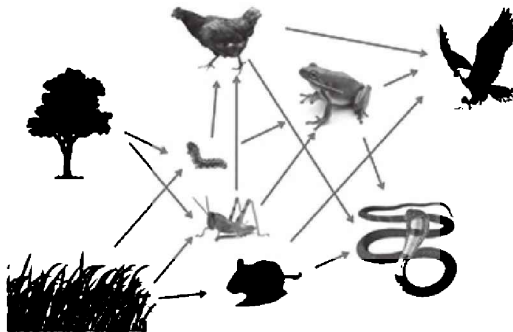


Gambar 9.1. Contoh Rantai Makanan

Sumber: [http://1.bp.blogspot.com/-WPDLPeqfG7s/T\\_wansXy4tl/AAAAAAAAALU/EjEvWODtrfU/s1600/rantai+makanan.png](http://1.bp.blogspot.com/-WPDLPeqfG7s/T_wansXy4tl/AAAAAAAAALU/EjEvWODtrfU/s1600/rantai+makanan.png)

## h. Jaring-jaring Makanan (Food Web)

Jaring-jaring makanan merupakan sekumpulan rantai makanan yang saling berhubungan. Dalam suatu ekosistem, suatu rantai makanan akan berhubungan dengan rantai makanan yang lain. Semakin kompleks jaring-jaring makanan maka semakin tinggi tingkat kestabilan ekosistem. Berikut ini contoh dari jaring-jaring makanan.



Gambar 9.2. Contoh Jaring-jaring Makanan

Sumber: [http://3.bp.blogspot.com/-Aid1itG0TZs/T\\_waXIObURI/AAAAAAAAALE/RckGVpBGHFw/s1600/jaring2+makanan.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-Aid1itG0TZs/T_waXIObURI/AAAAAAAAALE/RckGVpBGHFw/s1600/jaring2+makanan.jpg)

## D. DAUR BIOGEOKIMIA

Daur biogeokimia adalah peredaran unsur-unsur kimia dari lingkungan melalui komponen biotik dan kembali ke lingkungan. Siklus unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui organisme, tetapi juga melibatkan reaksi-reaksi kimia dalam lingkungan abiotik sehingga disebut sebagai siklus biogeokimia.

Siklus biogeokimia yang terjadi di alam dapat berupa siklus karbondioksida (karbon) dengan oksigen, siklus nitrogen, siklus air, dan siklus materi (mineral) yang berupa unsur-unsur hara (fosfor, sulfur).

### a. Siklus Karbon

Dalam atmosfer, unsur karbon berupa senyawa karbon anorganik, yaitu karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Senyawa karbondioksida, baik di darat maupun di perairan, akan diubah oleh produsen menjadi senyawa karbon organik melalui proses fotosintesis. Energi yang tersimpan dalam tubuh produsen bersama senyawa karbon organik disebut energi biokimia. Sebagian senyawa organik dalam tubuh produsen digunakan untuk aktivitas fisiologi seperti respirasi dan sebagian lainnya ditransfer ke konsumen melalui rantai makanan. Respirasi yang dilakukan oleh produsen dan konsumen akan membebaskan  $\text{CO}_2$  ke udara. Bila produsen dan konsumen mati, maka senyawa karbon organik akan diuraikan oleh pengurai yang akan membebaskan  $\text{CO}_2$  ke udara atau ke air. Bahan organik yang ada di tubuh organisme dapat berubah menjadi batu kapur, arang, atau minyak bumi. Pembakaran bahan bakar fosil akan membebaskan  $\text{CO}_2$  ke udara.

Dalam air  $\text{CO}_2$  akan terlarut dan bereaksi dengan air membentuk asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Asam karbonat kemudian akan bereaksi dengan batu kapur membentuk ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dan karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Ion bikarbonat merupakan sumber karbon bagi organisme perairan. Jika organisme perairan mati maka akan membebaskan  $\text{CO}_2$  ke udara.

### h. Siklus Nitrogen

Nitrogen merupakan unsur yang penting dalam kehidupan, yaitu sebagai pembentuk protein dan penyusun asam nukleat (DNA dan RNA). Sumber utama nitrogen berada di atmosfer. Namun, sebagian besar

tumbuhan dan hewan tidak dapat memanfaatkan  $N_2$  di udara. Tumbuhan tingkat tinggi menyerap  $N_2$  dalam bentuk ion nitrat ( $NO_3^-$ ). Pengikatan  $N_2$  dari udara dilakukan oleh bakteri dan *Cyanophyta*. Beberapa jenis bakteri yang dapat menambat nitrogen terdapat pada akar tumbuhan legum, misalnya *Rhizobium leguminosorum* dan *Marsiella crenata*. Selain itu terdapat bakteri dalam tanah yang dapat mengikat nitrogen secara langsung, yaitu *Acetobacter sp* yang bersifat *aerob* dan *Clostridium sp.* yang bersifat *anaerob*. Selain itu, terdapat beberapa jenis spesies ganggang biru yang dapat menambat nitrogen, antara lain *Nostoc sp.* dan *Anabaena sp.*

Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati dan oleh bakteri. Amonia ini dapat dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* menjadi  $NO_2^-$ . Selanjutnya oleh bakteri denitrifikasi, yaitu *Pseudomonas denitrifikans*, nitrat diubah kembali menjadi ammonia dan ammonia diubah kembali menjadi nitrogen yang dilepas bebas ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem.

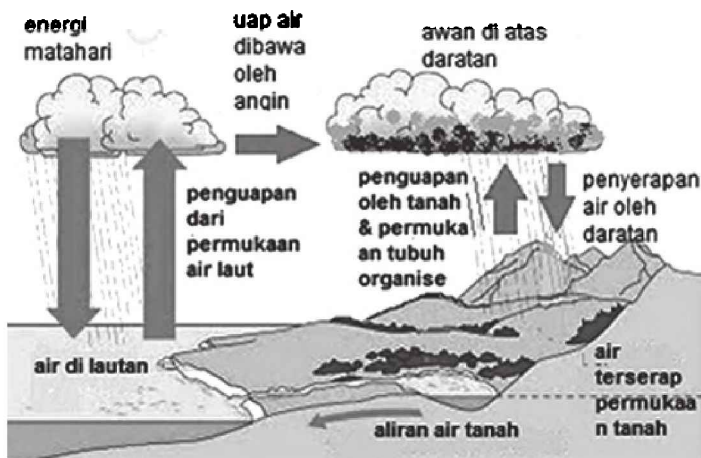
Nitrogen bebas juga dapat bereaksi dengan hidrogen atau oksigen dengan bantuan kilat/ halilintar. Dengan energi dari halilintar, nitrogen akan berikatan dengan oksigen membentuk nitrogen dioksida ( $NO_2$ ). Nitrogen dioksida akan bereaksi dengan air membentuk nitrat yang akan diserap oleh akar tumbuhan, mengalami denitrifikasi, atau membentuk endapan.

### **c. Siklus Air**

Siklus air atau siklus hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi.

Saat terkena sinar matahari, seluruh permukaan bumi yang mengandung air mengalami penguapan (evaporasi) dan makhluk hidup mengalami transpirasi. Uap air akan naik ke lapisan atmosfer membentuk awan. Kemudian awan akan berpindah karena perbedaan suhu atau terbawa oleh angin. Saat terpapar udara dingin awan akan mengalami kondensasi menjadi tetes-tetes air dan akan jatuh ke bumi

dalam bentuk hujan (presipitasi). Air hujan akan masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi. Setelah terjadi infiltrasi air akan terus bergerak ke bawah karena pengaruh gravitasi bumi yang disebut perkolasi. Sebagian air tanah diserap oleh tumbuhan untuk fotosintesis. Air tanah yang dimanfaatkan oleh manusia dan hewan dalam bentuk mata air, sumur, danau, dan sungai. Air sungai akan mengalir ke laut. Di lautan, laju evaporasi lebih tinggi daripada presipitasi. Di daratan, laju presipitasi lebih tinggi daripada evaporasi dan transpirasi.



Gambar 9.3. Siklus Air

Sumber: <https://lh3.googleusercontent.com/-vG3mnSMzQo8/TXRGIHQeKbl/AAAAAAAAAFc/UbyY3YxOoUGU/s400/daur+air+1.jpg>

#### d. Siklus Fosfor

Di alam, fosfor berasal dari pelapukan batuan mineral fosfat anorganik dan berasal dari penguraian sisa-sisa bahan organik makhluk hidup fosfat organik oleh dekomposer. Fosfor di dalam tanah diserap oleh tumbuhan dalam bentuk fosfor anorganik ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ , dan  $\text{PO}_4^{3-}$ ). Tumbuhan sangat sulit mendapatkan unsur fosfat dari tanah karena fosfat sukar larut dalam air.

Fosfor dalam tubuh makhluk hidup berfungsi untuk menyimpan dan memindahkan energi dalam bentuk ATP (*adenosin triphosphat*), membentuk asam nukleat (DNA dan RNA), dan membantu proses respirasi.

dan fotosintesis. Melalui rantai makanan fosfor dari tumbuhan masuk ke tubuh hewan. Apabila hewan dan tumbuhan mati maka fosfat organik dari tubuh organisme tersebut akan diuraikan oleh dekomposer menjadi fosfat anorganik. Fosfat anorganik yang terlarut di air dapat mengalami sedimentasi di laut sebagai batu karang atau fosil. Batu karang atau fosil dapat terkikis kembali menjadi fosfat anorganik yang terlarut dalam air atau diambil oleh manusia melalui kegiatan penambangan.

### e. Siklus Belerang

Belerang (sulfur) terdapat di atmosfer dalam bentuk sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) yang berasal dari aktivitas vulkanis, pembakaran bahan bakar fosil, asap kendaraan bermotor, dan asap pabrik. Belerang juga terdapat dalam bentuk hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) yang dilepas dari proses pembusukan bahan organik dari dalam tanah yang dilakukan oleh pengurai. Organisme pengurai tersebut antara lain *Aspergillus*, *Neurospora*, dan *Escherichia*. Hidrogen sulfida kemudian mengalami oksidasi membentuk sulfat ( $\text{SO}_4$ ). Gas sulfat bersama dengan air hujan akan masuk ke tanah. Bila kandungan gas sulfat terlalu tinggi maka dapat menyebabkan hujan asam. Air hujan yang asam tersebut akan meningkatkan kadar keasaman tanah dan air permukaan yang terbukti berbahaya bagi kehidupan ikan dan tanaman.

Hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) di dalam tanah dapat mengalami oksidasi dan menghasilkan elemen sulfur (S). Sulfur kemudian teroksidasi menjadi sulfat oleh *Thiobacillus denitrificans* dan *Thiobacillus thiooxidans*. Sulfat dalam tanah dapat tereduksi kembali menjadi  $\text{H}_2\text{S}$  oleh bakteri *Thiobacillus thioparus*. Belerang dalam tanah dapat berbentuk sulfat, sulfida, dan belerang anorganik. Tetapi tumbuhan menyerap belerang dalam bentuk ion  $\text{SO}_4^{2-}$  dari dalam tanah.

## E. PENCEMARAN LINGKUNGAN

Pencemaran lingkungan adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain dalam lingkungan oleh manusia yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan, sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Penyebab pencemaran disebut polutan.



Suatu lingkungan dikatakan tercemar apabila jumlah polutan melebihi ambang batas sehingga menurunkan kualitas daya dukung lingkungan dan terganggunya kehidupan makhluk hidup. Pencemaran dibedakan menjadi empat macam, yaitu pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran suara.

### **a. Pencemaran Udara**

Pencemaran udara terjadi apabila komposisi gas-gas di atmosfer meningkat sebagai hasil aktivitas manusia atau akibat peristiwa alam menyebabkan ketidakseimbangan komposisi atmosfer bumi. Ketidakseimbangan tersebut menyebabkan berbagai masalah lingkungan dan berdampak pada kesehatan manusia. Meningkatnya kegiatan industri atau penggunaan bahan bakar fosil untuk kendaraan bermotor menyebabkan peningkatan kadar polutan di udara. Berikut adalah beberapa zat yang menyebabkan pencemaran udara.

1. **Karbon monoksida (CO)**, bersifat tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Sebagian besar gas CO berasal dari gas buangan yang berasal dari pembakaran tidak sempurna bahan yang mengandung karbon atau bahan bakar fosil (minyak) pada konsentrasi tinggi, gas CO sangat mematikan bagi manusia karena menyebabkan asfiksi. Asfiksi adalah gangguan pengangkutan oksigen di jaringan tubuh.
2. **Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)**, bersifat tidak berwarna, tidak berbau, dan dapat teroksidasi menjadi NO<sub>2</sub> yang bersifat toksik. Ada dua macam nitrogen oksida, yaitu nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). NO<sub>2</sub> berbau menyengat dan berwarna cokelat kemerahan. Dalam keadaan normal gas NO tidak berbahaya, namun jumlah NO yang tinggi di udara menyebabkan iritasi mata dan gangguan sistem saraf. Gas NO<sub>2</sub> menyebabkan hujan asam yang membahayakan kehidupan tumbuhan dan hewan, menyebabkan korosi pada logam, dan merapuhkan struktur bangunan. Sumber pencemaran oleh nitrogen oksida berasal dari asap kendaraan bermotor, generator pembangkit listrik, pembuangan sampah dan lain-lain.

3. **Chlorofluorocarbon** (CFC) dan halon. CFC bersifat tidak berbau, tidak mudah terbakar dan tidak mudah bereaksi. Gas CFC dimanfaatkan sebagai gas pendorong dalam kaleng semprot (*aerosol*), pengembang busa polimer, pendingin dalam lemari es, dan AC (*Air Conditioning*). Gas CFC yang naik ke atmosfer dapat merusak lapisan ozon, sehingga menyebabkan peningkatan intensitas paparan ultraviolet ke bumi. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya kanker kulit, kerusakan mata, dan mematikan *spesies* tumbuhan tertentu. Halon memiliki sifat unsur seperti CFC yang ditambah dengan unsur brom (Br).
4. **Ozon ( $O_3$ )**, berada pada lapisan stratosfer dan troposfer. Ozon pada lapisan stratosfer berfungsi melindungi bumi dari sinar ultraviolet yang masuk ke bumi. Sedangkan ozon pada lapisan troposfer berbahaya bagi manusia bila berada pada konsentrasi tinggi. Pencemaran gas ozon menyebabkan pusing dan gangguan paru-paru.
5. **Gas rumah kaca** ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $O_3$ , dan  $NO$ ), terdapat pada lapisan troposfer yang dapat menyebabkan terjadinya efek rumah kaca (*Greenhouse effect*). Pada efek rumah kaca, sinar matahari yang menembus gas rumah kaca akan dipantulkan kembali ke bumi, sehingga menimbulkan panas yang terperangkap seperti pada "rumah kaca". Meningkatnya efek rumah kaca dapat menyebabkan pemanasan global yang berakibat mencairnya es di kutub sehingga meningkatkan ketinggian permukaan air laut. Pemanasan global menyebabkan perubahan iklim di bumi. Peningkatan gas rumah kaca disebabkan oleh pembakaran hutan dan penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan.
6. **Belerang oksida ( $SO_x$ )** dapat berupa  $SO_2$  atau  $SO_3$ . Gas  $SO_2$  berbau menyengat dan tidak mudah terbakar. Sedangkan gas  $SO_3$  bersifat reaktif, mudah bereaksi dengan uap air membentuk asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang menyebabkan hujan asam dan korosi logam. Belerang oksida berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (batu bara), asap pabrik, dan asap kendaraan bermotor.  $SO_2$  membahayakan sistem pernapasan dan dapat menyebabkan kejangan pada saluran pernapasan.

## h. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah masuknya makhluk hidup atau zat lain ke dalam air yang menyebabkan kualitas air menurun. Berikut ini adalah parameter pencemaran air.

1. **Parameter fisik** meliputi kandungan partikel padat, zat padat terlarut, kekeruhan, warna, bau, rasa, suhu, dan pH air. Air normal untuk dikonsumsi bersifat tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa dengan pH sekitar 6,5-7,5.
2. **Parameter kimia** meliputi BOD (*Biochemical oxygen demand*), COD (*Chemical oxygen demand*), dan DO (*Dissolved oxygen*). BOD adalah banyaknya oksigen yang terlarut yang diperlukan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik yang ada dalam perairan. COD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan buangan di perairan melalui reaksi kimia. DO adalah banyaknya kandungan oksigen dalam suatu perairan. Air yang bersih ditunjukkan dengan kadar DO yang tinggi dan kadar BOD yang rendah.
3. **Parameter biologi** digunakan untuk mengetahui jumlah dan jenis mikroorganisme dalam perairan, misalnya *Escherichia coli*, *Entamoeba histolytica*, *Salmonella typhosa*, dan *Vibrio cholera*.

Pencemaran air disebabkan oleh limbah dari berbagai kegiatan manusia, antara lain sebagai berikut.

- ~ Limbah domestik, adalah limbah yang berasal dari perumahan, pusat perdagangan,, perkantoran, rumah sakit dan tempat umum lainnya. Limbah domestik biasanya berupa detergen, sampah organik, tinja hewan, dan tinja manusia. Air yang tercemar tidak layak dikonsumsi karena dapat menyebabkan penyakit seperti tifus, kolera, disentri, diare, cacingan, dan gatal-gatal.
- ~ Limbah industri, yaitu limbah yang berasal dari industri atau pabrik. Limbah ini biasanya berupa logam berat berbahaya dan beracun seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu), krom (Cr), seng (Zn), dan nikel (Ni). Logam berat biasanya terakumulasi di organisme perairan, seperti ikan. Manusia

yang mengonsumsi ikan yang mengandung logam berat dapat mengalami gangguan kesehatan. Misalnya kematian penduduk di Jepang yang akibat penyakit minamata karena mengonsumsi ikan yang tercemar oleh limbah merkuri di Teluk Minamata.

- ~ Limbah pertanian, yaitu limbah dari kegiatan pertanian yang berupa pupuk kimia atau pestisida. Penggunaan pupuk yang berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi. Eutrofikasi adalah peningkatan unsur hara di dalam perairan yang disebabkan oleh pupuk yang berlebihan terbawa oleh aliran air. Peningkatan unsur hara di perairan menyebabkan peningkatan populasi ganggang dan eceng gondok di permukaan air. permukaan air yang tertutup oleh ganggang dan eceng gondok akan menghambat masuknya cahaya matahari ke dalam perairan sehingga menurunkan kadar oksigen dalam perairan. Eutrofikasi akan mengganggu ekosistem perairan, sehingga banyak organisme perairan yang mati dan membentuk endapan zat organik penyebab pendangkalan perairan.
- ~ Limbah pertambangan, yaitu limbah yang berasal dari area pertambangan. Contohnya, penambangan emas yang menggunakan merkuri untuk memisahkan emas dengan bijihnya. Tumpahan minyak dan kebocoran tangki dari pertambangan dapat menyebabkan kematian organisme laut, misalnya ganggang, ikan, mamalia laut, dan burung pemakan ikan.

### **c. Pencemaran Tanah**

Pencemaran tanah dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung. Pencemaran tanah secara langsung misalnya, dari penggunaan insektisida, fungisida, herbisida, DDT (*dikloro difenil trikloroetana*), dan pupuk kimia yang berlebihan. Pencemaran tanah secara tidak langsung bisa melalui perantara air dan udara, misalnya limbah domestik dan industri yang dibuang di perairan yang terserap tanah, atau zat sisa pembakaran dari pabrik dan kendaraan di udara yang terbawa hujan dan masuk ke dalam

tanah. Pencemaran tanah juga dapat disebabkan oleh limbah yang tidak mudah terurai, seperti plastik, kaca, *styrofoam*, dan kaleng. Pencemaran tanah berdampak mematikan organisme dalam tanah, mengganggu porositas, dan mengurangi kesuburan tanah.

#### **d. Pencemaran Suara**

Pencemaran suara adalah suara yang dapat mengganggu dan merusak pendengaran manusia. Pencemaran suara dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. **Kebisingan impulsif**, yaitu kebisingan yang terjadi dalam waktu singkat dan biasanya mengejutkan, misalnya suara petasan, suara tembakan, atau suara petir.
2. **Kebisingan impulsif kontinu**, yaitu kebisingan impulsif yang terjadi terus-menerus, tetapi hanya sepotong-sepotong, misalnya suara palu yang dipukulkan terus-menerus.
3. **Kebisingan semikontinu**, yaitu kebisingan kontinu yang berlangsung sekejap, kemudian hilang dan muncul lagi, misalnya suara lalu-lalang kendaraan bermotor.
4. **Kebisingan kontinu**, kebisingan yang terjadi terus-menerus dalam waktu lama, misalnya suara mesin pabrik.

Untuk menentukan tingkat kebisingan digunakan alat SLM (*sound level meter*). Rata-rata seorang mampu mendengar suara dengan frekuensi 20—20.000 dB. Kebisingan adalah suara dengan frekuensi di atas 80 dB. Kebisingan dapat menyebabkan gangguan kesehatan terutama gangguan pendengaran, gangguan fisiologi, gangguan psikologi, dan menyebabkan kesulitan berkonsentrasi.

### **F. PENANGGULANGAN PENCEMARAN LINGKUNGAN**

#### **a. Pendidikan lingkungan dan menumbuhkan etika lingkungan**

Menumbuhkan etika lingkungan merupakan salah satu cara menegah pencemaran lingkungan. Etika lingkungan adalah kebijakan

moral manusia dalam memandang lingkungan sekitarnya. Etika lingkungan mengatur agar lingkungan tetap seimbang guna memenuhi dan meningkatkan kesejahteraan manusia. Pendidikan lingkungan dapat diperkenalkan dengan penerapan metode daur ulang (recycling), pemanfaatan kembali (reuse), dan pembuatan kolam pengelolaan limbah.

## **h. Penegakan Hukum dan Undang-undang**

Indonesia telah menetapkan Undang-undang Nomor 3 Tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup. Undang-undang tersebut dibuat untuk mencegah kerusakan lingkungan, meningkatkan kualitas hidup, dan menindak pelanggar yang menyebabkan kerusakan lingkungan.

## **G. PENANGANAN LIMBAH**

Limbah merupakan sisa kegiatan manusia, biasanya, berupa bahan yang dapat mengganggu lingkungan. Namun, ada pula limbah yang masih dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomi. Berdasarkan wujudnya, limbah dibedakan menjadi tiga, yaitu limbah cair, limbah padat, dan limbah gas.

### **a. Penanganan Limbah Cair**

#### *1. Penanganan limbah cair domestik*

Limbah cair domestik ada yang berbahaya dan tidak berbahaya. Salah satu limbah domestik yang berbahaya bagi kesehatan adalah limbah tinja manusia. Penanganan limbah tinja dapat dilakukan dengan beberapa metode. Metode cubluk yang berupa lubang penampungan yang berdinding bagian atasnya tidak kedap air dan dilengkapi dengan tutup. Metode tangki septik konvensional yang berupa bak kedap air yang dilengkapi dengan pipa ventilasi dan lubang kontrol. Di atas tangki septik diberi lubang pemeriksaan yang berfungsi sebagai penyedot tinja. Metode tangki septik biofilter (*up flow filter*) yang berupa bak pengendap dengan ruangan berisi media filter (batu apung, batu pecah, ijuk, dan kerikil), dan ruang resapan (kerikil, pasir, dan ijuk). Limbah tinja dari tangki dialirkan

ke media filter dan menuju ke ruang resapan. Pada media filter terdapat mikroorganisme (bakteri anaerob) yang berfungsi menguraikan limbah organik tersebut. Metode lainnya adalah dengan pembuatan instalasi pengolahan limbah cair domestik (IPLCD) yang biasanya dibangun untuk perkantoran, rumah sakit, restoran, dan hotel.

2. *Penanganan limbah cair industri*

- Penanganan sistem setempat, yaitu industri membuat instalasi sendiri. Limbah yang dihasilkan diupayakan sedikit mungkin dan dapat dimanfaatkan kembali.
- Penanganan sistem terpusat, yaitu sistem yang dikembangkan di kawasan industri yang menghasilkan berbagai jenis limbah yang berbeda.

## **h. Penanganan Limbah Padat**

Limbah padat sering disebut sebagai sampah, yang meliputi sampah organik dan sampah anorganik. Limbah padat dikelompokkan menjadi limbah domestik dan non-domestik. Limbah domestik adalah limbah yang berasal dari rumah tangga, perkantoran, perdagangan, dan rumah sakit. Sedangkan limbah non-domestik berasal dari kegiatan pertanian, perkebunan, dan industri.

1. *Meminimalkan limbah padat*

- *Reuse* yaitu memanfaatkan kembali barang bekas tanpa memprosesnya terlebih dahulu
- *Replacement* yaitu mengganti sesuatu dengan yang lebih hemat dan lebih aman.
- *Refusal* yaitu menolak bahan yang membahayakan keseimbangan lingkungan.
- *Repair* yaitu memperbaiki yang kurang sesuai.
- *Reconstruct* yaitu menyusun ulang struktur yang tidak sesuai.
- *Redurability* yaitu memperpanjang umur suatu benda.
- *Reduce* yaitu mengurangi bahan yang bisa menjadi limbah.
- *Recycle* yaitu mendaur ulang limbah.
- *Recovery* yaitu memperoleh kembali komponen-komponen yang bermanfaat melalui proses kimia, fisika, dan biologi)

2. *Penanganan limbah padat (sampah)*
  - Penimbunan tanah (*landfill*)
  - Penimbunan limbah padat dengan tanah secara berlapis (*sanitari landfill*)
  - Pembakaran (*incineration*)
  - Penghancuran (*pulverization*)
  - Pengomposan (*composting*)
  - Pemanfaatan sebagai makanan ternak (*hog feeding*)

### **c. Penanganan Limbah Gas**

Limbah gas dapat berupa gas, embun, uap, kabut, awan, debu, asap, dan haze (partikel yang tersuspensi dalam tetesan air). Pada umumnya limbah gas berasal dari kendaraan bermotor dan industri. Penanganan limbah gas dapat dilakukan dengan menambahkan alat bantu berikut;

1. Filter udara, berupa filter yang dipasang pada cerobong untuk menyaring kotoran.
2. Pengendap siklon (*cyclone separator*), yaitu pengendap debu yang terdapat dalam gas buangan di ruang pabrik yang berdebu.
3. Filter basah (*scrubbers* atau *wet collector*), yaitu filter yang berfungsi membersihkan udara kotor dengan cara menyemprotkan air.
4. Pengendap sistem gravitasi, yaitu cara untuk mengendapkan partikel di udara yang ukurannya relatif besar.
5. Pengendap elektrostatis, membersihkan udara kotor dalam volume besar dengan menggunakan aerosol atau uap air.

## **H. DAUR ULANG LIMBAH ORGANIK**

Daur ulang limbah merupakan proses mengubah limbah yang dianggap tidak bermanfaat menjadi sebuah produk yang memiliki nilai manfaat, sehingga permasalahan limbah akan teratasi.



### **a. Pemanfaatan Limbah dengan Teknologi EM-4**

Salah satu usaha untuk mengatasi pencemaran oleh limbah organik yang tidak terurai dapat dilakukan dengan memfermentasikan sampah organik sehingga menjadi pupuk organik dengan teknologi EM-4 (*effective microorganisms-4*). EM-4 adalah suatu kultur campuran berbagai mikroorganisme bermanfaat, mengandung bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, Actinomycetes, dan fungi fermentasi. Bakteri dan fungi tersebut berfungsi sebagai alat pengendali biologis dalam mengendalikan hama dan penyakit, dan juga berperan dalam dekomposisi bahan organik. Sehingga, hama dan penyakit dikendalikan secara alami melalui peningkatan kegiatan antarmikroorganisme.

### **h. Pengolahan ampas tahu menjadi kecap**

Ampas tahu yang terbuang sebagai limbah dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk baru, misalnya untuk membuat kecap. Ampas tahu sebagai bahan buangan pabrik tahu, sangat mudah rusak dan menyebarkan aroma yang tidak sedap, sehingga menimbulkan persoalan bagi lingkungan di sekitar pabrik.

### **c. Pemhuatan gelatin dan tepung dari tulang**

Umumnya, tulang-tulang terbuang sebagai limbah. Ternyata, tulang dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk gelatin. Gelatin adalah zat yang diperoleh dari tulang hewan vertebrata. Dalam bidang mikrobiologi, gelatin merupakan media yang sangat baik untuk membiakkan bakteri, selain sebagai penutup pada kaca sediaan mikroskop. Dalam bidang farmasi, gelatin merupakan bahan dasar pembuatan salep, kapsul, pasta, dan pelapis pil.

### **d. Pemhuatan ekstrak pektin**

Kulit jeruk besar (*Citrus maxima*) akan dibuang setelah dimakan buahnya. Kulit jeruk tersebut sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan zat pektin. Zat pektin merupakan zat yang mudah larut di dalam air. Jika dipanaskan dengan penambahan gula dan asam, akan diperoleh gel atau jelly atau selai.

### e. Pembuatan nata de coco

Air kelapa yang berasal dari kelapa tua yang hanya terbuang sebagai limbah, sebenarnya dapat dimanfaatkan agar dapat bernilai komersial, seperti sari kelapa atau *nata de coco*. Pembuatan *nata de coco* dilakukan dengan menginokulasikan bakteri *Acetobacter xylinum* pada substrat yang mengandung gula (misalnya air kelapa), kemudian difermentasikan hingga komponen gula pada medium menjadi substansi yang menyerupai gel di permukaan medium.

### CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Berikut ini yang bukan merupakan komponen abiotik adalah ....
- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| A. air            | D. mikroorganisme |
| B. topografi      | E. udara          |
| C. sinar matahari |                   |

**Jawaban: D**

Komponen abiotik merupakan komponen fisik dan kimiawi yang ada pada suatu ekosistem sebagai medium atau lingkungan tempat berlangsungnya kehidupan. Komponen abiotik meliputi udara, air, tanah, garam mineral, sinar matahari, suhu, kelembapan, dan derajat keasaman.

2. Organisme yang berperan sebagai detritivor dalam suatu ekosistem adalah ....
- |           |             |
|-----------|-------------|
| A. padi   | D. bakteri  |
| B. cacing | E. ganggang |
| C. fungi  |             |

**Jawaban: B**

Detritivor adalah pengurai hidup dengan cara memakan serpihan tumbuhan atau hewan yang sudah mati, misalnya cacing tanah, rayap dan kaki seribu.

3. Berikut ini yang merupakan interaksi antarpopulasi predasi adalah ....
- A. cicak dan nyamuk
  - B. nyamuk dan manusia
  - C. nyamuk dan lalat
  - D. kecoa dan tikus
  - E. kucing dan anjing

**Jawaban: A**

Predasi adalah interaksi makan memakan antarorganisme. Terdapat dua komponen dalam predasi, yaitu pemangsa (*predator*) dan mangsa (*prey*). Dalam ekosistem predator akan memakan mangsa untuk kelangsungan hidupnya. Contoh predasi adalah harimau dengan rusa, dan cicak dengan nyamuk.

4. Jumlah energi terkecil dalam piramida energi berada pada tingkat ....
- A. produsen
  - B. konsumen I
  - C. konsumen II
  - D. konsumen III
  - E. konsumen IV

**Jawaban: E**

Piramida energi yaitu piramida yang menggambarkan terjadinya penurunan energi pada tiap tingkatan trofik. Jumlah total energi pada setiap tingkatan trofik semakin ke arah puncak maka jumlah energi semakin kecil. Semakin tinggi tingkat trofik (konsumen tingkat tertinggi) maka jumlah total energinya semakin kecil.

5. Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* bermanfaat untuk kesuburan tanah karena ....
- A. mengikat nitrogen bebas di udara
  - B. mengubah ammonia menjadi nitrit
  - C. mengubah nitrit menjadi nitrat
  - D. mengubah nitrat menjadi nitrit
  - E. membebaskan ion nitrat ke udara

**Jawaban: B**

Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati dan oleh bakteri. Amonia ini dapat dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* menjadi  $\text{NO}_2^-$  (nitrit). Selanjutnya

oleh bakteri denitrifikasi, yaitu *Pseudomonas denitrifikans*, nitrat diubah kembali menjadi ammonia dan ammonia diubah kembali menjadi nitrogen

6. Suatu tipe interaksi, yang mana dari interaksi tersebut kedua spesies memperoleh keuntungan dinamakan ....
- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| A. mutualisme  | D. komensalisme |
| B. kompetisi   | E. predasi      |
| C. parasitisme |                 |

**Jawaban: A**

Mutualisme, yaitu interaksi antar dua atau lebih spesies yang menguntungkan kedua belah pihak dan interaksi ini merupakan suatu keharusan. Contohnya adalah pada *lichen* yang merupakan mutualisme antara jamur dengan Cyanobacteria.

7. Peranan dekomposer bagi kesuburan tanah ialah ....
- A. mengikat  $n_2$  dari tanah dan udara
  - B. mengurai zat organik menjadi anorganik
  - C. mengikat  $n_2$  dan merubahnya menjadi n dalam senyawa anorganik
  - D. mengikat  $n_2$  menjadi zat anorganik
  - E. mengurai zat organik menjadi n dalam senyawa anorganik

**Jawaban: B**

Dekomposer adalah mikroorganisme yang menguraikan zat organik sisa tumbuhan atau hewan (detritus) menjadi zat yang lebih sederhana (anorganik). Contoh dekomposer adalah jamur dan bakteri.

8. Pembasmian burung burung pengganggu pertanian ternyata menimbulkan masalah baru bagi petani karena ....
- A. hilangnya kicau burung yang merdu
  - B. berkurang pupuk dari kotoran burung
  - C. populasi ulat pengganggu meningkat
  - D. sumber protein hewani berkurang
  - E. produksi menurun karena penyerbukan kurang

**Jawaban: C**

Rantai makanan yang terjadi adalah:

Padi → ulat → burung → ular

Apabila populasi burung hilang, maka mengakibatkan peningkatan populasi ulat, sehingga menurunkan hasil panen.

9. Dalam suatu ekosistem kolam terdapat:

- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| 1. Hewan karnivora  | 4. Zat organik |
| 2. Bakteri pengurai | 5. Herbivora   |
| 3. Plankton         |                |

Dari komponen ekosistem tersebut, dapat disusun suatu mata rantai makanan yang susunannya sebagai berikut ....

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| A. 4 – 2 – 3 – 5 – 1 | D. 4 – 3 – 5 – 1 – 2 |
| B. 5 – 3 – 1 – 2 – 4 | E. 4 – 5 – 1 – 2 – 3 |
| C. 5 – 2 – 1 – 4 – 3 |                      |

**Jawaban: D**

Rantai makanan yang dapat disusun adalah sebagai berikut

Zat organik → plankton → herbivor → karnivor → pengurai  
(produsen) (Konsumen 1) (Konsumen2)

10. Dari suatu ekosistem kolam, terdapat sejenis Alga yang berwarna biru, menempel pada batu, bersel satu, klorofilnya tersebar. Berdasarkan ciri cirinya, Alga tersebut berperan sebagai ....

- |                |                                |
|----------------|--------------------------------|
| A. konsumen I  | D. tumbuhan perintis           |
| B. konsumen II | E. perlindungan organisme lain |
| C. produsen    |                                |

**Jawaban: C**

Alga merupakan tumbuhan tingkat rendah yang dapat melakukan fotosintesis, sehingga dapat membuat makanan sendiri (autotrof). Organisme autotrof dalam ekosistem menempati sebagai produsen.

# LATIHAN SOAL 9

1. Di bawah ini yang termasuk faktor-faktor abiotik adalah ....
  - A. air, cuaca, bakteri, tanah, dan udara
  - B. iklim, air, tanah, jamur, dan sinar matahari
  - C. bakteri, air, tanah, iklim, dan cuaca
  - D. air, tanah, iklim, udara, dan sinar matahari
  - E. tanah, air, bakteri, jamur, dan udara
2. Dalam rantai makanan, tumbuhan hijau merupakan ....
  - A. konsumen
  - B. produsen
  - C. produsen dan konsumen
  - D. pengurai
  - E. parasit
3. Makhluk hidup yang berperan sebagai konsumen tingkat pertama adalah .....
  - A. elang, tikus, ular, dan kelinci
  - B. kelinci, ular, harimau, dan elang
  - C. kijang, kelinci, elang, dan ular
  - D. kijang, kelinci, tikus, dan ulat daun
  - E. tikus, harimau, kijang, dan kelinci
4. Dalam suatu ekosistem kolam terdapat beberapa komponen, yaitu:
  1. ikan karnivor
  2. bakteri pengurai
  3. fitoplankton
  4. ikan herbivor
  5. zat organik

Dari beberapa komponen tersebut dapat disusun suatu rantai makanan dengan urutan ....

- A. 3, 4, 1, 5, 2
- B. 3, 4, 5, 1, 2
- C. 5, 3, 2, 1, 4
- D. 2, 5, 3, 4, 1
- E. 5, 3, 4, 1, 2

5. Hubungan komensalisme terjadi pada interaksi antara ....
- A. cacing dan ulat daun
  - B. cacing *Ascaris lumbricoides* dan manusia
  - C. ikan remora dan ikan hiu
  - D. bakteri nitrogen dan tumbuhan legume
  - E. bunga dan kupu-kupu
6. Penghilangan konsumen I pada suatu ekosistem danau akan menyebabkan ....
- A. konsumen II berubah fungsi menjadi konsumen I
  - B. jumlah populasi produsen akan meledak
  - C. konsumen II akan merangkap menjadi herbivor
  - D. jumlah dekomposer semakin banyak
  - E. konsumen I darat akan menjadi konsumen I danau
7. Dalam suatu ekosistem, energi mengalami perpindahan secara berturut-turut dari ....
- A. matahari--tumbuhan hijau--konsumen I--konsumen II
  - B. tumbuhan hijau -- matahari --konsumen I--konsumen II
  - C. tumbuhan hijau--konsumen I--konsumen II --matahari
  - D. matahari --konsumen I--konsumen II--tumbuhan hijau
  - E. matahari --konsumen I--konsumen II-- konsumen III
8. Dalam siklus nitrogen terjadi beberapa peristiwa antara lain ....
- A. senyawa nitrogen dilepaskan oleh akar tumbuhan
  - B. organisme air mengambil nitrogen
  - C. pengurai melepaskan nitrogen ke tanah
  - D. bakteri denitrifikasi melepas  $\text{NH}_4$  ke air
  - E. bakteri nitrogen mengikat nitrogen

9. Makhluk hidup yang berinteraksi dengan lingkungan abiotik pada suatu habitat tertentu disebut ....
- A. bioma
  - B. biosfer
  - C. populasi
  - D. komunitas
  - E. ekosistem
10. Interaksi berbagai organisme berikut ini menunjukkan hubungan mutualisme adalah ....
- A. bakteri nitrogen dan tanaman polong
  - B. harimau dan rusa
  - C. rumput dengan padi
  - D. benalu dan pohon mangga
  - E. wereng dengan daun
11. Pernyataan yang tepat tentang siklus karbon adalah ....
- A. karbondioksida diserap oleh semua makhluk hidup saat respirasi
  - B. karbondioksida dilepaskan pada proses respirasi
  - C. fotosintesis oleh tumbuhan menghasilkan karbondioksida
  - D. proses pembakaran memerlukan karbondioksida
  - E. pernafasan hewan memerlukan karbondioksida
12. Di dalam suatu ekosistem, jamur, bakteri, dan mikroba lainnya, berperan sebagai ....
- A. produsen
  - B. konsumen
  - C. predator
  - D. dekomposer
  - E. detritivor
13. Tumbuhan yang dalam ekosistem fungsinya bukan sebagai produsen adalah ....
- A. lumut
  - B. alga
  - C. jamur
  - D. rumput
  - E. paku-pakuan



14. Dalam suatu ekosistem, herbivor berperan sebagai ....
- A. konsumen tingkat pertama
  - B. konsumen tingkat kedua
  - C. konsumen tingkat ketiga
  - D. konsumen tingkat keempat
  - E. konsumen tingkat tinggi
15. Berikut ini yang tergolong organisme heterotrof adalah ....
- A. ganggang, jamur, mikroorganisme
  - B. bakteri, jamur, hewan
  - C. tumbuhan, hewan, manusia
  - D. jamur, lichen, ganggang biru
  - E. lumut, tumbuhan apku, lichen
16. Gas yang menyebabkan efek rumah kaca terdapat di lapisan terendah atmosfer, yaitu ....
- A. troposfer
  - B. stratosfer
  - C. mesosfer
  - D. termosfer
  - E. ionosfer
17. Zat-zat berikut yang dapat mengakibatkan pencemaran udara adalah ....
- A.  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$
  - B. Halogen,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$
  - C.  $\text{O}_3$ ,  $\text{CH}_4$ , CFC
  - D.  $\text{HCl}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{N}_2$
  - E.  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , partikel
18. Salah satu upaya dalam pengendalian hama yang tidak menimbulkan pencemaran lingkungan adalah ....
- A. penggunaan pestisida
  - B. pengendalian dengan herbisida
  - C. pengendalian secara biologis
  - D. penyemprotan dengan insektisida
  - E. penggunaan bahan kimia tertentu
19. Pada air sungai yang telah tercemar akan terlihat beberapa tanda, antara lain ....
- A. airnya jernih dan tidak berwarna
  - B. terdapat berbagai jenis fauna perairan
  - C. ditumbuhi eceng gondok yang subur

- D. airnya tidak berbau busuk
  - E. memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi
20. Berikut adalah dampak negatif akibat manusia membuang limbah padat sembarangan, *kecuali* ....
- A. mengurangi keindahan lingkungan
  - B. dapat menurunkan kualitas tanah
  - C. berkembangnya berbagai jenis penyakit
  - D. Kesuburan tanah meningkat
  - E. terjadinya banjir
21. Perubahan lingkungan dapat terjadi karena perbuatan manusia, manusia membabat hutan bakau untuk tambak ikan. Sebagai akibat pembabatan hutan bakau adalah ....
- A. populasi ikan besar meningkat karena arealnya lebih luas
  - B. populasi ikan besar menurun, karena kehilangan tempat berteduh
  - C. populasi udang besar meningkat, karena lebih leluasa mencari tempat tinggal
  - D. populasi udang kecil menurun, karena tidak bisa mencari makanan yang menempel pada akar bakau
  - E. penduduk setempat secara mendadak terserang wabah muntaber
22. Gas CFC masuk ke stratosfer dan merusak lapisan ozon yang berfungsi sebagai penyaring radiasi ultraviolet dari cahaya matahari. Jika intensitas radiasi ultraviolet bertambah maka dapat menyebabkan ....
- A. kanker kulit
  - B. penyakit pernapasan
  - C. logam mudah berkarat
  - D. kerusakan hemoglobin
  - E. kenaikan suhu
23. Efek rumah kaca merupakan masalah lingkungan yang berbahaya karena dapat menaikkan ....
- A. kadar CO<sub>2</sub> atmosfer
  - B. kadar bahan pencemaran
  - C. Kadar partikel udara
  - D. suhu permukaan bumi
  - E. kelembapan udara

24. Aktivitas manusia ygng dapat menimbulkan gangguan keseimbangan lingkungan adalah ....
- A. ladang berpindah dan pertanian monokultur
  - B. pertanian organik dan hidroponik
  - C. kultur jaringan dan radiasi induksi
  - D. rotasi tanaman dan pembakaran hutan
  - E. menjaring ikan dengan sistem pukat harimau
25. Dalam ekosistem air tawar terjadi pencemaran DDT, maka urutan kandungan DDT dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah ....
- A. fitoplankton zooplankton ikan kecil ikan besar
  - B. zooplankton fitoplankton ikan kecil - ikan besar
  - C. ikan kecil fitoplankton zooplankton ikan, besar
  - D. ikan kecil ikan besar – zooplankton - fitoplankton
  - E. ikan besar – ikan kecil – zooplankton - fitoplankton
26. Permukaan danau yang tertutup oleh eceng gondok akan menyebabkan biota yang dibawahnya tidak dapat hidup karena ....
- A. penetrasi cahaya matahari ke dalam air kurang
  - B. kandungan  $\text{CO}_2$  di dalam air berkurang
  - C. kandungan  $\text{O}_2$  dalam air banyak
  - D. kandungan  $\text{CO}_2$  di dalam air sedikit
  - E. kandungan  $\text{O}_2$  dalam air berkurang
27. Berikut ini adalah perubahan lingkungan akibat campur tangan manusia, *kecuali* ....
- A. menangkap ikan dengan pukat harimau
  - B. penebangan pohon secara liar
  - C. kemarau panjang yang mengakibatkan kebakaran
  - D. pengeringan rawa rawa untuk lahan pertanian
  - E. mendirikan industri

28. Penebangan hutan yang tidak terencana dengan tepat menyebabkan makhluk hidup menderita sebab ....
- A. kayu untuk bahan bangunan akan berkurang
  - B. makhluk hidup sangat tergantung kepada hutan
  - C. saat hujan turun, air tak dapat menahan lapisan tanah
  - D. sumber devisa bagi negara akan berkurang
  - E. semua hewan dan tumbuhan langka akan musnah
29. Pembuangan sampah organik kedalam badan air yang seperti sungai atau danau dapat mengakibatkan pertumbuhan alga tak terkendali (*blooming algae*). Hal tersebut disebabkan penumpukan mineral yang disebut ....
- A. nitrifikasi
  - B. desimilasi
  - C. mineralisasi
  - D. eutrofikasi
  - E. amonifikasi
30. Penggunaan DDT yang berlebihan dapat menyebabkan pencemaran air atau tanah. Berikut ini merupakan sifat DDT dalam pencemaran, *kecuali* ....
- A. sukar diuraikan
  - B. larut dalam lemak
  - C. dapat merusak jaringan tubuh
  - D. tidak dapat masuk pada plankton
  - E. dapat pindah ke dalam tubuh organisme lain





# STRUKTUR DAN FUNGSI SEL

# 10

Setiap organisme tersusun atas sel. Sesuatu dikatakan hidup apabila tersusun dari minimal satu sel. Karena pada sel, kita bisa melihat suatu fungsi atau kegiatan sebagai makhluk hidup, misalnya fungsi gerak, respirasi, reproduksi, dan sebagainya. Oleh karena itu, sel adalah unit struktural terkecil dan fungsional dari makhluk hidup.

Sel pertama kali ditemukan oleh Robert Hooke (1665) yang mengamati sayatan gabus menggunakan mikroskop. Hooke mengamati adanya ruang-ruang kosong yang menyusun gabus. Ruang kosong ini kemudian dinamakan sel (asal kata selula: kamar). Brown (1831) mengemukakan bahwa sel merupakan suatu ruangan kecil yang dibatasi membran dan berisi cairan sel (protoplasma). Tahun 1838, Mathias J. Schleiden dan Theodor Schwann menyatakan teori sel, yaitu setiap organisme tersusun atas satu atau lebih sel dan sel berasal dari sel-sel sebelumnya.

## A. SEL PROKARIOTIK DAN EUKARIOTIK

Berdasarkan keberadaan membran nukleus, sel bisa dibedakan menjadi prokariotik dan eukariotik. Perhatikan Tabel 10.1!

Tabel 10.1 Perbedaan Sel Prokariotik dengan Eukariotik

Karakteristik	Prokariotik	Eukariotik
Ukuran sel	0,2-2,0 $\mu\text{m}$	10-100 $\mu\text{m}$
Inti sel	Tidak ada membran inti, membentuk nukleid. Tidak ada anak inti sel (nukleolus).	Ada membran inti. Ada anak inti sel (nukleolus).
Organel bermembran ganda	Tidak ada.	Ada (lisosom, badan Golgi, retikulum endoplasma, mitokondria, dan kloroplas).
Flagela	Disusun dari dua protein penyusun.	Dibentuk dari berbagai mikrotubulus.
Dinding sel	Biasanya ada. Tipe dinding sel bakteri, biasanya tersusun dari peptidoglikan.	Ada di beberapa sel, misalnya sel tumbuhan (tersusun dari selulosa).
Membran plasma	Tidak ada karbohidrat dan biasanya sedikit steroid.	Ada karbohidrat dan steroid.
Sitoplasma	Tidak ada sitoskeleton.	Ada sitoskeleton.
Ribosom	Ukuran kecil (70S).	Ukuran kecil (70S) dan besar (80S).
Pembelahan sel	Pembelahan biner.	Mitosis atau meiosis.
Kelompok Organisme	Monera	Animalia, Plantae, Fungi, dan Protista

## B. STRUKTUR SEL

Sel dapat dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu membran sel, sitoplasma, dan inti sel.

### a. Membran Sel

Pada sel hewan, membran sel adalah selubung terluar sitoplasma, sedangkan pada sel tumbuhan, membran sel adalah selubung sitoplasma yang terletak di dalam dinding sel. Dinding sel adalah lapisan terluar sel pada sel tumbuhan. Dinding sel memberikan bentuk kaku pada sel tumbuhan yang berguna sebagai pelindung sel terhadap tekanan mekanik.

Membran sel atau membran plasma merupakan lapisan fosfolipid ganda (phospholipid bilayer) yang bersifat cair dan fluida. Fungsi membran sel, yaitu:

- ~ Memberikan bentuk pada sel hewan.
- ~ Memisahkan sel dan melindungi sel dari lingkungan luar. Serta mempertahankan isi sel.
- ~ Bersifat selektif permeabel, yaitu tidak bisadimasuki sembarang ion ataupun molekul sehingga mengendalikan pergerakan ion atau molekul yang keluar-masuk sel.
- ~ Berperan dalam transpor zat-zat yang mau masuk atau keluar sel.
- ~ Sebagai reseptor atau penerima rangsang dari luar baik rangsang kimiawi (misalnya, hormon) ataupun mekanik (misalnya, tekanan atau sentuhan).

Membran sel tersusun atas molekul-molekul lipid, protein, dan karbohidrat. Molekul lipid membentuk senyawa dengan fosfat menjadi fosfolipid. Fosfolipid adalah komponen utama penyusun membran sel. Ekor lipid pada fosfolipid bersifat hidrofobik, sedangkan kepala fosfat bersifat hidrofilik. Oleh karenanya, ketika membentuk lapisan fosfolipid ganda, sisi kepala fosfolipid menghadap ke luar (ke plasma ataupun lingkungan luar), sedangkan sisi ekornya berada di dalam.

Protein pada membran sel dapat dibedakan menjadi:

- ~ Protein integral, yaitu protein yang menyisip di dalam lapisan fosfolipid ganda. Protein integral berguna sebagai saluran keluar-masuknya zat-zat tertentu ke dalam atau dari sel.



- ~ Protein perifer, yaitu protein yang menempel di permukaan fosfolipid. Sifatnya mudah terpisah dan hanya menempel untuk jangka waktu tertentu. Fugsi protein perifer antara lain berperan dalam metabolisme komponen membran, misalnya, lipid dan oligosakarida dinding sel, berperan dalam rantai transpor elektron, dan transpor molekul hidrofobik berukuran kecil.

Karbohidrat melekat pada kepala fosfolipid membentuk kompleks glikolipid atau para protein membentuk glikoprotein. Glikolipid berfungsi sebagai sinyal pengenalan untuk interaksi antarsel. Glikoprotein dapat mengikat protein dari membran sel tetangga maupun sel lain sehingga terbentuk ikatan antarsel.

## **b. Sitoplasma**

Sitoplasma adalah cairan di dalam membran plasma selain inti sel. Sitoplasma terusun dari sitosol (berbentuk seperti gel/bersifat koloid), sitoskeleton (rangka sel), dan organel-organel. Sitosol adalah bagian cair yang mengisi 70% volume sel dan terbentuk dari komposisi air, garam, dan molekul organik. Sitoskeleton merupakan rangka seluler yang berbentuk mikrofilamen aktif, filamen intermediet, dan mikrotubulus.

- ~ Mikrofilamen adalah filamen terkecil yang menyusun sitoskeleton dan tersusun dari polimer-polimer G-aktin.
- ~ Filamen intermediet berukuran lebih besar dari mikrofilamen dan lebih stabil. Subunit penyusunnya antara lain vimentin, neurofilamen, atau keratin.
- ~ Mikrotubulus berukuran paling besar dan tersusun dari polimer tubulin alfa dan beta.

Fungsi sitoskeleton antara lain:

- ~ Memberi dan menjaga bentuk sel.
- ~ Mengatur pergerakan sel ataupun gerakan di dalam sel (transpor intrasel).
- ~ Membentuk benang-benang spindle pada pembelahan mitosis.

### c. Inti Sel (Nukleus)

Intisel hanya dimiliki oleh sel eukariot. Intisel merupakan bagian paling mencolok di sel dan dibatasi membran inti. Di dalam inti sel terdapat anak inti sel (nukleolus) yang merupakan tempat pembentukan dan pematangan RNA ribosomal. Fungsi inti sel, yaitu mengendalikan proses metabolisme sel, menyimpan informasi genetik (DNA), mengatur proses ekspresi gen, dan tempat terjadinya replikasi DNA dan transkripsi.

## C. ORGANEL-ORGANEL SEL

Organel-organel sel, yaitu:

### a. Inti Sel (Nukleus)

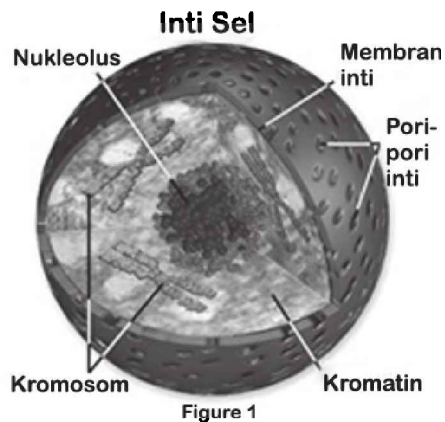


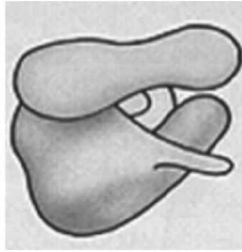
Figure 1

Gambar 10.1. Inti sel

<http://micro.magnet.fsu.edu/cells/plants/images/cellnucleus.jpg>

Inti sel diselubungi oleh selaput inti bermembran ganda dan berpori. Pori pada inti berguna sebagai masuknya molekul berukuran besar. Inti memiliki anak inti sel (nukleolus) yang memproduksi DNA dan ribosom. Pada inti sel terdapat DNA dalam bentuk kromosom ataupun kromatin. Oleh karenanya, inti sel bermanfaat sebagai pembawa materi genetik, tempat terjadinya replikasi DNA dan transkripsi RNA, dan pengatur kerja sel.

## b. Ribosom

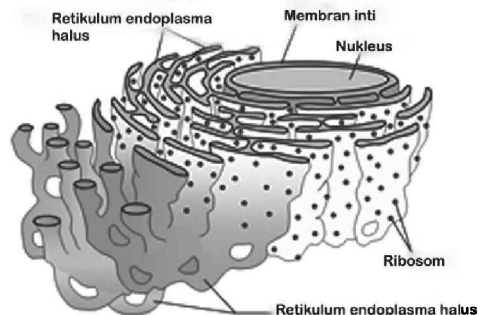


Gambar 10.2. Ribosom

[http://2.bp.blogspot.com/\\_DFg9PJ80\\_Cg/TN0\\_p7aHz7I/AAAAAAAAADE/oLidHvUZYKE/s1600/Rybosome.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_DFg9PJ80_Cg/TN0_p7aHz7I/AAAAAAAAADE/oLidHvUZYKE/s1600/Rybosome.jpg)

Ribosom berbentuk bulat kecil dan tersusun dari RNA dan protein. Ribosom membentuk dua subunit yang tidak bermembran. Ada ribosom yang terletak bebas di sel, ada juga yang berikatan dengan RE. Fungsi ribosom adalah translasi mRNA menjadi protein (sintesis protein).

## c. Retikulum Endoplasma

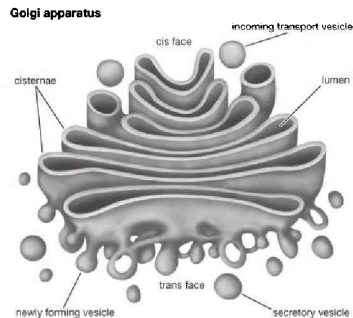


Gambar 10.3 Retikulum endoplasma

[http://cronodon.com/files/Cell\\_ER\\_labeled.jpg](http://cronodon.com/files/Cell_ER_labeled.jpg)

Retikulum Endoplasma terbuat dari kantung-kantung pipih dengan membran tunggal yang disebut sisterna. RE terhubung dengan selaput inti sel dan berperan dalam transpor zat. RE dibedakan menjadi RE kasar dan RE halus. RE kasar berikatan dengan ribosom dan berperan sebagai transpor protein yang disintesis di ribosom. RE halus berperan dalam sintesis lipid, misalnya fosfolipid, steroid, dan hormon.

#### d. Badan Golgi

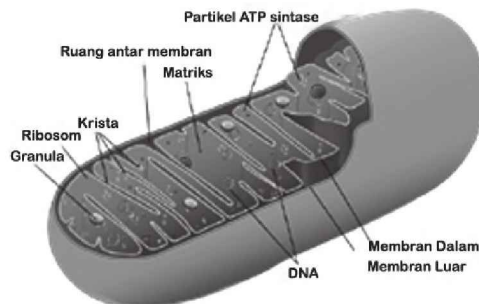


Gambar 10.4. Badan golgi

<http://media-2.web.britannica.com/eb-media/52/116252-004-9615DB80.jpg>

Badan Golgi berbentuk tumpukan kantung-kantung pipih yang bermembran tunggal. Badan Golgi memiliki reseptor protein dari RE kasar. Protein yang diterima pada bagian cis pada Golgi kemudian akan dimodifikasi sebelum dilepaskan melalui bagian trans pada Golgi. Protein ini kemudian dikirimkan ke seluruh bagian sel menggunakan vesikula.

#### e. Mitokondria



Gambar 10.5. Mitokondria

<http://0.tqn.com/d/biology/1/0/W/X/mitochondrion.png>

Mitokondria adalah organel bermembran ganda yang berperan dalam respirasi seluler. Membran bagian dalam mitokondria meleku-leuk membentuk krista. Membran dalam mitokondria memproduksi ATP, yaitu energi seluler, sehingga sering disebut sebagai The Power House. Bagian matriksnya berfungsi dalam oksidasi asam lemak dan katabolisme asetil koenzim. Matriks mitokondria juga mengandung DNA.

## **f. Lisosom**

Lisosom adalah kantung bulat membran tunggal yang mengandung enzim hidrolase yang berguna untuk mencerna zat. Fungsi lisosom antara lain mencerna molekul makanan berukuran besar dan mencerna bagian sel yang sudah tua.

## **g. Peroksisom**

Peroksisom berbentuk kantung bulat dengan membran tunggal dan mengandung enzim oksidatif, misalnya, katalase. Peroksisom berperan dalam oksidasi asam lemak, etanol, dan senyawa lainnya.

## **b. Sentrosom**

Sentrosom tersusun atas dua sentriol yang dibentuk dari protein mikrotubulus. Sentriol berperan dalam membentuk benang-benang spindel saat pembelahan sel. Benang-benang spindel berperan mengatur pergerakan dan pemisahan kromosom saat pembelahan sel.

## **i. Membran Plasma**

Membran plasma terbentuk atas dua lapis fosfolipid dengan protein dan rantai karbohidrat. Membran plasma berperan sebagai pendukung bentuk sel, pelindung, pengatur pergerakan zat keluar atau masuk sel dan menjaga homeostatis sel.

## **j. Binding Sel**

Dinding sel merupakan pelapis terluar setelah membran sel pada beberapa bakteri, sel tumbuhan, dan jamur. Dinding sel berbentuk kaku dan keras. Pada tumbuhan, komposisi utama dinding sel adalah selulosa, pada bakteri berupa peptidoglikan, sedangkan pada jamur berupa zat kitin. Fungsi dinding sel, yaitu menjaga bentuk sel, melindungi sel, dan difusi berbagai molekul keluar atau masuk sel.

## **k. Plastida**

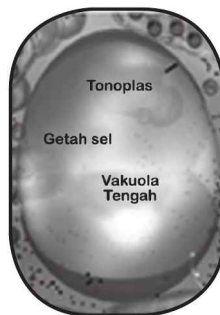
Plastida umumnya ditemukan di sel tumbuhan dan ganggang dan berperan sebagai pembuat dan penyimpan berbagai senyawa kimia yang dibutuhkan sel. Plastida juga mengandung pigmen yang dibutuhkan

tumbuhan, misalnya, untuk fotosintesis. Keberadaan pigmen inilah yang membuat tumbuhan tampak berwarna-warni. Plastida umumnya dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu kromoplas yang mengandung berbagai pigmen dan leukoplas yang tidak mengandung pigmen.

Kromoplas bisa dibagi lagi menjadi kloroplas (pigmen klorofil, warna hijau), faeoplas (pigmen fukosantin, warna coklat gelap), dan rodoplas (pigmen fikoeritrin, warna merah). Kloroplas adalah organel yang berperan dalam fotosintesis. Kloroplas berbentuk oval dan diselubungi oleh membran ganda. Bagian dalam kloroplas terdapat membran tilakoid yang berbentuk seperti kantung pipih. Tilakoid membentuk struktur bertumpuk yang disebut grana (tunggal: granum). Di bagian dalam kloroplas terdapat matriks, yaitu stroma. Kloroplas berperan dalam fotosintesis.

Leukoplas bisa dibedakan menjadi amiloplas yang menyimpan zat pati, elaioplas yang menyimpan lemak, dan proteinoplas yang menyimpan protein.

## I. Vakuola



Gambar 10.6. Vakuola

<http://micro.magnet.fsu.edu/cells/plants/images/plantvacuolesfigure1.jpg>

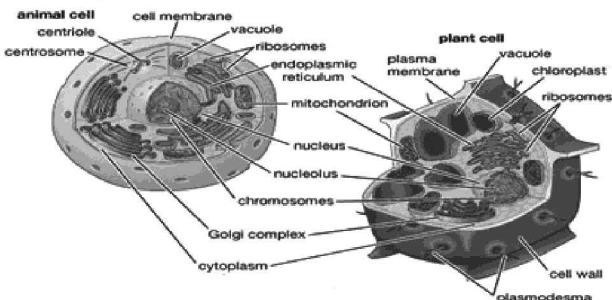
Vakuola merupakan kantung bermembran tunggal dan berisi cairan. Pada tumbuhan, vakuola berukuran besar dan terlihat mencolok. Fungsi vakuola pada tumbuhan adalah menyimpan air, makanan, sisa metabolisme, dan racun. Vakuola memiliki membran (tonoplas) yang berperan dalam menjaga tekanan air (tekanan turgor) di dalam sel.

## m. Vesikula

Vesikula adalah kantung bermembran tunggal yang berguna sebagai penyimpan atau transpor zat di sel.

## D. PERBEDAAN SEL TUMBUHAN DENGAN HEWAN

Sel hewan maupun tumbuhan sama-sama termasuk sel eukariotik. Namun keduanya memiliki perbedaan. Perhatikan Tabel 10.2 berikut ini!

Karakter	Sel Hewan	Sel Tumbuhan
 <p>Gambar 10.7 Perbedaan sel tumbuhan dengan hewan</p> <p><a href="http://anjungsainsmks.files.wordpress.com/2012/01/animalplantcells22.jpg">http://anjungsainsmks.files.wordpress.com/2012/01/animalplantcells22.jpg</a></p>		
Bentuk sel	Tidak tetap.	Tetap.
Dinding sel	Tidak ada.	Ada.
Plastida.	Tidak ada.	Ada.
Vakuola	Umumnya tidak ada. Bila pun ada berukuran kecil, bersifat sementara.	Ada. Ukuran besar.
Sentrosom	Ada.	Tidak ada.
Lisosom	Ada.	Tidak ada.

## AYO DIINGAT!

Organel yang hanya ada di sel tumbuhan:

**Vas Dari Plastik**

Vakuola-Dinding sel-Plastida

Organel yang hanya ada di sel hewan:

**SeLo**

Sentrosom-Lisosom

Organel yang ada di sel hewan dan tumbuhan:

**NuRi MikiRE Golgi dan Vesi**

Nukleus-Ribosom-Mitokondria-RE-Badan Gogi-Vesikula

## E. TRANSPOR SEL

Berbagai zat keluar ataupun memasuki sel melalui mekanisme transpor sel. Pergerakan zat ini melalui membran sel yang bersifat selektif permeabel. Artinya, mekanisme transpor sel hanya melewatkan zat-zat tertentu sesuai dengan kebutuhan metabolisme sel. Transpor sel dapat berlangsung secara pasif atau aktif.

### a. Transpor Pasif

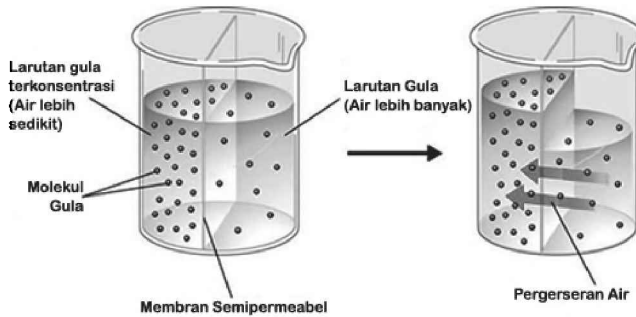
Transpor pasif berarti perpindahan zat melalui membran sel tanpa membutuhkan energi. Perpindahan ini terjadi karena zat bergerak sesuai gradien konsentrasinya, yaitu dari konsentrasi tinggi ke rendah.

Transpor pasif bisa dibedakan menjadi osmosis dan difusi.

#### 1. *Osmosis*

Osmosis adalah perpindahan pelarut melalui membran selektif permeabel dari yang konsentrasi pelarutnya tinggi (hipotonik) ke konsentrasi pelarut rendah (hipertonik). Lihat contoh osmosis di gambar 10.4.

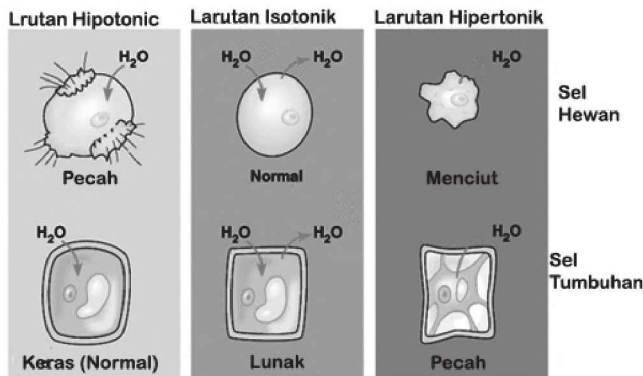




Gambar 10.8 Perpindahan pelarut (air) melewati membran semi permeabel ke konsentrasi pelarut rendah (larutan gula).

Sumber gambar: [http://www.goldiesroom.org/Multimedia/Bio\\_Images/06%20Transport/06%20Osmosis.jpg](http://www.goldiesroom.org/Multimedia/Bio_Images/06%20Transport/06%20Osmosis.jpg)

Mekanisme osmosis dapat memberikan pengaruh yang berbeda pada sel hewan dan sel tumbuhan. Coba lihat gambar 10.5.



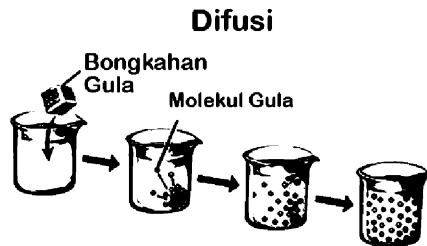
Gambar 10.9 Osmosis dapat memberikan pengaruh berbeda pada sel hewan dan tumbuhan.

Sumber gb: <http://year12biologyatsmc.wikispaces.com/file/view/Image130.gif/128511491/560x343/Image130.gif>

## 2. Difusi

Difusi adalah perpindahan zat terlarut dari yang konsentrasinya tinggi ke konsentrasi rendah. Peristiwa difusi

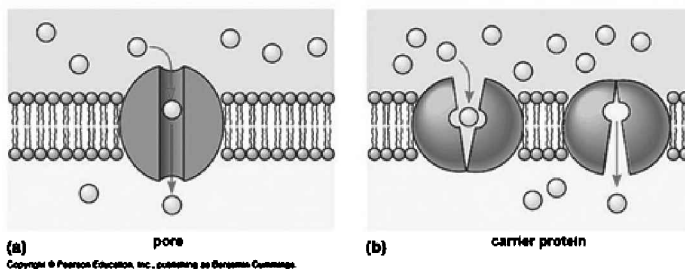
bisa dilihat pada melarutnya gula ketika membuat teh manis. Difusi gula menjadikan keseluruhan air teh terasa manis. Lihat gambar 10.6.



Gambar 10.10 Difusi gula ke dalam segelas air.

Sumber gb: [http://www.mhhe.com/biosci/genbio/enger/student/olc/art\\_quizzes/genbiomedia/0085.jpg](http://www.mhhe.com/biosci/genbio/enger/student/olc/art_quizzes/genbiomedia/0085.jpg)

Molekul dan ion yang berukuran cukup besar dan bersifat polar tidak mudah memasuki sel dengan berdifusi sendiri. Molekul dan ion seperti glukosa, ion  $\text{Na}^+$ , dan ion  $\text{Cl}^-$  memasuki sel melalui proses difusi terfasilitasi karena tidak bisa melewati ekor fosfolipid yang bersifat hidrofobik. Difusi terfasilitasi berlangsung melalui saluran protein dan protein pembawa. Lihat gambar 10.7. Difusi terfasilitasi berlangsung spontan tanpa membutuhkan energi kimia dari hidrolisis ATP. Perpindahan zat terjadi sesuai gradien konsentrasinya.



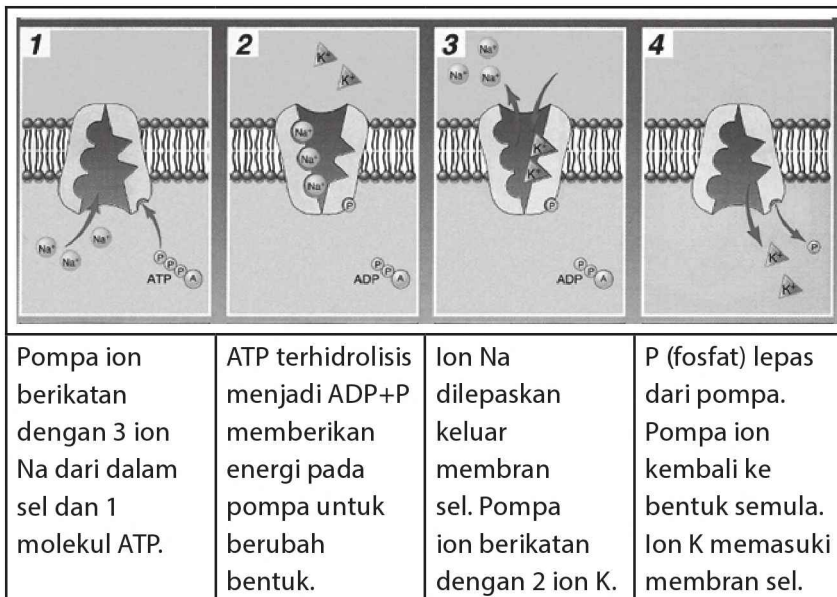
Gambar 10.11 Difusi terfasilitasi melalui (a) saluran protein dan (b) protein pembawa. Sumber gb: <http://4.bp.blogspot.com/-Gs3ZUYg2dz0/TbctFhObjdl/AAAAAAAAABQ/hcypy63OWj4/s1600/facdd.jpg>

## b. Transpor Aktif

Transpor aktif adalah perpindahan zat melawan gradien konsentrasinya (dari konsentrasi rendah ke tinggi) melalui membran sel. Transpor aktif membutuhkan energi kimia. Transpor aktif dapat berlangsung melalui mekanisme pompa ion atau kotranspor.

### 1. Pompa ion

Pompa ion adalah perpindahan ion melalui membran sel yang melawan gradien konsentrasinya. Contoh pompa ion adalah pompa Na-K yang berguna mempertahankan perbedaan konsentrasi Na dan K di dalam dengan di luar sel dan menghasilkan muatan negatif di dalam sel. Lihat gambar 10.8.



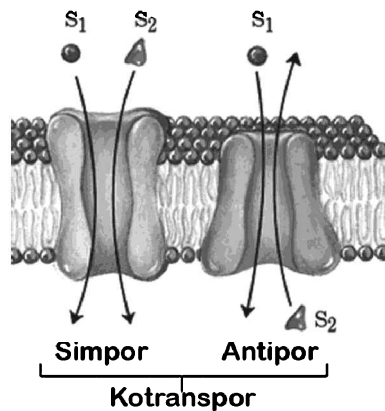
Gambar 10.12 Mekanisme perpindahan ion Na-K pada pompa ion.

Sumber gb: <https://online.science.psu.edu/sites/default/files/biol011/fig-3-7-Sodium-Potassium-Pump.jpg>

### 2. Kotranspor

Kotranspor adalah perpindahan dua zat secara simultan melalui satu protein membran atau satu protein kompleks tanpa energi langsung

dari ATP. Kotranspor terjadi karena adanya satu molekul yang berpindah sesuai gradien konsentrasinya, sehingga molekul lainnya bisa berpindah melawan gradien konsentrasinya. Kotranspor dapat dibedakan menjadi *simport*, yaitu kedua zat berpindah ke arah yang sama (contohnya, Na dengan glukosa), dan *antiport*, yaitu kedua zat berpindah ke arah berlawanan (contoh Na dengan Ca). Lihat gambar 10.9.

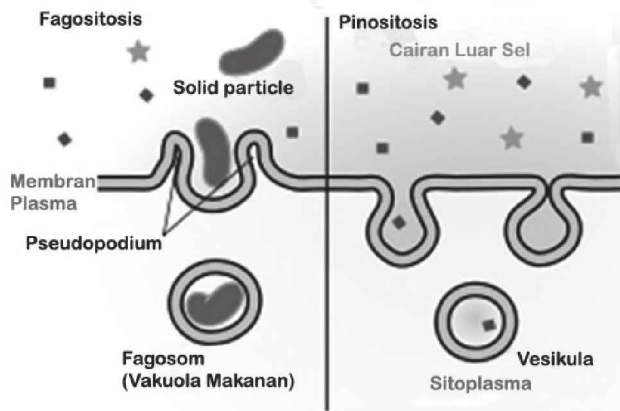


Gambar 10.13 Mekanisme kotranspor.

Sumber gb: [http://buffonescience9.wikispaces.com/file/view/Fig12\\_29UniCotransport.GIF/167788461/Fig12\\_29UniCotransport.GIF](http://buffonescience9.wikispaces.com/file/view/Fig12_29UniCotransport.GIF/167788461/Fig12_29UniCotransport.GIF)

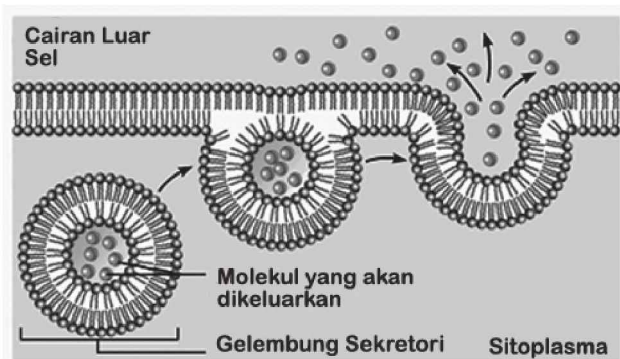
### 3. *Endositosis dan Eksositosis*

Endositosis adalah proses masuknya zat berupa cairan atau molekul berukuran besar ke dalam sel dengan cara menelan zat tersebut. Pada proses ini, membran sel akan melekok dan mengelilingi zat seakan membuat kantung. Dalam sel, kantung ini membentuk vesikula yang akan bergabung dengan enzim lisosom atau vesikula lainnya. Lihat gambar 10.10. Endositosis dapat dibedakan menjadi fagositosis, yaitu endositosis molekul berukuran besar atau pinositosis, yaitu endositosis cairan.



Gambar 10.14 Peristiwa endositosis.  
 Sumber gb: <http://en.wikipedia.org/wiki/Endocytosis>

Eksositosis adalah pelepasan zat dari dalam sel dengan cara fusi (penggabungan) vesikuladengan membran sel. Lihat gambar 10.11.



Gambar 10.15 Peristiwa eksositosis.  
 Sumber gb: <http://legacy.owensboro.kctcs.edu/gcaplan/bio/notes/Image152.gif>

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Perhatikanlah gambar berikut ini!



1

<http://cdn4.kidsdiscover.com/wp-content/uploads/2013/11/4.jpg>



2

<http://nwbiology.wikispaces.com/file/view/euglena.jpg/30297253/euglena.jpg>

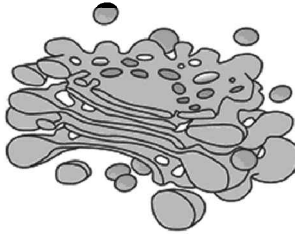
Perbedaan keduanya adalah ....

- A. 1 memiliki flagela, sedangkan 2 memiliki cillia
- B. 1 merupakan sel eukariotik, sedangkan 2 merupakan sel prokariotik
- C. 1 memiliki kromosom, sedangkan 2 tidak memiliki kromosom
- D. 1 tidak memiliki membran plasma, sedangkan 2 memiliki membran plasma
- E. 1 tidak memiliki membran nukleus, sedangkan 2 memiliki membran nukleus

**Jawaban: E**

Sel pada gambar ke-1 adalah sel bakteri, sedangkan pada gambar ke-2 adalah protozoa unisel (*Euglena*). Keduanya bergerak menggunakan flagella dan memiliki kromosom serta membran plasma. Perbedaan kedua sel ini adalah sel ke-1 bersifat prokariotik, yaitu tidak memiliki membran inti (nukleus), sedangkan sel ke-2 bersifat eukariotik, yaitu memiliki membran inti.

2. Struktur sel pada gambar di bawah ini adalah ....



[http://cronodon.com/files/Golgi\\_apparatus.jpg](http://cronodon.com/files/Golgi_apparatus.jpg)

- |                |               |
|----------------|---------------|
| A. RE halus    | D. lisosom    |
| B. badan golgi | E. peroksisom |
| C. vesikula    |               |

**Jawaban: B**

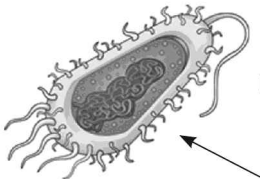
Gambar di atas merupakan badan Golgi. Badan golgi berbentuk seperti kantung pipih bertumpuk dengan membran tunggal.

3. Organel yang termasuk dalam sistem endomembran adalah ....
- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| A. sentriol     | D. dinding sel |
| B. RE halus     | E. ribosom     |
| C. sitoskeleton |                |

**Jawaban: B**

Sistem endomembran adalah himpunan membran yang berbeda yang berada di sitoplasma sel eukariotik. Sistem endomembran membentuk suatu jaringan yang terintegrasi. Organel yang termasuk dalam sistem endomembran adalah RE halus.

4. Perhatikanlah gambar di bawah ini!



<http://cdn4.kidsdiscover.com/wp-content/uploads/2013/11/4.jpg>

Gambar yang ditunjuk adalah ....

- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| A. nukleid   | D. lamina nukleus |
| B. nukleus   | E. nukleoplasma   |
| C. nukleolus |                   |

**Jawaban: A**

Gambar yang ditunjuk adalah inti sel bakteri yang berbentuk nukleid. Berbeda dari nukleus, inti sel bakteri tidak diselubungi oleh membran inti.

5. Di antara sel berikut ini, mitokondria paling banyak ditemukan pada sel ....
- |                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| A. sel otot jantung      | D. sel sperma       |
| B. sel epitel usus halus | E. sel tulang rawan |
| C. sel saraf olfaktori   |                     |

**Jawaban: A**

Mitokondria adalah organel yang bertanggung jawab terhadap proses respirasi sel yang akan menghasilkan energi. Mitokondria akan semakin banyak jumlahnya pada sel yang membutuhkan banyak energi, yaitu sel otot jantung yang terus-menerus berkontraksi-berelaksasi.

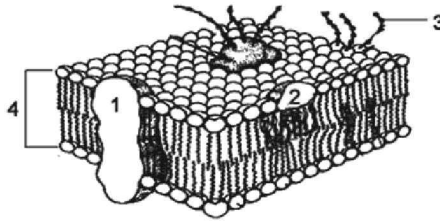
6. Makrofag di tubuh kita berguna dalam sistem pertahanan tubuh dengan menelan patogen melalui peristiwa fagositosis. Kemampuan makrofag ini karena adanya ....
- |                |             |
|----------------|-------------|
| A. kloroplas   | D. inti sel |
| B. mitokondria | E. ribosom  |
| C. lisosom     |             |

**Jawaban: C**

Kemampuan fagosit sel tidak terlepas dari adanya organel lisosom. Lisosom mengandung enzim hidrolase yang mampu mencerna molekul, sel yang sudah tua, ataupun patogen.



7. Perhatikanlah gambar berikut ini!



<http://schoolwires.henry.k12.ga.us/cms/lib08/GA01000549/Centricity/Domain/1684/cell%20membrane%202.jpg>

Bagian yang mempunyai peran sebagai protein transfer dalam fotosintesis dan kotranspor glukosa secara berurutan ditunjukkan oleh nomor ....

- A. 1 dan 2
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 1
- D. 2 dan 4
- E. 3 dan 4

**Jawaban: C**

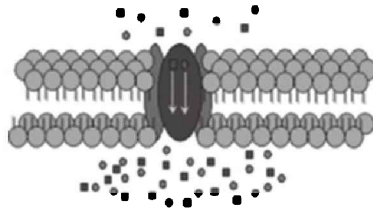
Peran protein transfer dalam fotosintesis dilakukan oleh protein perifer, sedangkan kotranspor glukosa dilakukan oleh protein integral. Oleh karenanya berdasarkan gambar, ditunjukkan oleh nomor 2 dan 1.

8. Organel yang tidak dimiliki oleh sel tumbuhan dan berperan penting dalam pergerakan kromosom saat pembelahan sel adalah...
- A. lisosom
  - B. ribosom
  - C. inti sel
  - D. sentriol
  - E. peroksisom

**Jawaban: D**

Organel yang berperan penting dalam pergerakan kromosom saat pembelahan sel dan tidak dimiliki oleh sel tumbuhan adalah sentriol. Sentriol akan membentuk benang-benang spindel yang menarik kromosom ke kutub-kutub yang berbeda.

9. Perhatikan gambar di bawah ini!



<http://upload.wikimedia.org/wikibooks/en/thumb/6/6c/Symporter.gif/220px-Symporter.gif>

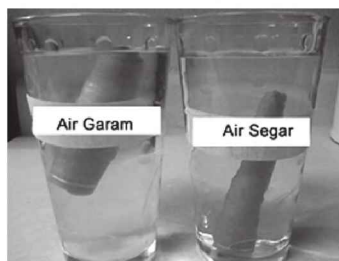
Mekanisme transpor pada gambar di atas adalah ....

- A. transpor pasif melalui saluran protein
- B. difusi terfasilitasi melalui pompa ion
- C. transpor pasif melalui protein pembawa
- D. kotranspor dengan cara simport
- E. transpor aktif melalui pompa ion

**Jawaban: D**

Mekanisme transpor di atas adalah kotranspor dengan cara simport, yaitu kedua molekul berpindah menuju ke arah yang sama. Perpindahan bukan menggunakan ATP secara langsung, melainkan karena ada pergerakan molekul sesuai gradien konsentrasinya. Molekul lain pun ikut berpindah melawan gradien konsentrasinya.

10. Perhatikan gambar berikut ini!



<http://journeyoflight79.files.wordpress.com/2012/02/carrot-at-start.jpg>

Hal yang bisa disimpulkan dari percobaan pada wortel di atas adalah ....

- A. pada air garam, air bergerak mengikuti gradien konsentrasinya, yaitu dari air di gelas (hipertonik) ke sel-sel wortel (hipotonik)
- B. pada air segar, air bergerak melawan gradien konsentrasinya, yaitu dari air di gelas ke sel-sel wortel
- C. terjadi difusi zat pada air garam, yaitu dari sel-sel wortel ke air di gelas, sehingga wortel jadi lebih ringan
- D. terjadi perpindahan air segar dari gelas (hipotonik) ke sel-sel wortel yang (hipertonik) sesuai gradien konsentrasinya
- E. terjadi perpindahan air dari sel-sel wortel (hipertonik) ke air garam di gelas (hipotonik) sesuai gradien konsentrasinya

**Jawaban: D**

Peristiwa osmosis pada gambar di atas terjadi pada air di gelas dan di sel-sel wortel. Air garam kondisinya lebih pekat (hipertonik) daripada air di sel-sel wortel (hipotonik), sehingga pergerakan air menuju keluar dari sel-sel wortel. Akibatnya, wortel menjadi lebih ringan. Air segar kondisinya hipotonik bila dibandingkan dengan sel-sel wortel (hipertonik), sehingga terjadi pergerakan air ke dalam sel-sel wortel. Akibatnya, wortel menjadi lebih berat. Kesimpulan yang tepat berdasarkan gambar di atas ialah terjadi perpindahan air segar dari gelas (hipotonik) ke sel-sel wortel yang (hipertonik) sesuai gradien konsentrasinya.

# LATIHAN SOAL 10

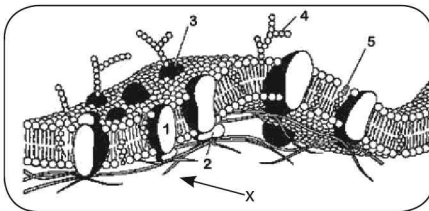
1. Organel sel yang menunjukkan ciri khas sel tumbuhan adalah ....
  - A. vakuola dan mitokondria
  - B. mesosom dan sentrosom
  - C. kloroplas dan vakuola
  - D. mitokondria dan mesosom
  - E. plastida dan vesikula
2. Organel yang hanya dijumpai pada sel hewan adalah ....
  - A. mitokondria dan kloroplas
  - B. plastida dan sentrosom
  - C. sentriol dan lisosom
  - D. badan golgi dan RE
  - E. vesikula dan plastida
3. Teori sel yang menyatakan bahwa sel merupakan unit struktural diungkapkan pertama kali oleh ....
  - A. Rudolf Virchow
  - B. Felix Durjadin
  - C. Robert Hooke
  - D. Schleiden dan Schwan
  - E. Robert Brown
4. *Perhatikanlah organel-organel sel berikut!*
  1. Sentrosom
  2. Vakuola
  3. Nukleus
  4. Ribosom
  5. Kloroplas

Organel yang berperan dalam proses pembelahan sel hewan ditunjukkan oleh nomor ....

- A. 1 dan 2
  - B. 1 dan 3
  - C. 2 dan 3
  - D. 3 dan 5
  - E. 4 dan 5
5. Organel yang berperan untuk menghasilkan ATP adalah ....
- A. mitokondria, badan Golgi, dan kloroplas
  - B. mitokondria dan kloroplas
  - C. badan Golgi dan retikulum endoplasma
  - D. kloroplas dan retikulum endoplasma
  - E. retikulum endoplasma dan ribosom
6. Lisosom berfungsi dalam ....
- A. sintesis protein
  - B. pencernaan intraseluler
  - C. sintesis lemak
  - D. produksi hidrogen peroksida
  - E. pemrosesan dan pembungkusan
7. Jenis plastida yang mengandung zat pati adalah ....
- A. amiloplas
  - B. elaioplas
  - C. kromoplas
  - D. kloroplas
  - E. rodoplas
8. Organel sel yang berperan dalam sintesis protein adalah ....
- A. badan golgi
  - B. mitokondria
  - C. retikulum Endoplasma
  - D. ribosom
  - E. sentrosom
9. Organel sel berupa saluran halus yang berbatasan dengan sistem membran dan erat kaitannya dengan sistem transpor protein hasil translasi adalah ....
- A. badan golgi
  - B. vesikula
  - C. membran plasma
  - D. ribosom
  - E. retikulum endoplasma

10. Bahan dasar yang mengisi bagian luar organel disebut ....
- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| A. protoplasma | D. nukleoplasma |
| B. sitosol     | E. sitoplasma   |
| C. nukleus     |                 |

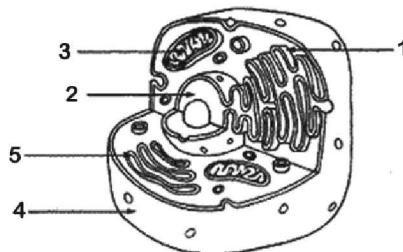
Perhatikanlah gambar berikut ini untuk menjawab soal nomor 11-12!



<http://upper.usm.k12.wi.us/academics/faculty/rheun/apsq8d.jpg>

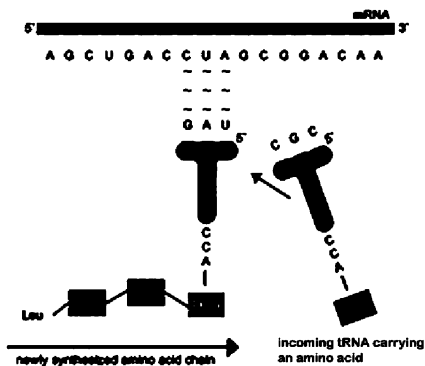
11. Glikolipid dan protein perifer secara berurutan ditunjukkan oleh nomor ....
- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 2 | D. 4 dan 2 |
| B. 2 dan 3 | E. 3 dan 1 |
| C. 4 dan 5 |            |
12. Bagian X yang ditunjuk pada gambar adalah ....
- |                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| A. membran plasma | D. protein integral |
| B. fosfolipida    | E. sitosol          |
| C. sitoskeleton   |                     |

Perhatikanlah gambar berikut untuk menjawab soal nomor 13-14!



[http://www.methuen.k12.ma.us/mnmelan/SC223/Notes/ap\\_bio11.gif](http://www.methuen.k12.ma.us/mnmelan/SC223/Notes/ap_bio11.gif)

13. Sel pada gambar di atas merupakan sel ....
- eukariot-hewan
  - prokariot-bakteria
  - eukariot-tumbuhan
  - prokariot-tumbuhan
  - eukariot-bakteria
14. Organel yang memiliki DNA dan memiliki membran berupa krista ditunjukkan oleh nomor ....
- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
15. Jalur transpor protein yang baru disintesis hingga disekresikan oleh sel adalah...
- RE → golgi → vakuola
  - golgi → RE → lisosom
  - nukleus → RE → golgi
  - RE → golgi → vesikula berfusi dengan membran plasma
  - RE → lisosom → vesikula berfusi dengan membran plasma
16. Perhatikan gambar di bawah ini!



<http://ap-bio-patrick-steed.wikispaces.com/file/view/333.gif/84805155/333.gif>

Gambar di atas adalah perakitan asam amino menjadi polipeptida. Organel yang berperan dalam proses perakitan ini adalah ....

- A. ribosom
  - B. mitokondria
  - C. kloroplas
  - D. nukleus
  - E. RE
17. Dalam oksidasi substrat menghasilkan senyawa racun, yaitu hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Oleh karena itu  $H_2O_2$  harus segera dirombak menjadi  $H_2O$  dan  $O_2$ . Organel yang berfungsi untuk merombak  $H_2O_2$  menjadi senyawa tidak beracun adalah ....
- A. glioksisom
  - B. peroksisom
  - C. mitokondria
  - D. ribosom
  - E. lisosom
18. Organel sel yang berbentuk seperti jaring-jaring tubulus tanpa granula yang terhubung dengan nukleus berguna dalam pembentukan ....
- A. fosfolipid dan enzim
  - B. fosfolipid dan hormon
  - C. enzim dan hormon
  - D. fosfolipid dan kolesterol
  - E. kolesterol, enzim, dan hormon
19. Mikrofilamen terlibat dalam ....
- A. transpor aktif
  - B. penghancuran sel
  - C. pembelahan sel
  - D. Gerakan sel
  - E. Difusi zat
20. Pemrosesan protein hingga siap diedarkan ke seluruh bagian sel dilakukan oleh ....
- A. RE kasar
  - B. ribosom
  - C. badan golgi
  - D. RE halus
  - E. vesikula
21. Organel yang mengandung DNA adalah ...
- 1. Nukleus
  - 2. Mitokondria

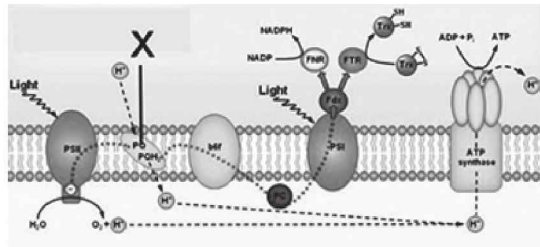


3. Kloroplas
  4. Retikulum endoplasma
22. Membran bagian dalam mitokondria berlekuk-lekuk membentuk krista.

### SEBAB

Lekukan membuat area terjadinya glikolisis menjadi semakin luas.

Perhatikan gambar di bawah ini untuk menjawab pertanyaan nomor 23-24!

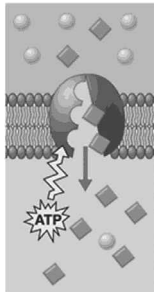


[http://www.photobiology.info/Schurmann\\_files/Fig1.png](http://www.photobiology.info/Schurmann_files/Fig1.png)

23. Peristiwa di atas merupakan rantai transfer elektron yang membutuhkan energi dari sinar matahari. Peristiwa ini berlangsung di ....
  - A. membran pertama kloroplas
  - B. matriks kloroplas
  - C. stroma
  - D. tilakoid
  - E. membran kedua kloroplas
24. Bagian yang ditunjuk oleh X merupakan ....
  - A. protein perifer
  - B. protein integral
  - C. glikoprotein
  - D. glikolipid
  - E. osfolipid
25. Kemampuan membran plasma untuk menyatu atau membentuk lipatan bersama makromolekul hingga terbentuk sebuah vesikel merupakan mekanisme. ....
  - A. osmosis
  - B. pompa ion
  - C. eksositosis
  - D. endositosis
  - E. difusi terfasilitasi

26. Reabsorpsi cairan dari sel ke pembuluh kapiler darah berlangsung secara ....
- A. melalui pompa ion
  - B. osmosis
  - C. melalui saluran protein
  - D. eksositosis
  - E. melalui kotranspor
27. Pertukaran gas  $O_2$  dan  $CO_2$  di alveolus paru-paru berlangsung dengan cara ....
- A. transpor aktif
  - B. osmosis
  - C. difusi
  - D. imbibisi
  - E. kotranspor
28. Hubungan antara tekanan turgor dengan tekanan osmosis adalah ....
- A. keduanya berbanding lurus
  - B. berbanding terbalik
  - C. tidak saling memengaruhi
  - D. tidak beraturan
  - E. tak dipengaruhi kadar air

Perhatikan gambar di bawah ini untuk menjawab pertanyaan nomor 29-30!



<http://jakea-pbio11cci.wikispaces.com/file/view/Image132-1.gif/251556286/Image132-1.gif>

29. Mekanisme transpor pada gambar di atas merupakan ....
- A. kotranspor simport
  - B. kotranspor antiport
  - C. pompa ion
  - D. difusi terfasilitasi saluran protein
  - E. difusi terfasilitasi protein pembawa

30. Mekanisme transpor pada gambar di atas terjadi pada pergerakan ... keluar-masuk sel.

A. ion Na-Ca

D. ion Na-K

B. glukosa-ion Na

E. ion Cl

C. H<sub>2</sub>O



# JARINGAN

# 11

Jaringan adalah sekumpulan sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama. Setiap jaringan memiliki struktur dan fungsi yang khas. Ketika jaringan yang berbeda dapat bekerja sama untuk melakukan fungsi fisiologis tertentu maka akan terbentuk organ. Kumpulan organ akan membentuk sistem organ.

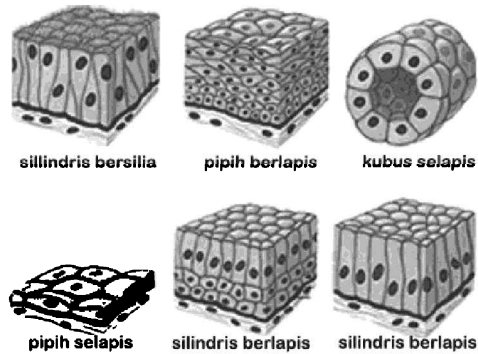
## A. STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN HEWAN

Jaringan tubuh terbentuk melalui proses diferensiasi sel yang berasal dari lapisan embrional, yaitu ektoderm atau lapisan luar, endoderm atau lapisan dalam, dan mesoderm atau lapisan tengah. Lapisan-lapisan embrional ini akan mengalami proses diferensiasi menjadi empat jaringan utama, yaitu jaringan epitel, jaringan otot, jaringan saraf, dan jaringan ikat.

### a. Jaringan Epitel

Jaringan epitel merupakan jaringan yang melapisi permukaan tubuh dan membatasi organ tubuh. Jaringan ini berasal dari lapisan embrional ektoderm, mesoderm, dan endoderm. Berdasarkan letaknya dalam tubuh, jaringan epitel dibedakan menjadi endotelium yang

melapisi atau menutupi permukaan dalam saluran tubuh atau organ tubuh, mesotelium yang melapisi atau membatasi rongga tubuh, dan epitelium yang melapisi atau menutupi permukaan luar tubuh. Jaringan epitel disusun oleh bentuk sel dengan bentuk dan susunan yang berbeda sehingga dapat menjalankan berbagai fungsi diantaranya sebagai pelindung, alat sekresi, penyerap, pengatur suhu tubuh, dan alat indera.



Gambar 11.1. Bentuk sel penyusun jaringan epitel.  
Sumber gambar: Campbell, 2004

### 1. Macam Jaringan Epitel Berdasarkan Fungsi

Jaringan epitel memiliki fungsi yang beragam. Berdasarkan fungsi tersebut, jaringan epitel dapat dibedakan menjadi epitelium pelindung, epitelium kelenjar, epitelium penyerap, dan epitelium indera.

- Epitelium pelindung merupakan epitelium yang berfungsi sebagai pelindung jaringan di bawahnya, contoh *epidermis* (kulit).
- Epitelium kelenjar merupakan epitelium yang disusun oleh sel-sel yang memproduksi dan menyekresikan substansi tertentu (sekret). Kelenjar dapat dibedakan menjadi kelenjar eksokrin yang mengalirkan sekret melalui saluran khusus (contoh kelenjar keringat dan kelenjar ludah) dan kelenjar endokrin yang mengalirkan sekret langsung ke dalam darah tanpa melalui saluran khusus (contoh kelenjar *adrenal* dan kelenjar *tiroid*).

- Epitelium penyerap merupakan epitelium yang melakukan fungsi absorpsi atau penyerapan, contoh *epitelium nefron* dan *epitelium* usus halus.
  - Epitelium indera merupakan epitelium yang berperan sebagai penerima rangsang dari luar tubuh atau epitelium indera, contoh *epitelium sensoris*.
2. *Macam Jaringan Epitel Berdasarkan Bentuk dan Susunan Sel*

Jaringan epitel dapat dibedakan berdasarkan bentuk bentuk dan jumlah lapisan sel penyusunnya seperti tertera pada tabel 11.1 di bawah ini.

Tabel 11. 1. Macam jaringan epitel berdasarkan bentuk dan susunan sel.

Macam Jaringan Epitel	Terdapat pada
1. Epitel pipih selapis (epitel Skuamosa), disusun oleh satu lapis sel berbentuk pipih	Permukaan kulit, kapsul bowman (ginjal), lapisan dalam alveolus (paru-paru), epitel peritonium, epitel pembuluh darah, dan epitel pembuluh limfa
2. Epitel pipih berlapis banyak, disusun oleh beberapa lapis sel berbentuk pipih	Esophagus, laring, vagina, kulit telapak kaki, rongga mulut, dan rongga hidung.
3. Epitel batang (silindris) selapis, disusun oleh satu lapis sel berbentuk silindris	Saluran pencernaan makanan (esofagus, lambung, usus), uterus, kantong empedu
4. Epitel silindris berlapis banyak, disusun oleh beberapa lapis sel berbentuk silindris	Permukaan uretra pria
5. Epitel kubus (kuboid) selapis, disusun oleh satu lapis sel berbentuk kubus	Permukaan ovarium, retina, tiroid, dan nefron ginjal
6. Epitel kubus berlapis banyak, disusun oleh beberapa lapis sel berbentuk kubus	Kelenjar keringat, kelenjar minyak, kelenjar ludah
7. Epitel lapis semu	Trakea
8. Epitel lapis bersilia	Saluran respirasi (rongga hidung, bronkus, trakea) dan saluran kelamin.

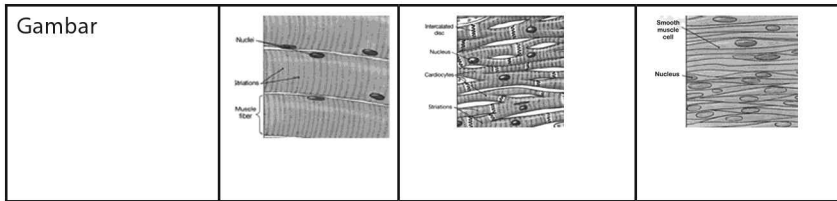
9. Epitel transisional, disusun oleh sel-sel yang dapat berubah bentuk	Epitel pada kantung kemih
--	---------------------------

## b. Jaringan Otot

Jaringan otot merupakan alat gerak aktif yang berfungsi sebagai penggerak tubuh karena otot memiliki kemampuan untuk berkontraksi dan berelaksasi. Serabut otot yang disebut miofibril merupakan bagian otot yang dapat berkontraksi. Secara embriologi, jaringan ini berasal dari lapisan mesoderm. Jaringan otot dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu otot polos, otot rangka, otot jantung. Karakteristik dari ketiga macam otot tersebut tertera pada tabel 11.2 di bawah ini.

Tabel 11.2. Macam dan Karakteristik Jaringan Otot

Karakteristik	Otot Rangka	Otot Jantung	Otot Polos
Tempat	Melekat pada rangka	Dinding jantung	Dinding organ dalam tubuh, sekitar pembuluh darah
Bentuk miofibril	Memanjang dan berbentuk silindris tidak bercabang	Memanjang dan berbentuk silindris bercabang	Memanjang, berbentuk gelendong dengan ujung lancip
Jumlah dan letak nukleus	Banyak di tepi	Satu atau lebih di tengah	Satu di tengah
Garis melintang	Ada	Ada	Tidak ada
Respon terhadap rangsang	Cepat	Cepat	Lambat
Tipe kontrol	Disadari (volunter)	Tidak disadari (involunter)	Tidak disadari (involunter)
Contoh kerja otot	Berjalan, berlari	Denyut jantung	Gerak peristaltik pada esofagus dan usus



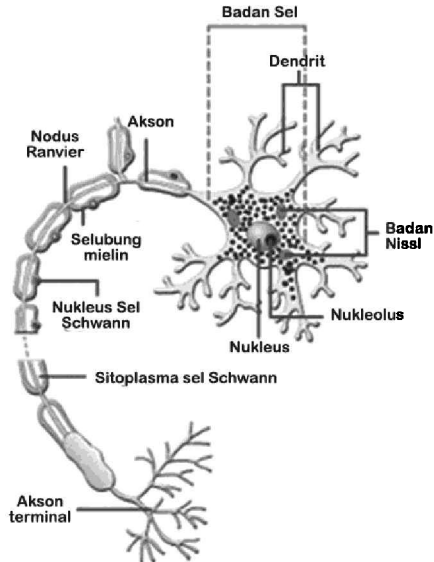
Sumber gambar: Silverthorn, 2010

### c. Jaringan Saraf

Jaringan saraf merupakan jaringan yang bertanggung jawab dalam menerima, mengolah, dan menanggapi rangsang. Jaringan saraf berkembang dari lapisan embrional ektoderm. Jaringan ini tersusun oleh sel-sel saraf atau neuron dan sel-sel pendukung atau sel glia, yaitu sel yang bertugas untuk menunjang dan melindungi neuron. Struktur sel saraf terdiri dari (gambar 11.2):

- Dendrit merupakan juluran pendek sitoplasma yang muncul dari badan sel, dendrit berfungsi untuk menerima impuls dan menghantarkannya ke badan sel.
- Badan sel merupakan bagian neuron yang mengandung nukleus dengan nukleolus di tengahnya, pada sitoplasma neuron juga terdapat retikulum endoplasma yang disebut Badan Nissl. Metabolisme sel saraf terutama terjadi pada badan sel.
- Akson (neurit) adalah juluran panjang sitoplasma yang muncul dari badan sel, akson berfungsi menghantarkan impuls dari badan sel ke neuron lainnya. Akson dibungkus oleh dua macam selubung, yaitu selubung mielin yang membungkus akson dalam interval sehingga membentuk nodus ranvier dan berfungsi sebagai isolator serta memberikan nutrisi terhadap akson; serta selubung neurilema atau selubung Schwann merupakan selaput tipis yang berada paling luar dari akson, selubung ini berperan dalam proses regenerasi akson atau dendrit yang rusak.





Gambar 11.2. Struktur sel saraf atau neuron.  
Sumber gambar: Pustekom Depdiknas 2008

#### d. Jaringan Pengikat

Jaringan ikat merupakan jaringan yang berfungsi untuk menyokong atau memperkuat jaringan lain, melekatkan suatu jaringan ke jaringan lain, membungkus organ, mengisi rongga di antara organ, mengangkut oksigen dan nutrisi ke seluruh tubuh, mengangkut sisa-sisa metabolisme menuju organ ekskresi, berperan dalam menjaga kekebalan tubuh, serta merupakan tempat penyimpanan cadangan nutrisi dan energi.

##### 1. *Komponen Penyusun Jaringan Ikat*

Jaringan ikat disusun oleh dua komponen utama, yaitu matriks dan sel-sel penyusun seperti tertera pada tabel 11.3 berikut ini.

**Tabel 11.3. Komponen Penyusun Jaringan Ikut**

<b>Komponen</b>	<b>Macam Komponen</b>
Matriks adalah materi dasar tempat sesuatu melekat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serat kolagen tersusun dari protein kolagen berwarna putih; memiliki karakteristik kuat, kurang lentur dan berdaya regang tinggi; terdapat pada tendon, tulang, dan kulit.</li> <li>• Serat elastin tersusun dari protein mukopolisakarida yang dikelilingi glikoprotein; serat berwarna kuning, lentur; terdapat pada pembuluh darah, ligamen, tulang rawan laring.</li> <li>• Serat retikuler tersusun dari kolagen dikelilingi glikoprotein; serat kuat, kurang lentur, tipis, memiliki daya regang tinggi; terdapat pada hati, limpa dan kelenjar limfa.</li> </ul>
Sel-sel penyusun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibroblas berfungsi untuk sekresi protein</li> <li>• Sel lemak atau sel adiposa berfungsi untuk menyimpan lemak</li> <li>• Sel plasma berfungsi untuk memproduksi antibodi</li> <li>• Makrofag komponen sistem pertahanan yang bersifat fagosit terhadap zat-zat sisa metabolisme, sel-sel mati, dan bakteri</li> <li>• Sel tiang atau mast cell adalah komponen sistem pertahanan tubuh yang memproduksi heparin dan histamin</li> </ul>

## 2. *Macam Jaringan Ikut*

Jaringan ikat dapat dibedakan menjadi dua macam berdasarkan tingkat diferensiasinya, yaitu jaringan ikat embrional dan jaringan ikat dewasa.

- Jaringan ikat embrional terdiri dari jaringan mesenkim dan jaringan ikat lendir (mukosa).

- Jaringan ikat dewasa dapat dibedakan menjadi enam kelompok berdasarkan struktur dan fungsinya, yaitu jaringan ikat longgar, jaringan ikat padat, jaringan lemak (adiposa), jaringan tulang rawan (kartilago), jaringan tulang sejati (osteon), dan jaringan darah (Tabel 11.4).

**Tabel 11.4 Macam dan Karakteristik Jaringan Ikat Dewasa**

<b>Jenis Jaringan Ikat</b>	<b>Struktur (ciri matriks dan sel)</b>	<b>Fungsi</b>
Jaringan ikat longgar	Matriks mengandung serat kolagen, retikuler, dan elastin, dan sel penyusun berupa makrofag, sel plasma, sel tiang, dan sel lemak	pembungkus atau penyokong organ tubuh, penghubung satu jaringan dengan jaringan lain, pengisi ruang di antara organ, pengikat, dan pengepak material.
Jaringan ikat padat	Matriks didominasi oleh serat kolagen, dan sel penyusun berupa sel fibroblas	Pembentuk tendon (tempat pelekatan otot dengan tulang) dan ligamen (tempat persendian tulang dengan tulang)
Jaringan lemak	Terdiri dari sel-sel lemak	Pelindung organ dari ancaman mekanis seperti benturan, persediaan cadangan makanan, dan pengatur suhu tubuh

Jaringan tulang rawan (kartilago)	<p>Tersusun oleh sel-sel tulang rawan (kondrosit) dan kondrin (matriks yang lentur atau elastis). Sel-sel jaringan tulang rawan muda disebut kondroblas. Terdapat tiga macam tulang rawan, yaitu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tulang rawan hialin</b>, bersifat halus, transparan, dan matriks homogen, terdapat pada permukaan persendian dan dinding trakea.</li> <li>• <b>Tulang rawan elastis</b>, bersifat lentur dengan matriks berserabut elastis dan bercabang, terdapat pada ujung hidung dan daun telinga.</li> <li>• <b>Tulang rawan fibrosa</b>, bersifat kurang lentur dan matriks banyak mengandung serabut kolagen, terdapat diantara ruas-ruas tulang belakang dan tulang rawan pada lutut.</li> </ul>	Rangka tubuh sementara pada stadium embrio, memberikan daya lentur, dan menyokong jaringan.
Jaringan tulang sejati (osteon)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jaringan ini dibentuk oleh sel-sel tulang keras (osteosit) dan matriks yang disusun terutama oleh kolagen dan garam kalsium</li> <li>• Osteosit dibentuk dari sel-sel muda (osteoblas) yang mengalami <b>osifikasi</b>.</li> <li>• Unit dasar tulang disebut <b>Sistem Havers</b>, terdiri dari lamela, lakuna, kanalikuli, dan saluran havers.</li> </ul>	Penyusun sistem gerak, menjaga keseimbangan kadar kalsium dalam tubuh, menghasilkan sel darah merah

Jaringan darah	<p>Terdiri dari suatu matriks cair (plasma) dan sel-sel bebas (eritrosit, leukosit, trombosit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fungsi transpotasi meliputi pengangkut anoksigen dan nutrisi ke seluruh tubuh, membawa hormon dari kelenjar endokrin menuju ke jaringan target, serta membawa karbondioksida dan sisa metabolisme dari jaringan tubuh menuju organ ekskresi</li> <li>• Fungsi regulasi meliputi menjaga homeostasis suhu tubuh, menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit tubuh, serta menjaga keseimbangan pH cairan tubuh</li> <li>• Fungsi proteksi meliputi peran trombosit dalam mekanisme pembekuan darah, serta peran sel darah putih dan antibodi dalam menjaga ketahanan tubuh.</li> </ul>
----------------	--

## B. ORGAN PADA HEWAN

Organ tubuh dibentuk oleh beberapa jaringan berbeda yang bekerja sama untuk menjalankan fungsi tertentu, contoh organ lambung organ yang berperan dalam proses pencernaan makanan dibentuk oleh beberapa jaringan, yaitu jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf.

## AYO DIINGAT!

Macam jaringan ikat  
ADa PaKar dari LaOs

### C. SISTEM ORGAN PADA HEWAN

Sistem organ terbentuk karena adanya kerja sama dari sekelompok organ tubuh untuk menjalankan fungsi yang lebih kompleks. Sistem organ yang terdapat pada tubuh hewan dan manusia dapat dilihat pada tabel 11.5 di bawah ini.

Tabel 11.5 Sistem Organ pada Hewan dan Manusia

Sistem Organ	Organ Penyusun	Fungsi Utama
Sistem pencernaan	Mulut, faring, esofagus, lambung, usus, hati, pankreas, anus	Pencernaan makanan dan penyerapan nutrisi
Sistem sirkulasi	Jantung, pembuluh darah, darah	Mengangkut nutrisi, oksigen, serta zat-zat tertentu dari dan ke seluruh tubuh
Sistem pernapasan	Hidung, laring, trakea, bronkus, bronkiolus, paru-paru	Pertukaran gas (pengambilan oksigen dan pembuangan karbondioksida)
Sistem ekskresi	Ginjal, ureter, kandung kemih, uretra	Pembuangan sisa metabolisme dan menjaga keseimbangan osmotik cairan tubuh
Sistem reproduksi	Ovarium, testes, uterus, dan organ lain yang terkait	Proses perkembangbiakan

Sistem saraf	Otak, sumsum tulang belakang, saraf, organ sensoris	Koordinasi aktivitas tubuh; menerima, meneruskan, mengolah, dan menanggapi rangsang
Sistem integumen	Kulit dan aksesorisnya (rambut, kuku, dan kelenjar kulit)	Pelindung dan penutup organ tubuh
Sistem endokrin	Hipotalamus, pituitari (hipofisa), tiroid, pankreas, kelenjar penghasil hormon lainnya	Mengontrol dan mengintegrasikan fungsi organ tubuh secara kimia
Sistem kekebalan tubuh	Sumsum tulang, nodus limfa, timus, limpa, pembuluh limfa, sel darah putih	Pertahanan tubuh terhadap infeksi dan penyakit
Sistem gerak	Rangka dan otot	Penyokong tubuh, pelindung organ dalam, serta pergerakan tubuh

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

- Jantung dilindungi oleh suatu selaput yang disebut perikardium. Perikardium merupakan jaringan epitelium yang termasuk...
  - eksotelium
  - mesotelium
  - endotelium
  - eksoderm
  - endoderm

**Jawaban: B**

Jaringan epitelium berfungsi untuk melapisi atau menutupi permukaan tubuh maupun organ tubuh, baik permukaan dalam maupun permukaan luar. Jaringan epitel yang melapisi atau menutupi permukaan dalam suatu saluran tubuh disebut endotelium, sedangkan jaringan epitel yang melapisi atau membatasi rongga tubuh disebut

mesotelium, contoh: perikardium adalah epitelium yang menyelaputi organ jantung; peritonium adalah epitelium yang menyelimuti rongga perut; dan pleura adalah epitelium yang menyelaputi paru-paru.

2. Berikut ini merupakan sel-sel penyusun jaringan ikat, *kecuali* ....
- |               |              |
|---------------|--------------|
| A. sel mast   | D. sel lemak |
| B. makrofag   | E. sel otot  |
| C. sel plasma |              |

**Jawaban: E**

Sel-sel penyusun jaringan ikat, diantaranya fibroblas, sel lemak atau sel adiposa, sel plasma, makrofag, sel tiang atau *mast cell*. Sementara sel otot merupakan komponen penyusun jaringan otot.

3. Manakah bagian tubuh berikut ini yang tidak dilapisi oleh epitelium bersilia ....
- |            |                  |
|------------|------------------|
| A. oviduk  | D. rongga hidung |
| B. bronkus | E. kantung kemih |
| C. trakea  |                  |

**Jawaban: E**

Epitelium bersilia terutama melapisi saluran respirasi, seperti rongga hidung, bronkus, trakea, berfungsi untuk menyaring udara yang masuk. Epitelium ini juga ditemukan pada saluran kelamin, seperti saluran sperma dan oviduk, berfungsi untuk membantu pergerakan gamet.

4. Selubung yang terdapat pada akson adalah ....
- |                   |              |
|-------------------|--------------|
| 1) neurilema      | 3) mielin    |
| 2) oligodendrosit | 4) asterosit |

**Jawaban: B**

Akson dibungkus oleh dua macam selubung, yaitu **selubung mielin** yang membungkus akson dalam interval sehingga membentuk **nodus ranvier** dan berfungsi sebagai isolator serta memberikan nutrisi terhadap akson; serta **selubung neurilema** atau selubung



Schwann merupakan selaput tipis yang berada paling luar dari akson, selubung ini berperan dalam proses regenerasi akson atau dendrit yang rusak.

5. Berikut ini yang bukan merupakan jaringan ikat dewasa adalah ....
- |              |           |
|--------------|-----------|
| A. darah     | D. otot   |
| B. kartilago | E. osteon |
| C. adiposa   |           |

**Jawaban: D**

Jaringan ikat dewasa dapat dibedakan menjadi enam kelompok berdasarkan struktur dan fungsinya, yaitu jaringan ikat longgar, jaringan ikat padat, jaringan lemak (adiposa), jaringan tulang rawan (kartilago), jaringan tulang sejati (osteon), dan jaringan darah.

6. Berikut ini adalah jaringan yang menyusun organ jantung, *kecuali* ....
- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| A. jaringan ikat   | D. jaringan epitel |
| B. jaringan otot   | E. jaringan saraf  |
| C. jaringan tulang |                    |

**Jawaban: C**

Organ jantung adalah organ yang berperan dalam sistem sirkulasi dan dibentuk oleh beberapa jaringan, yaitu jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf.

7. Jaringan epitelium yang melakukan fungsi absorpsi ditemukan pada ....
- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1) nefron   | 3) duodenum |
| 2) pankreas | 4) esofagus |

**Jawaban: B**

Epitelium penyerap merupakan epitelium yang melakukan fungsi absorpsi atau penyerapan, contoh epitelium nefron dan epitelium usus halus.

8. Pada dasarnya, setiap sistem organ baik secara langsung maupun tidak langsung saling mendukung satu sama lain untuk menjalankan fungsinya. Sistem yang berkaitan langsung dengan respirasi pada manusia adalah...
- A. sistem imun
  - B. sistem gerak
  - C. sistem ekskresi
  - D. sistem pencernaan
  - E. sistem sirkulasi

**Jawaban: E**

Sistem respirasi berperan dalam memperoleh oksigen dan mengeluarkan karbondioksida dari tubuh. Sistem ini berkaitan langsung dengan sistem sirkulasi yang bertanggung jawab untuk mengangkut oksigen yang diperoleh saat respirasi dan nutrisi hasil pencernaan ke seluruh tubuh; serta mengangkut sisa metabolisme dan karbondioksida keluar dari tubuh melalui organ ekskresi, seperti paru-paru, ginjal, dan kulit.

9. Berikut ini adalah organ-organ penyusun sistem reproduksi manusia.
- 1. Skrotum
  - 2. Vulva
  - 3. Vas deferens
  - 4. Ovarium
  - 5. Oviduk
  - 6. Testis

Di antara organ-organ tersebut yang berfungsi sebagai alat reproduksi sekaligus sebagai kelenjar adalah ....

- A. 4 dan 6
- B. 1 dan 3
- C. 3 dan 6
- D. 4 dan 5
- E. 1 dan 6

**Jawaban: A**

Ovarium merupakan alat reproduksi internal pada sistem reproduksi wanita dan berperan dalam memproduksi serta mensekresikan hormon estrogen dan progesteron. Testis merupakan alat reproduksi internal pada sistem reproduksi pria dan berfungsi dalam memproduksi serta mensekresikan hormon testosteron dan androgen lainnya.

10. Perhatikan organ-organ tubuh berikut ini!

1. Darah
2. Pembuluh darah
3. Jantung
4. Paru-paru

Di antara organ tersebut yang merupakan pembangun sistem sirkulasi sekaligus terlibat dalam sistem imunitas tubuh adalah ....

- |      |            |
|------|------------|
| A. 1 | D. 4 dan 3 |
| B. 2 | E. 2 dan 3 |
| C. 3 |            |

**Jawaban: A**

Darah merupakan komponen pembangun sistem sirkulasi yang juga berperan dalam menjaga imunitas tubuh. Sel darah putih yang merupakan bagian dari darah berperan penting dalam sistem imun non spesifik (neutrofil, basofil, eosinofil, makrofag) dan sistem imun spesifik (limfosit).

## D. STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN TUMBUHAN

Secara garis besar, tubuh tumbuhan dibangun oleh dua macam jaringan, yaitu jaringan meristem dan jaringan permanen.

### a. Jaringan Meristem

Jaringan meristem adalah jaringan yang terdiri dari sekelompok sel yang aktif membelah. Jaringan meristematik dapat ditemukan pada lembaga, ujung batang, kuncup, kambium, dan ujung akar. Jaringan meristem dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

- ~ **Promeristem** merupakan jaringan meristem yang telah ada pada masa embrional.
- ~ **Meristem Primer** berasal dari jaringan embrional promeristem yang telah dewasa dan masih bersifat meristematik, umumnya terdapat pada ujung batang dan ujung akar.

- ~ **Meristem Sekunder** merupakan meristem primer yang telah terdiferensiasi dan terspesialisasi menjadi jaringan dewasa yang sel-selnya memiliki sifat meristematis. Jaringan meristem sekunder ditemukan pada jaringan kambium dan kambium gabus.

## **b. Jaringan Permanen (Dewasa)**

Jaringan permanen merupakan jaringan meristem yang telah mengalami diferensiasi dan tidak lagi aktif membelah. Berdasarkan fungsinya, jaringan permanen dapat dibedakan menjadi jaringan epidermis, jaringan dasar (jaringan parenkim), jaringan penyokong, jaringan pengangkut, dan jaringan gabus.

### *1. Jaringan epidermis*

Jaringan epidermis merupakan jaringan paling luar yang menutupi permukaan tubuh tumbuhan sehingga jaringan ini berfungsi sebagai pelindung bagian dalam tubuh tumbuhan. Jaringan ini umumnya dibangun oleh selapis sel yang terletak pada lapisan terluar, berbentuk persegi panjang atau balok yang tersusun rapat, dan tidak memiliki klorofil (kecuali sel penjaga pada stomata). Jaringan epidermis dapat mengalami modifikasi menjadi: stomata, trikoma, spina, velamen, sel kipas, dan sel kersik.

### *2. Jaringan parenkim*

Jaringan parenkim merupakan jaringan dasar yang mengisi hampir semua organ tumbuhan, diantaranya pada korteks batang, korteks akar, dan mesofil daun. Jaringan ini dibangun oleh sel-sel hidup berukuran besar dan berdinding tipis, memiliki banyak vakuola, letak inti tidak rapat, dan memiliki banyak ruang antar sel. Berdasarkan fungsinya, jaringan parenkim dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu

- Parenkim asimilasi (klorenkim) merupakan jaringan parenkim yang mengandung klorofil sehingga berperan dalam fotosintesis.

- Parenkim penimbun berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan.
- Parenkim air adalah jaringan parenkim berfungsi untuk menyimpan air
- Parenkim udara (aerenkim) merupakan jaringan parenkim yang dapat menyimpan udara

### 3. *Jaringan penyokong*

Jaringan penyokong adalah jaringan yang berfungsi untuk menunjang bentuk tumbuhan sehingga dapat berdiri dengan kokoh. Selain itu, jaringan penyokong juga berfungsi untuk melindungi biji atau embrio dan melindungi berkas pengangkut. Terdapat dua macam jaringan penyokong, yaitu:

- **Jaringan kolenkim** berfungsi untuk menopang organ yang aktif tumbuh (tumbuhan muda) serta pada tumbuhan herba. Jaringan inidisusun oleh sel-sel hidup yang dinding selnya mengalami penebalan. Berdasarkan letak penebalannya, kolenkim dibedakan menjadi empat macam, yaitu kolenkim sudut (angular), kolenkim papan (lamellar), kolenkim tubular (lakuna), dan kolenkim tipe cincin.
- **Jaringan sklerenkim** berfungsi sebagai penunjang organ tumbuhan yang sudah dewasa. Jaringan ini disusun oleh sel-sel mati berdinding sel tebal dan berlignin serta. Jaringan sklerenkim dibedakan menjadi dua macam, yaitu:
  - ❖ **Serat-serat sklerenkim** terdiri atas sel-sel mati yang berukuran panjang dengan ujung lateral yang runcing, umumnya terdapat pada permukaan batang.
  - ❖ **Sklereid** (sel batu) disusun oleh sel-sel berbentuk bulat dengan dinding sel yang keras sehingga mampu menahan tekanan mekanis, contoh sel-sel pada tempurung kelapa dan tempurung kenari.

### 4. *Jaringan pengangkut*

Jaringan pengangkut merupakan jaringan khusus yang berfungsi sebagai pengangkut air, mineral, atau zat-zat makanan dari dan ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Jaringan

pengangkut terdiri atas xilem (pembuluh kayu) dan floem (pembuluh tapis).

- **Xilem** tersusun atas **trakeid** yang terdiri dari sel mati dengan dinding berlignin dan berpori; **trakea** atau elemen pembuluh yang berbentuk tabung dengan dinding tebal berlignin; dan **parenkim xilem** yang disusun oleh sel-sel hidup. Xilem berfungsi untuk mengangkut air dan unsur hara dari akar menuju daun.
- **Floem** disusun oleh **unsur-unsur tapis** (terdiri dari sel tapis dan tabung tapis) yang merupakan rangkaian sel hidup tidak berinti dan berpori pada bagian dinding sel; **sel pengantar** adalah sel muda yang bersifat meristematis; **parenkim floem** yang disusun oleh sel-sel hidup yang berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan dan zat-zat tertentu; serta **serat-serat floem** yang sel-selnya telah mengayu. Floem berfungsi untuk mengangkut hasil fotosintesis dari daun menuju seluruh tubuh tumbuhan.

#### 5. *Jaringan gabus*

Jaringan gabus dibentuk oleh sel-sel parenkim gabus atau kambium gabus yang disebut **felogen**. Felogen merupakan lapisan sel meristematis yang membentuk gabus (felem) ke arah luar dan membentuk parenkim gabus (feloderm) ke arah dalam. Sel-sel gabus mengandung suberin dan kutin, tersusun rapat, dan memiliki lentisel untuk pertukaran gas dan jalan masuk air. Jaringan ini berperan untuk menggantikan fungsi epidermis yaitu sebagai pelindung jaringan di bawahnya ketika epidermis telah mati atau tidak aktif.

## E. ORGAN PADA TUMBUHAN

Organ pokok pada tumbuhan, yaitu akar, batang, dan daun. Sementara bunga, buah, dan biji merupakan organ hasil modifikasi dari organ pokok.

## a. Akar (Radiks)

Akar berperan sebagai fondasi tubuh tumbuhan, akar memperkokoh berdirinya tumbuhan di tempat hidupnya. Akar juga berfungsi untuk menyerap air dan mineral dari tanah untuk diangkut ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Pada beberapa jenis tumbuhan, akar dapat berfungsi sebagai alat pernapasan, penyimpan cadangan makanan, atau alat perkembangbiakan vegetatif.

### 1. Struktur morfologi akar

- **Leher akar atau pangkal akar (*collum*)** adalah bagian akar yang bersambungan langsung dengan batang.
- **Batang akar (*corpus radicle*)** adalah struktur perpanjangan akar yang terletak di antara leher akar dengan ujung akar.
- **Cabang-cabang akar atau akar lateral (*radix lateralis*)** merupakan percabangan yang keluar dari batang akar utama.
- **Serabut akar (*fibrilla radicalis*)** adalah percabangan akar yang halus sehingga tampak seperti serabut.
- **Rambut akar atau bulu akar (*pilus radicalis*)** merupakan penonjolan sel-sel epidermis akar yang berfungsi untuk memperluas area penyerapan air dan mineral.
- **Ujung akar (*apex radicle*)** merupakan bagian akar paling muda serta tersusun dari jaringan meristem yang aktif membelah.
- **Tudung akar (*calyptra*)** adalah bagian akar yang terletak paling ujung dan berfungsi untuk melindungi akar dari kerusakan mekanis serta memudahkan akar menembus tanah.

### 2. Struktur anatomi akar

- **Epidermis** akar terdiri dari selapis sel berbentuk pipih yang tersusun rapat, dinding sel tipis bersifat semipermeabel yang memudahkan proses penyerapan air dan unsur hara.
- **Korteks** akar (kulit pertama) terdiri dari beberapa lapis sel berdinding tipis dan memiliki banyak ruang antar sel yang berperan dalam pertukaran gas.
- **Endodermis** akar terdiri dari satu lapis sel tebal yang sebagian besar memiliki struktur pita kaspari yang mengandung gabus

(zat suberin). Endodermis berperan dalam mengatur masuknya air dan unsur hara menuju silinder pusat.

- **Silinder Pusat (Stele)** pada akar terdiri dari perisikel (perikambium), xilem (pembuluh kayu), dan floem (pembuluh tapis). Perisikel berperan dalam pertumbuhan sekunder, sedangkan xilem dan floem berfungsi sebagai pembuluh angkut. Pada stele akar tumbuhan monokotil terdapat empulur, tetapi tidak pada akar tumbuhan dikotil.

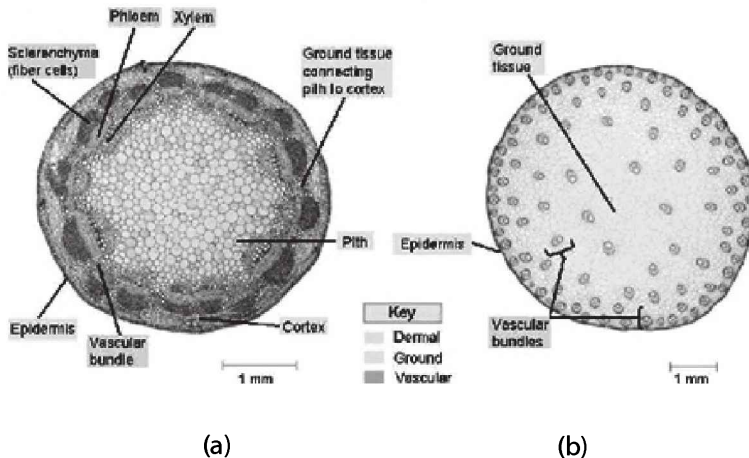
## b. Batang (Caulis)

Batang adalah organ yang menjadi sumbu bagi tubuh tumbuhan yang menyangga berbagai bagian tubuh tumbuhan, yaitu cabang batang (ranting), daun, bunga, dan buah. Selain itu, batang juga merupakan organ pembentuk daun dan bunga, organ lintasan air dan mineral dari akar ke daun dan lintasan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tubuh tumbuhan, sebagai alat perkembangbiakan vegetatif, dan penyimpan cadangan makanan. Struktur bagian dalam (anatomi) batang terdiri dari tersusun oleh:

- ~ **Epidermis** batang disusun oleh satu lapis sel ber dinding tebal yang tersusun rapat, dan dilapisi kutikula. Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan yang melindungi bagian dalam batang.
- ~ **Korteks** batang disusun oleh beberapa lapis sel ber dinding tipis, vakuola besar, dan tidak tersusun rapat sehingga memiliki banyak ruang antarsel yang berfungsi dalam proses pertukaran gas. Lapisan terdalam korteks disusun oleh sel-sel dengan bentuk dan susunan khas yang mengandung buti-butir pati (**floeterma**) sehingga lapisan ini juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan.
- ~ **Silinder pusat (stele)** terdiri dari berkas pembuluh floem pada bagian luar dan xilem pada bagian dalam. Batang tumbuhan monokotil memiliki tipe berkas pembuluh kolateral tertutup, sedangkan pada tumbuhan dikotil berkas pembuluh tersusun kolateral terbuka. Di dalam silinder pusat juga terdapat **empulur**,



yaitu bagian batang terluas dan **jari-jari empulur** yang merupakan garis radial yang dapat dilalui oleh air dan nutrisi yang bergerak ke arah lateral. Pada tumbuhan monokotil, perbedaan antara empulur dan jari-jari empulur tidak terlihat jelas. Pada batang tumbuhan dikotil ditemukan jaringan sekunder berupa floem sekunder, xilem sekunder, gabus (felem), dan kambium gabus (felogen) yang berperan dalam menyebabkan diameter batang bertambah besar.



Gambar 11.3. Anatomi batang, (a) tumbuhan dikotil; (b) tumbuhan monokotil.  
Sumber gambar: Campbell, 1999.

## AYO DIINGAT!

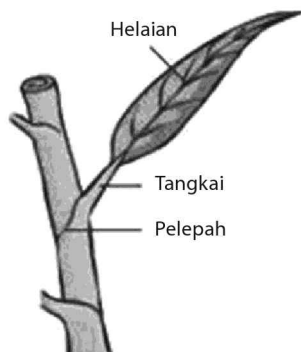
Struktur anatomi batang  
Eko Siput

### c. Baun (Folium)

Daun merupakan organ tempat berlangsungnya fotosintesis. Daun juga berperan sebagai alat respirasi, dan transpirasi. Pada beberapa jenis tumbuhan, daun juga berfungsi sebagai alat perkembangbiakan vegetatif.

### 1. Struktur morfologi daun

Struktur luar atau morfologi daun terdiri dari **helai** (lamina), **tangkai** (petiola), dan **pelepah daun** (folius) (gambar 11.4). Daun yang memiliki ketiga bagian daun disebut **daun lengkap atau sempurna**, sedangkan daun yang tidak memiliki satu atau lebih bagian daun disebut **daun tidak sempurna**. Helai daun pada tangkai daun dapat tersusun tunggal/satu helai daun pada tangkai (**daun tunggal**) atau lebih dari satu helai daun pada tangkai yang sama (**daun majemuk**).



Gambar 11.4. Struktur morfologi daun.

Sumber gambar: <http://arifharnantaka145.wordpress.com/materi/bab-1-2/>

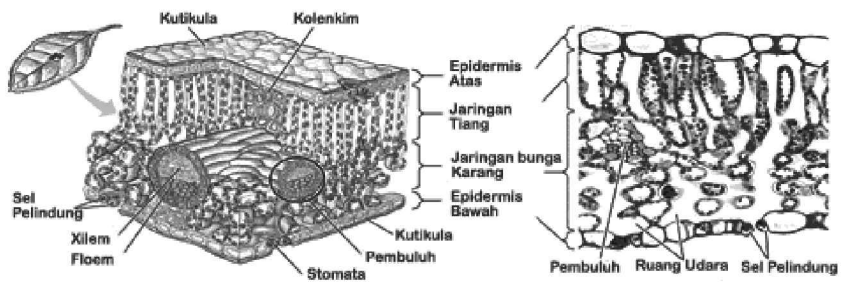
### 2. Struktur anatomi daun

Struktur dalam atau anatomi daun tersusun dari:

- **Epidermis** daun disusun oleh selapis sel yang tersusun rapat pada permukaan atas dan permukaan bawah daun. Selain berfungsi untuk melindungi bagian dalam daun, lapisan ini juga berperan untuk mencegah penguapan yang berlebihan dari sel-sel daun karena dilapisi oleh lapisan kutikula atau lapisan lilin. Di antara sel-sel epidermis terdapat stomata yang berperan dalam proses transpirasi dan respirasi.
- **Mesofil** daun terdiri dari **jaringan palisade (jaringan tiang)** dan **jaringan spons (jaringan bunga karang)**. Jaringan palisade adalah jaringan utama tempat terjadinya fotosintesis

karena dibangun oleh sel-sel menyerupai tiang yang mengandung lebih dari 80% kloroplas daun dan tersusun rapat. Sementara jaringan spons disusun oleh sel-sel berbentuk bulat yang tersusun agak renggang sehingga membentuk ruang antarsel yang berperan dalam proses pertukaran gas. Sel-sel pada jaringan ini juga mengandung kloroplas.

- **Berkas pembuluh atau berkas pengangkut** terdiri xilem dan floem. Xilem berfungsi mengangkut air dan mineral dari akar menuju daun, dan floem berfungsi mengangkut produk hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan.



Gambar 11.5. Struktur anatomi daun.  
Sumber gambar: Campbell, 1999.

## AYO DIINGAT!

Struktur anatomi daun  
EMBer

### d. Bunga (Flos)

Bunga adalah organ perkembangbiakan pada tumbuhan angiospermae karena dalam nyatanya terdapat alat perkembangbiakan generatif. Bunga merupakan organ hasil modifikasi dari ujung cabang batang.

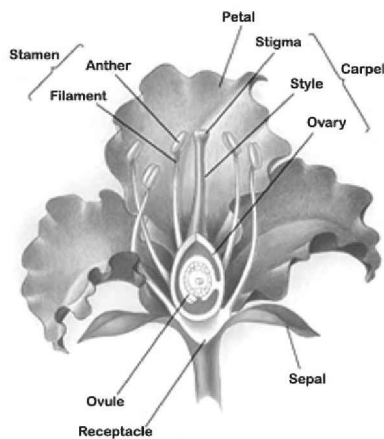
#### 1. Struktur bunga

Struktur bunga umumnya terdiri dari **tangkai bunga** (pedicel), **dasar bunga** (receptaculum), **perhiasan bunga** (periantum), dan **alat kelamin bunga** (gambar 11.6). Perhiasan bunga dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu

- **kelopak bunga** (calyx) adalah lingkaran terluar dari hiasan bunga yang berfungsi untuk melindungi kuncup bunga, lembaran kelopak bunga disebut daun kelopak (sepal)
- **mahkota** (corolla/petal) adalah bagian hiasan bunga yang memiliki warna dan bentuk beragam yang terletak di sebelah dalam kelopak bunga, lembaran mahkota bunga disebut daun mahkota (petal).

Alat kelamin bunga terdiri dari:

- **Benangsari** (stamen) merupakan alat kelamin jantan yang menghasilkan serbuk sari (polen), benang sari terdiri dari tangkai sari (filamen) dan kepala sari (anthera) yang terdiri dua ruang sari (theca) berisi serbuk sari.
- **Putik** (pistilum) merupakan alat kelamin betina yang menghasilkan sel telur, putik tersusun dari bakal buah (ovarium), tangkai putik (stilus), dan kepala putik (stigma). Putik berkembang dari daun penyusun putik yang disebut daun buah (carpellum).



Gambar 11.6. Struktur bunga.  
Sumber gambar: Campbell, 1999.

## 2. Macam bunga

Macam bunga berdasarkan komponen penyusunnya sebagai berikut:

- **Bunga lengkap** adalah bunga yang memiliki kelopak bunga, mahkota bunga, benang sari, dan putik.
- **Bunga tidak lengkap** adalah bunga yang tidak memiliki satu atau lebih bagian bunga.
- **Bunga betina** (flos feminus) adalah bunga yang hanya memiliki putik.
- **Bunga jantan** (flos masculus) adalah bunga yang hanya memiliki benang sari.
- **Bunga hemafrodit** (flos hermaphroditus) adalah bunga yang memiliki baik putik maupun benang sari dalam satu bunga.

#### e. Buah (Fruktus)

Buah merupakan organ tumbuhan yang terbentuk dari bakal buah dan berfungsi untuk melindungi biji dan menyediakan nutrisi bagi perkembangan biji. Buah yang seluruh jaringannya berasal dari bakal buah disebut **buah sejati**, contoh: pepaya, alpukat, dan mangga. Sedangkan buah yang terbentuk dari bakal buah dan bagian-bagian lain dari bunga disebut **buah semu**, contoh: nangka, apel, dan arbei. Berdasarkan jumlah bakal buah yang membentuknya, buah dapat dibedakan menjadi:

- ~ **Buah tunggal** terbentuk dari satu bakal buah, contoh: buah mangga
- ~ **Buah agregat** terbentuk dari banyak bakal buah dalam satu bunga, contoh: buah arbei
- ~ **Buah majemuk** terbentuk dari banyak bakal buah dari banyak bunga, contoh: buah nangka.

#### f. Biji (Semen)

Biji adalah organ yang terbentuk dari bakal biji dan berfungsi sebagai alat perkembangbiakan generatif pada tumbuhan berbiji (*Spermatophyta*). Secara umum, biji dapat dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu:

- ~ **Kulit biji (spermodermis)** yang melindungi bagian dalam biji.

- ~ **Tali pusat (funiculus)** adalah bagian yang menghubungkan biji dengan papan biji (plasenta), bagian ini akan lepas sehingga pada biji yang masak hanya terlihat sebagai pusat biji (hilus).
- ~ **Intibiji (nucleus seminis)**, pada bagian ini terdapat embrio dan endosperm yang berfungsi sebagai cadangan makanan. Embrio (lembaga) dalam biji terdiri dari akar lembaga atau calon akar (*radicula*), daun lembaga atau keping biji (*cotyledon*), dan batang lembaga (*cauliculus*).

## G. SISTEM PENGANGKUTAN PADA TUMBUHAN

Sistem pengangkutan pada tumbuhan berfungsi untuk mengangkut air dan mineral yang diserap akar dari dalam tanah ke seluruh bagian tumbuhan serta mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan.

### a. Pengangkutan Air dan Garam Mineral

Terdapat dua sistem pengangkutan air dan garam mineral pada tumbuhan, yaitu **sistem pengangkutan intravaskular** (sistem pengangkutan di dalam berkas pembuluh pengangkut xilem) dan **sistem pengangkut ekstrasvaskuler** (sistem pengangkutan di luar berkas pembuluh pengangkut). Tumbuhan memiliki mekanisme yang memungkinkan terjadinya pengangkutan air dan garam-garam mineral dari akar menuju daun, yaitu tekanan akar, kapilaritas batang, dan daya isap daun.

- ~ **Tekanan akar** terjadi karena sel-sel akar yang bersifat hipertonis terhadap lingkungan menyebabkan air secara alami masuk (osmosis) ke dalam sel-sel akar dan mendorong air naik ke pembuluh kayu (xilem) batang.
- ~ **Kapilaritas batang** pada tumbuhan muncul karena adanya pembuluh kayu (xilem) yang menyerupai pipa kapiler sehingga dapat dengan mudah melewati air dan mineral terlarut dari akar, batang, hingga sampai ke daun.
- ~ **Daya isap daun** terjadi karena aktivitas transpirasi atau penguapan

air dari daun. Hilangnya air dari daun akan memaksa air dan mineral dari akar dan batang masuk ke dalam daun karena konsentrasi air dan mineral yang berkurang secara kontinu akibat transpirasi.

Kecepatan pengangkutan air dan garam mineral oleh tumbuhan dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, diantaranya suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, angin, dan ketersediaan air tanah.

**b. Pengangkutan Hasil Fotosintesis**

Hasil fotosintesis diangkut oleh berkas pembuluh floem daun ke seluruh bagian tumbuhan. Pengangkutan larutan hasil fotosintesis di dalam floem terjadi secara kontinu dalam dua arah. Hal ini menunjukkan bahwa pengangkutan hasil fotosintesis dapat terjadi dari daun menuju akar atau sebaliknya.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Jaringan permanen merupakan jaringan meristem yang telah mengalami diferensiasi dan spesialisasi. Berikut ini merupakan jaringan permanen pada tumbuhan, *kecuali* ....
- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| A. jaringan parenkim  | D. jaringan pengangkut  |
| B. jaringan penyokong | E. jaringan promeristem |
| C. jaringan epidermis |                         |

**Jawaban: E**

Jaringan permanen merupakan jaringan meristem yang telah mengalami diferensiasi dan tidak lagi aktif membelah. Berdasarkan fungsinya, jaringan permanen dapat dibedakan menjadi jaringan epidermis, jaringan dasar (jaringan parenkim), jaringan penyokong, jaringan pengangkut, dan jaringan gabus.

2. Pada umumnya sel-sel penyusun jaringan epidermis tumbuhan tidak memiliki klorofil, *kecuali* ....
- |                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| A. sel Penjaga stomata | D. jaringan palisade |
|------------------------|----------------------|

- B. stomata
- C. trikoma

E. jaringan spons

**Jawaban: A**

Jaringan epidermis umumnya dibangun oleh selapis sel berbentuk balok yang tersusun rapat, dan tidak memiliki klorofil, kecuali sel penjaga pada stomata. Sementara jaringan palisade dan spons adalah jaringan parenkim yang menyusun mesofil daun, bukan jaringan epidermis.

3. Sifat meristematis ditunjukkan oleh jaringan ....
- A. xilem dan floem
  - B. kambium dan ujung batang
  - C. sklerenkim dan ujung akar
  - D. kolenkim dan sklerenkim
  - E. kambium dan epidermis

**Jawaban: B**

Jaringan meristem disusun oleh sekelompok sel yang aktif membelah dan dapat ditemukan pada lembaga, ujung batang, kuncup, kambium, dan ujung akar.

4. Sel-sel berikut ini yang tidak terlibat dalam proses pengangkutan air dan mineral pada tumbuhan adalah ....
- 1) Trakea
  - 2) Sel tapis
  - 3) Trakeid
  - 4) Tabung tapis

**Jawaban: C**

Trakea dan trakeid adalah sel penyusun pembuluh xilem yang berperan dalam mengangkut air dan garam mineral dari akar menuju seluruh tubuh tumbuhan. Sel tapis dan tabung tapis merupakan sel penyusun floem yang berperan dalam pengangkutan hasil fotosintesis.

5. Sel tumbuhan yang menyusun tempurung kelapa sehingga memiliki sifat yang kuat dan keras adalah ....



- |               |             |
|---------------|-------------|
| A. sklerenkim | D. sklereid |
| B. kolenkim   | E. parenkim |
| C. trakeid    |             |

**Jawaban: D**

Tempurung kelapa disusun oleh sklereid (sel batu), yaitu sel-sel berbentuk bulat dengan dinding sel yang keras sehingga mampu menahan tekanan mekanis.

6. Berikut ini yang bukan merupakan organ pokok pada tumbuhan adalah:
1. Bunga
  2. Daun
  3. Biji
  4. Batang

**Jawaban: B**

Pada dasarnya, tumbuhan tingkat tinggi memiliki tiga organ pokok, yaitu akar, batang, dan daun. Sementara bunga merupakan organ hasil modifikasi dari daun dan berfungsi sebagai alat reproduksi generatif; biji merupakan alat perkembangbiakan yang terbentuk dari hasil pembuahan antara sperma dari bunga jantan dan sel telur dari bunga betina.

7. Perhatikan beberapa jaringan pada tumbuhan berikut ini!
- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. Palisade  | 4. Felem |
| 2. Kambium   | 5. Xilem |
| 3. Epidermis |          |

Manakah diantara jaringan tersebut yang terdapat pada daun ....

- |                |                |
|----------------|----------------|
| A. 1, 3, dan 5 | D. 2, 3, dan 4 |
| B. 2, 4, dan 5 | E. 1, 4, dan 5 |
| C. 1, 2, dan 3 |                |

**Jawaban: A**

Struktur dalam atau anatomi daun tersusun dari: **epidermis** yang disusun oleh selapis sel yang tersusun rapat pada permukaan atas

dan permukaan bawah daun, mesofil daun terdiri dari **jaringan palisade (jaringan tiang)** dan **jaringan spons (jaringan bunga karang)**, **berkas pembuluh atau berkas** pengangkut terdiri xilem dan floem.

8. Hasil fotosintesis akan diangkut ke seluruh bagian tubuh tumbuhan, terutama pada bagian ....
- A. daun dan ujung akar
  - B. buah dan biji
  - C. bunga dan biji
  - D. ujung akar dan ujung batang
  - E. biji dan ujung akar

**Jawaban: D**

Hasil fotosintesis akan diedarkan ke seluruh bagian tubuh tumbuhan, terutama menuju bagian tumbuhan yang aktif membelah dan tempat terjadinya pembelahan, yaitu ujung akar dan ujung batang.

9. Apakah yang akan terjadi pada proses pengangkutan air dan mineral oleh tumbuhan ketika kelembapan lingkungan meningkat?
- A. daya isap daun meningkat
  - B. tekanan akar meningkat
  - C. kecepatan pengangkutan tidak berubah
  - D. kecepatan pengangkutan meningkat
  - E. kecepatan pengangkutan menurun

**Jawaban: E**

Peningkatan kelembapan udara menyebabkan proses transpirasi melambat sehingga daya isap daun akan menurun dan pada akhirnya kecepatan pengangkutan air dan mineral secara keseluruhan pun akan menurun.

10. Kecepatan pengangkutan air pada musim kemarau cenderung lebih lambat dibandingkan musim hujan.

### **SEBAB**

Kadar air tanah pada musim kemarau lebih sedikit sehingga proses penyerapan dan pengangkutan berjalan lambat.

#### **Jawaban: A**

Kadar air tanah akan mempengaruhi kecepatan pengangkutan air dan mineral dalam tanah. Pada saat musim kemarau, kadar air tanah menurun atau lebih sedikit dibandingkan pada saat musim hujan sehingga proses pengangkutan pun akan berlangsung lebih lambat.

# LATIHAN SOAL 11

1. Jaringan tubuh manusia berkembang dari lapisan embrional, yaitu ....
  - 1) ektoderm
  - 2) endoderm
  - 3) mesoderm
  - 4) mesotelium
2. Pada saat mengkonsumsi paha ayam, sering kali ditemukan bagian berwarna putih dan terasa agak keras ketika dimakan. Bagian tersebut merupakan jaringan ....
  - A. otot lurik
  - B. tulang rawan
  - C. jaringan ikat
  - D. otot polos
  - E. tulang keras
3. Jaringan yang berperan sebagai pelindung tubuh dari kehilangan panas yang berlebihan adalah ....
  - A. mukosa
  - B. otot
  - C. adiposa
  - D. leukosit
  - E. saraf
4. Tendon merupakan struktur yang melekatkan otot pada tulang. Struktur ini dibentuk oleh jaringan ....
  - 1) jaringan ikat
  - 2) jaringan otot
  - 3) tulang rawan
  - 4) tulang sejati
5. Tulang sejati merupakan macam jaringan ikat.

### SEBAB

Tulang sejati terbentuk dari tulang rawan yang mengalami osifikasi.

6. Pankreas merupakan kelenjar endokrin sekaligus kelenjar eksokrin.

### SEBAB

Menghasilkan getah pencernaan yang langsung dialirkan ke dalam darah.

7. Jaringan yang menggerakkan bola mata termasuk jaringan ....
- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| A. otot polos            | D. jaringan ikat padat |
| B. otot lurik            | E. jaringan penyokong  |
| C. jaringan ikat longgar |                        |
8. Jaringan ikat yang berfungsi untuk mengedarkan hormon menuju organ target disebut jaringan ....
- |              |           |
|--------------|-----------|
| A. kartilago | D. darah  |
| B. epitelium | E. tulang |
| C. otot      |           |
9. Epitelium pipih transisional dapat ditemukan pada ....
- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 1) rahim         | 3) saluran sperma |
| 2) rongga hidung | 4) kantung kemih  |
10. Jaringan yang melakukan fungsi sekresi adalah ....
- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| A. jaringan ikat   | D. jaringan lemak  |
| B. jaringan otot   | E. jaringan tulang |
| C. jaringan epitel |                    |
11. Bagian sel saraf yang berfungsi untuk menghantarkan impuls dari badan sel menuju neuron lain adalah ....
- |            |           |
|------------|-----------|
| 1) neurit  | 3) akson  |
| 2) dendrit | 4) mielin |
12. Otot rangka dan otot jantung memiliki persamaan dalam hal ....

- A. bentuk miofibril
  - B. letak inti sel
  - C. jumlah inti sel
  - D. tipe kontrol
  - E. respon terhadap rangsang
13. Jaringan yang berkembang dari lapisan embrional ektoderm adalah ....
- 1) jaringan saraf
  - 2) otot rangka
  - 3) jaringan epitel
  - 4) otot jantung
14. Organ yang merupakan kelenjar eksokrin sekaligus endokrin adalah ....
- A. ileum
  - B. hati
  - C. pankreas
  - D. ovarium
  - E. lambung
15. Jaringan parenkim dapat ditemukan pada bagian tubuh tumbuhan, yaitu ....
- A. semua bagian tumbuhan
  - B. pada organ pokok tumbuhan
  - C. pada ujung akar dan ujung batang
  - D. pada alat reproduksi tumbuhan
  - E. hanya pada jaringan masa embrional
16. Jaringan muda tumbuhan bersifat meristematis. Jika dipotong menjadi 2 atau lebih, masing-masing potongan akan tumbuh menjadi tanaman baru. Hal ini terjadi karena jaringan muda tumbuhan mempunyai kemampuan ....
- A. genetis
  - B. reproduksi
  - C. spesialisasi
  - D. diferensiasi
  - E. totipotensi
17. Berikut ini macam jaringan pada tumbuhan.
- 1. Epidermis
  - 2. Kolenkim
  - 3. Kambium
  - 4. Meristem
  - 5. Sklerenkim
- Di antara jaringan tersebut yang setiap sel-selnya membelah untuk

menunjang pertumbuhan adalah ....

- A. 1 dan 2
- B. 2 dan 3
- C. 3 dan 4
- D. 4 dan 5
- E. 5 dan 1

18. Pernyataan berikut yang terkait dengan jaringan parenkim adalah ....

- 1) menimbun cadangan makanan
- 2) penyusun utama korteks batang
- 3) tempat asimilasi karbon di mesofil daun
- 4) mengangkut zat-zat secara ekstrasikular

19. Jaringan meristem yang terdapat pada tumbuhan dewasa adalah ....

- A. epitelium
- B. kambium
- C. xilem
- D. floem
- E. sklerenkim

20. Jaringan yang disusun oleh sel-sel yang telah mati adalah...

- A. felogen dan felem
- B. kolenkim dan sklerenkim
- C. sklereid dan trakeid
- D. parenkim dan kolenkim
- E. xilem dan floem

21. Sel-sel berikut merupakan tempat utama fotosintesis pada daun ....

- A. sel-sel penjaga
- B. sel-sel kolenkim
- C. sel-sel bunga karang
- D. sel-sel palisade
- E. sel-sel epidermal

22. Jaringan permanen di bawah ini merupakan jaringan yang sel-selnya telah berhenti tumbuh, *kecuali* ....

- A. sklerenkim
- B. epidermis
- C. kambium
- D. xilem
- E. floem

23. Kapas yang dapat dibuat benang untuk kain merupakan modifikasi

dari sel ....

- A. epidermis
- B. parenkim
- C. kolenkim
- D. sklerenkim
- E. meristem

24. Sel-sel perisikel dari akar tumbuhan mampu membentuk akar cabang.

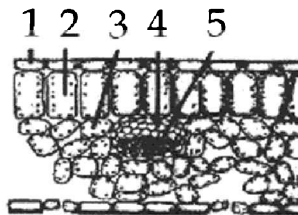
### SEBAB

Jaringan perisikel dan kambium memiliki sifat meristematik.

25. Fungsi jaringan epidermis yang telah mati akan digantikan oleh ....

- A. kutikula
- B. spina
- C. felogen
- D. feloderm
- E. felem

26. Perhatikan gambar penampang daun berikut!



Sumber gambar: naskah soal UN SMA IPA Biologi tahun 2009

Tempat terbentuknya karbohidrat ditunjukkan oleh nomor ....

- A. 1 dan 2
- B. 1 dan 4
- C. 2 dan 3
- D. 3 dan 4
- E. 4 dan 5

27. Fotosintesis terutama terjadi di dalam jaringan bunga karang

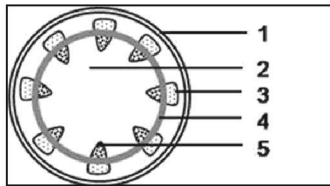


daripada jaringan tiang.

**SEBAB**

Jaringan bunga karang mengandung klorofil lebih banyak dibandingkan jaringan tiang.

28. Berikut ini gambar penampang batang dikotil.



Sumber gambar: naskah soal UN SMA IPA Biologi tahun 2011

Bagian yang berfungsi sebagai pembuluh yang dilalui oleh air maupun unsur hara dari dalam tanah adalah nomor ....

- |      |      |
|------|------|
| A. 1 | D. 4 |
| B. 2 | E. 5 |
| C. 3 |      |
29. Batang monokotil dapat membesar karena adanya aktivitas kambium.

**SEBAB**

Kambium merupakan jaringan yang berperan terhadap pertumbuhan sekunder batang.

30. Pembentukan akar cabang pada tumbuhan dikotil terjadi karena aktivitas ....
- |               |             |
|---------------|-------------|
| A. endodermis | D. floem    |
| B. perisikel  | E. parenkim |
| C. korteks    |             |



# SISTEM GERAK

# 12

Sistem gerak pada manusia dibentuk oleh rangka dan otot. Rangka merupakan susunan tulang yang berfungsi sebagai alat gerak pasif. Sementara otot yang memiliki kemampuan untuk berkontraksi berperan sebagai penggerak tulang dan disebut alat gerak aktif.

## A. RANGKA TUBUH MANUSIA

Rangka tubuh manusia berfungsi untuk menopang dan menjaga bentuk tubuh. Rangka juga berfungsi sebagai tempat melekatnya otot sehingga memungkinkan terjadinya gerakan, melindungi organ dalam tubuh, tempat menyimpan mineral serta merupakan tempat pembentukan sel-sel darah (hemopoiesis).

### a. Tulang Penyusun Rangka

Rangka tubuh manusia disusun oleh sekitar 206 tulang. Berdasarkan jenisnya, tulang penyusun rangka tubuh dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu tulang keras (osteon) dan tulang rawan (kartilago).

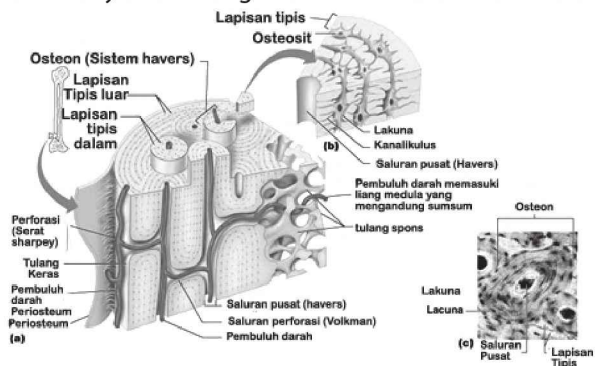
#### 1. *Osteon*

Osteon tersusun atas osteosit (sel tulang sejati), serabut kolagen, dan matriks berupa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan kalsium fosfat ( $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ ). Matriks dari kalsium inilah yang menyebabkan osteon menjadi keras. Proses pembentukan tulang disebut dengan proses osifikasi dimana osteoblast

(sel tulang muda) akan berkembang menjadi osteosit. Tulang dilapisi oleh periosteum dibagian luar dan endosteum dibagian dalam yang membatasi rongga sumsum.

Berdasarkan rongga-rongga yang dikandungnya, tulang dibedakan menjadi **tulang spongiosa** dan **tulang kompakta**. Tulang spongiosa mengandung banyak rongga-rongga yang diisi oleh sumsum merah yang memproduksi sel-sel darah, terdapat dibagian epifisis (ujung tulang). Tulang kompakta mengandung sedikit rongga-rongga, terdapat disepanjang tulang dan melapisi tulang spongiosa. Tulang kompakta sangat kuat dan berfungsi untuk menahan beban.

Tulang kompakta terdiri dari sistem-sistem Havers, yang tersusun atas : saluran Havers, kanalikuli, lamela, dan lakuna. Saluran Havers terletak di bagian pusat sistem dimana didalamnya terdapat pembuluh darah, saraf dan limfe. Di sekeliling saluran Havers terdapat lamella-lamella konsentris dan berlapis-lapis. Lamella adalah suatu zat interseluler berkapur. Pada lamella terdapat rongga lakuna yang didalamnya terdapat osteosit. Dari lakuna keluar ke segala arah saluran-saluran kecil yang disebut kanalikuli yang berhubungan dengan lakuna lain atau saluran Havers. Kanalikuli penting dalam pemberian nutrisi untuk osteosit. Antara satu saluran Havers dengan saluran Havers lainnya dihubungkan oleh saluran Volkmann.



Gambar 12.1 Struktur Osteon  
Sumber gambar : Pearson Education, 2004

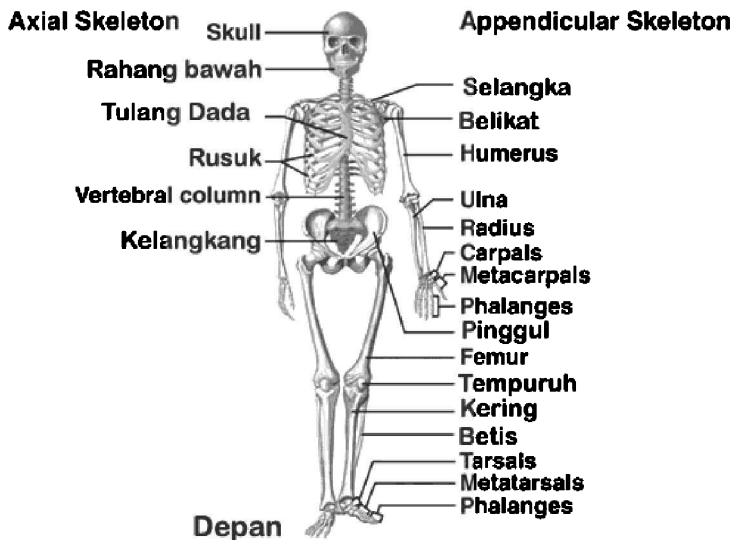
## 2. Kartilago

Tulang rawan tidak mengandung pembuluh darah dan saraf, kecuali lapisan luarnya (perichondrium). Tulang rawan terdiri dari zat interseluler berupa kondroitin sulfat yang didalamnya terdapat serabut kolagen dan elastin. Pada zat interseluler terdapat rongga-rongga yang disebut lakuna yang berisi kondrosit (sel tulang rawan). Berdasarkan strukturnya, kartilago dapat dibedakan menjadi kartilago fibrosa, hyalin dan elastin. Berikut ini ciri jenis-jenis tulang rawan:

Jenis	Ciri	Letak
1. Kartilago Fibrosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengandung bundel-bundel serat kolagen sehingga sangat kuat dan kaku</li> <li>• Berwarna buram keputihan dan bersifat keras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discus vertebra, symphysis pubis</li> </ul>
2. Kartilago Hyalin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengandung serat-serat kolagen dan kondrosit</li> <li>• Berwarna putih kebiru-biruan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rangka janin, tulang rawan rusuk, saluran pernapasan</li> </ul>
3. Kartilago Elastin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengandung banyak serabut elastin</li> <li>• Berwarna buram kekuningan, bersifat fleksibel dan elastis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tulang hidung, daun telinga, epiglotis, saluran eustachius</li> </ul>

## b. Organisasi Rangka Tubuh Manusia

Rangka manusia dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu rangka aksial dan apendikular. Rangka aksial atau rangka yang membentuk sumbu tubuh tersusun atas tulang : tengkorak, vertebra, sternum dan costae. Sedangkan rangka apendikular yaitu rangka tambahan berupa singulum (gelang) dan ekstremitas (alat gerak). Tulang-tulang penyusun rangka aksial dan apendikular dapat dilihat pada tabel di bawah ini:



Gambar 12.2 Rangka aksial dan apendikular  
Sumber gambar : [www.rci.rutgers.edu](http://www.rci.rutgers.edu)

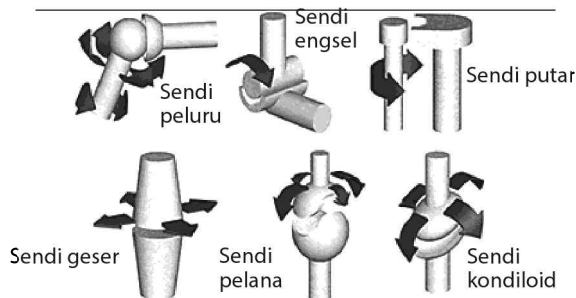
## b. Hubungan Antartulang (Artikulasi)

Rangka tubuh manusia dibangun oleh tulang-tulang yang saling berhubungan satu sama lain. Hubungan antartulang ini disebut artikulasi. Hubungan antartulang yang terbentuk memungkinkan terjadinya gerakan atau malah menyebabkan bagian tersebut tidak dapat bergerak sama sekali. Artikulasi dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

1. **Sinartrosis** (sendi mati) merupakan hubungan antartulang yang tidak memungkinkan terjadinya gerakan. Sinartrosis dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:
  - **Sinartrosis sinkondrosis**, yaitu apabila kedua ujung tulang dihubungkan oleh jaringan tulang rawan (kartilago), contohnya hubungan antar ruas tulang belakang.
  - **Sinartrosis sinfibrosis**, yaitu apabila kedua ujung tulang dihubungkan oleh selaput jaringan ikat, contohnya hubungan antartulang tengkorak (sutura).
2. **Amfiartrosis** (sendi kaku) merupakan hubungan antartulang yang masih memungkinkan terjadinya gerakan walaupun sangat terbatas, contohnya hubungan antara tulang rusuk dengan tulang dada.
3. **Diartrosis** (sendi gerak) merupakan hubungan antartulang yang memungkinkan terjadinya gerak bebas. Berdasarkan arah geraknya, sendi gerak dapat dibedakan menjadi, sendi peluru, sendi engsel, sendi putar, sendi pelana, sendi geser dan sendi kondiloid (lihat gambar 12.3).
  - Sendi peluru merupakan persendian antara ujung tulang berbentuk bonggol yang masuk ke dalam rongga seperti mangkuk pada ujung tulang lain sehingga memungkinkan terjadinya gerakan ke segala arah, contoh: tulang paha dengan tulang pinggul dan tulang lengan atas dengan tulang belikat.
  - Sendi engsel merupakan persendian antara permukaan cembung ujung tulang yang masuk ke dalam permukaan cekung ujung tulang lain sehingga memungkinkan terjadinya gerakan satu arah, contoh: hubungan tulang pada lutut dan siku.
  - Sendi putar merupakan persendian antar tonjolan mirip pasak dari ujung tulang yang dapat berputar dalam lubang berbentuk cincin dari tulang yang lain atau sebaliknya sehingga memungkinkan terjadinya gerakan memutar (rotasi), contoh: hubungan antara tulang tengkorak dengan tulang atlas.
  - Sendi pelana merupakan persendian antara kedua ujung tulang yang membentuk struktur seperti pelana kuda sehingga memungkinkan terjadinya gerakan ke dua arah (depan-belakang atau kanan-kiri), contoh: dasar ibu jari (antara tulang

pergelangan dengan metakarpal pertama ibu jari).

- Sendi geser merupakan persendian antara dua ujung tulang dengan permukaan agak rata sehingga menyebabkan terjadinya sedikit pergerseran, contoh: sendi pada tulang telapak tangan dan kaki.
- Sendi kondiloid merupakan persendian antara ujung tulang bulat telur yang bertumpu pada rongga berbentuk elips sehingga memungkinkan gerakan menekuk dan berputar secara terbatas, contoh: sendi pergelangan tangan.



Gambar 12.3. Macam-macam persendian.

Sumber gambar: Corbeil et al, 2004

### c. Gangguan dan Kelainan pada Tulang

Gangguan dan kelainan dapat menyerang tulang sehingga menyebabkan terganggunya aktivitas dan pergerakan normal tubuh. Beberapa gangguan dan kelainan yang dapat terjadi pada tulang adalah:

- ~ Infeksi oleh virus atau bakteri dapat menyebabkan seperti peradangan sendi, berupa artritis sika (keringnya sendi akibat kekurangan cairan) atau artritis eksudatif (rongga sendi terisi oleh getah radang) akibat infeksi *Neisseria gonorrhoea* dan *Treponema pallidum*, infeksi oleh virus polio dapat menyebabkan kelumpuhan karena terhambatnya pertumbuhan tulang dan abnormalitas pada tulang.
- ~ Kecelakaan dapat menyebabkan retak tulang (fisura), patah tulang (fraktura), atau robeknya selaput sendi (memar).

- ~ Sikap tubuh yang salah dapat menyebabkan tulang belakang terlalu bungkuk (kifosis), tulang belakang terlalu melengkung ke arah depan (lordosis), atau tulang belakang terlalu bengkok ke samping (skoliosis).
- ~ Defisiensi vitamin D dapat menyebabkan rakitis (pembengkokkan pada kaki atau gangguan pada proses pembentukan tulang sehingga tulang menjadi kurang keras).
- ~ Kegagalan metabolisme asam urat dapat menyebabkan gangguan sendi yang disebut penyakit gout.

## B. OTOT MANUSIA

Jaringan otot mengandung sel-sel khusus hanya memerankan satu fungsi utama yaitu kontraksi. Fungsi jaringan otot terutama sebagai alat gerak aktif, melindungi tubuh dari benturan serta tempat menyimpan glikogen (gula otot).

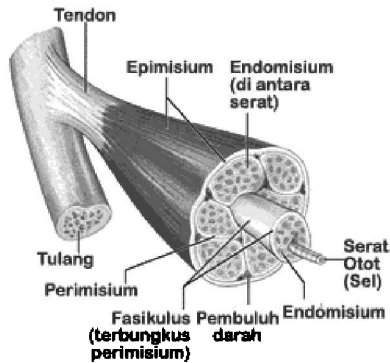
### a. Jenis Otot

Berdasarkan struktur dan letak, otot dapat dibedakan menjadi otot rangka, otot jantung dan otot polos.

#### 1. Otot rangka

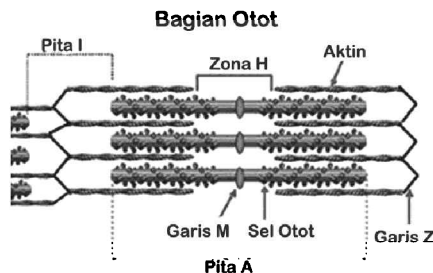
Otot rangka merupakan otot yang melekat pada rangka, sehingga berfungsi untuk menggerakkan tulang. Otot rangka diselubungi oleh selapis jaringan ikat fibrosa (fascia) yang banyak serat kolagen disebut epimysium. Terdapat tonjolan-tonjolan **epimysium** masuk ke jaringan otot disebut perimysium. **Perimysium** mengelilingi satu bundel sel-sel otot disebut **fasiculus**. Kemudian terdapat tonjolan-tonjolan perimysium yang memasuki fasiculus yang memisahkan satu sel otot dengan lainnya disebut **endomysium**. Pada ujung-ujung otot, epimysium, perimysium dan endomysium bersatu menjadi **tendon** yang melekatkan tulang dengan otot.





Gambar 12.4 Struktur otot rangka  
Sumber gambar : hmphysiology.blogspot.com

Sel otot berbentuk silindris, membran plasmanya disebut **sarcolemma** dan sitoplasmanya disebut **sarcoplasma**. Di dalam sarcoplasma terdapat banyak nukleus dan mitokondria. Pada otot rangka terlihat pola pita gelap terang sehingga disebut otot lurik. Pola gelap terang ini sebenarnya hanya terdapat pada elemen-elemen silindris yang disebut **myofibril**, dalam satu sel otot terdapat beratus-ratus myofibril. Setiap myofibril terdiri dari myofilamen-myofilamen yang tersusun dari unit-unit yang berulang-ulang disebut **sarkomer**. Setiap sarkomer terdiri dari myofilamen tebal yang terutama terdiri dari protein **miosin** dan myofilamen tipis yang terutama terdiri dari protein **aktin**. Pada protein aktin juga mengandung protein regulator berupa **troponin** dan **tropomiosin**.



Gambar 12.5 Struktur sarkomer  
Sumber gambar : www.doctorshangout.com

Sarkomer dibatasi oleh zat yang agak padat disebut **garis z**. Aktin dan miosin terletak sejajar, bagian pita yang terdapat aktin dan miosin disebut **pita A** (anisotropik) sehingga berwarna gelap. Sedangkan bagian pita yang hanya ditempati oleh aktin saja disebut **pita I** (isotropik) yang berwarna terang. **Zona H** hanya ditempati oleh miosin saja, ditengah zona H terdapat **garis M** berupa benang-benang halus yang menghubungkan antar miosin.

## 2. *Otot jantung*

Seperti sel-sel otot rangka, sel otot jantung bersifat lurik dengan aktin dan miosin yang tersusun beraturan. Perbedaannya terletak pada cara kerja, dimana otot jantung bekerja secara involunter (tidak sadar). Selain itu, sel otot jantung berbentuk segi empat dengan 1 inti di tengah, sel-selnya bisa bercabang, satu sel dengan lainnya dibatasi oleh sarcolemma tebal yang melintang disebut **discus interkalar**.

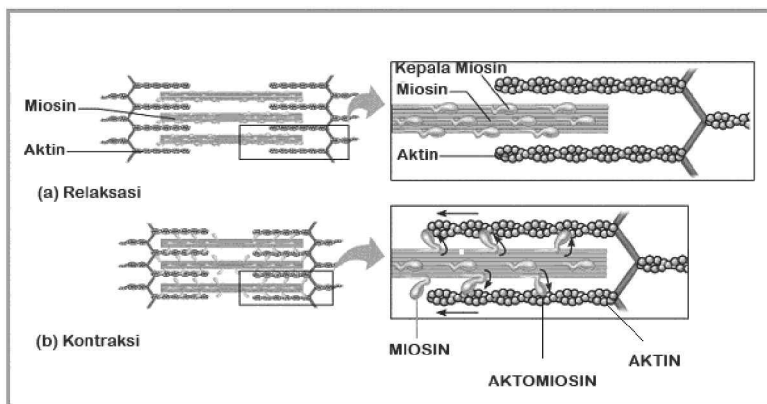
## 3. *Otot polos*

Sel otot polos berbentuk gelendong (kumparan), berinti satu, retikulum sarcoplasmanya kurang berkembang. Otot polos mengandung aktin dan miosin tetapi tidak beraturan sehingga tidak terlihat lurik. Otot polos terletak pada alat-alat dalam dan pembuluh darah, bersifat involunter.

# b. Mekanisme Kerja Otot

Otot akan berkontraksi ketika sel otot mendapat rangsangan. Rangsangan akan membawa impuls saraf ke ujung neuron yang mensarafi sel otot rangka (*neuromuscular junction*) sehingga neuron tersebut akan melepaskan neurotransmitter asetilkolin yang menyebabkan terjadinya depolarisasi sel otot, kemudian menyebabkan pembebasan ion  $\text{Ca}^{2+}$  keluar dari retikulum sarkoplasmik. Peningkatan kadar ion  $\text{Ca}^{2+}$  pada sel otot menyebabkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dapat terikat pada troponin sehingga terjadi perubahan struktur troponin yang berakibat pada terbukanya daerah aktif tropomiosin yang tertutup oleh troponin. Kini kepala miosin

akan mampu berikatan dengan filamen aktin membentuk aktomiosin. Perombakan ATP yang membebaskan energi menyebabkan miosin mampu menarik aktin ke dalam sehingga terjadi pemendekan sarkomer. Miosin akan terlepas dari aktin dan jembatan aktomiosin akan putus ketika molekul ATP baru terikat pada kepala miosin. Siklus ini akan terus berulang selama otot dirangsang untuk berkontraksi serta tersedia ATP dan ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Pada saat impuls berhenti, maka ion  $\text{Ca}^{2+}$  akan kembali ke retikulum sarkoplasmik dan troponin akan kembali ke kondisi semula dan menutupi daerah tropomiosin sehingga menyebabkan otot berelaksasi. Energi untuk melakukan kontraksi otot berasal dari ATP (adenosin trifosfat) dan CP (kreatinin fosfat) yang ada di dalam otot.



Gambar 12.6. Mekanisme kerja otot  
Sumber gambar: masihtertulis.blogspot.com

### c. Sifat Gerak Otot

Beragam gerakan tubuh dapat terjadi karena adanya otot yang melekat pada tulang. Pelekatan otot pada tulang dapat berupa **origo**, yaitu ujung otot melekat pada tulang yang sedikit atau tidak bergerak selama berkontraksi (origo) atau **insersio**, yaitu bagian ujung otot yang lain melekat pada tulang dan mengalami perubahan kedudukan selama otot berkontraksi. Terjadinya suatu gerakan dapat melibatkan dua atau lebih kerja otot lurik secara bersamaan. Kerja otot yang terjadi dapat bersifat **sinergis** (bersamaan) atau **antagonis** (berlawanan).

1. **Sinergis** merupakan kerja otot dalam satu arah gerak untuk menghasilkan gerak, contoh: kerja otot pronator teres dan otot pronator kuadratus ketika menengadahkan dan menelungkupkan telapak tangan.
2. **Antagonis** merupakan kerja otot yang berlawanan, apabila otot yang berkontraksi maka otot yang lain akan berelaksasi untuk menghasilkan gerakan tertentu, contoh: kerja otot bisep dan otot trisep ketika membengkokkan (**fleksor**) dan meluruskan (**ekstensor**) lengan. Arah gerak otot antagonis juga dapat berupa, **abduktor-adduktor** (gerak menjauhkan dan mendekatkan tungkai dari sumbu tubuh), **depresor-elevator** (gerak ke arah bawah dan ke arah atas), dan **supinator-pronator** (gerak menengadahkan dan menelungkup).

#### d. Gangguan dan Kelainan pada Otot

Gangguan dan kelainan pada otot dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti infeksi kuman penyakit, kecelakaan, atau aktivitas tertentu. Beberapa gangguan dan kelainan yang dapat terjadi pada otot, di antaranya:

- ~ Tetanus merupakan kejang pada otot akibat kontraksi otot secara terus-menerus yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Clostridium tetani*, dapat dicegah atau diobati dengan ATS (*Anti Tetanus Serum*).
- ~ Atrofi otot (mengecilnya otot) umumnya dipicu oleh infeksi virus penyebab penyakit *poliomyelitis*, dapat dicegah dengan imunisasi polio saat bayi. Atrofi otot juga dapat disebabkan otot tidak digunakan beraktivitas untuk waktu yang cukup lama.
- ~ Kram dan kaku leher (*stiff*) akibat aktivitas yang terlalu berat dan terus-menerus serta salah gerak.
- ~ Distrofi otot atau gangguan otot bawaan merupakan penyakit kronis pada otot yang disebabkan oleh faktor genetis.
- ~ Hernia abdominal terjadi ketika otot perut sobek atau melemah sehingga tidak dapat menahan usus dengan baik.
- ~ Miastenia gravis disebabkan oleh antibodi yang menyerang dan menghancurkan reseptor penerima saraf pada serat otot sehingga otot menjadi sangat lambat atau bahkan tidak dapat terangsang sama sekali untuk berkontraksi akibatnya otot berangsur-angsur melemah dan dapat menjadi lumpuh.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Pernyataan yang tepat mengenai rangka adalah ....
  - A. setiap tulang rawan akan mengalami osifikasi menjadi tulang keras
  - B. hubungan antartulang rangka selalu dapat menghasilkan gerak
  - C. rangka apendikular terutama berperan dalam pergerakan anggota tubuh
  - D. rangka sumbu terdiri dari tengkorak, tulang badan, dan tulang anggota gerak
  - E. rangka merupakan satu-satunya komponen alat gerak tubuh

**Jawaban: C**

Rangka tambahan terdiri dari tulang bahu, tulang panggul, dan tulang anggota gerak yang terutama berperan dalam pergerakan anggota tubuh. Rangka sumbu terdiri dari tulang tengkorak dan tulang badan. Tidak semua tulang rawan mengalami osifikasi, contoh: tulang rawan pada daun telinga dan ujung hidung. Komponen alat gerak tubuh tidak hanya terdiri dari rangka, tetapi juga otot.

2. Berikut ini adalah tulang yang tidak termasuk tulang penyusun rangka apendikular adalah ....
  - A. tulang belikat
  - B. tulang pengumpil
  - C. tulang hasta
  - D. tulang tempurung lutut
  - E. tulang baji

**Jawaban: E**

Tulang belikat merupakan tulang penyusun bahu, tulang hasta dan tulang pengumpil merupakan tulang penyusun anggota gerak atas, dan tulang tempurung lutut adalah penyusun anggota gerak bawah. Kesemua tulang tersebut merupakan penyusun rangka apendikular, sedangkan tulang baji merupakan tulang penyusun tengkorak. Dan tengkorak termasuk rangka aksial.

3. Artikulasi yang tidak memungkinkan terjadinya pergerakan tulang adalah ....
- A. diartrosis
  - B. amfiartrosis
  - C. sendi peluru
  - D. sendi geser
  - E. sinartrosis

**Jawaban: E**

**Sinartrosis** (sendi mati) merupakan hubungan antartulang yang tidak memungkinkan terjadinya gerakan, **amfiartrosis** (sendi kaku) merupakan hubungan antartulang yang masih memungkinkan terjadinya gerakan walaupun sangat terbatas, dan **diartrosis** (sendi gerak) merupakan hubungan antartulang yang memungkinkan terjadinya gerak bebas. Berdasarkan arah geraknya, sendi gerak dapat dibedakan menjadi, sendi peluru, sendi engsel, sendi putar, sendi pelana, sendi geser dan sendi kondiloid.

4. Perhatikan gambar di bawah ini!



Sumber gambar: Corbeil et al, 2004

Persendian pada gambar di atas dapat ditemukan pada tulang ....

- 1. Tulang lutut
- 2. Tulang pergelangan tangan
- 3. Tulang siku
- 4. Tulang pangkal lengan

**Jawaban: B**

Sendi engsel merupakan persendian antara permukaan cembung ujung tulang yang masuk ke dalam permukaan cekung ujung tulang lain, sehingga memungkinkan terjadinya gerakan satu arah, contoh: hubungan tulang pada lutut, siku, dan mata kaki.

5. Gangguan sendi yang disebabkan oleh infeksi bakteri dan kegagalan metabolisme asam urat secara berturut-turut disebut ....
- A. artritis eksudatif dan gout
  - B. gout dan artritis eksudatif
  - C. rakitis dan gout
  - D. polio dan rakitis
  - E. ogut dan polio

**Jawaban: A**

Sendi engsel merupakan persendian antara permukaan cembung ujung tulang yang masuk ke dalam permukaan cekung ujung tulang lain sehingga memungkinkan terjadinya gerakan satu arah, contoh: hubungan tulang pada lutut, siku, dan mata kaki.

6. Komponen sistem gerak yang juga merupakan organ penerima rangsang adalah ....
- A. otot
  - B. tulang
  - C. sendi
  - D. osteon
  - E. lakuna

**Jawaban: A**

Otot merupakan organ yang juga berperan dalam menerima rangsang, terutama rangsang internal dalam tubuh. Sebagai contoh laju kontraksi sel-sel otot jantung akan meningkat ketika kadar epinefrin dalam darah meningkat atau sel-sel otot polos pada usus akan berkontraksi ketika terdapat makanan di dalamnya.

7. Pernyataan yang tepat mengenai ligamen adalah ....
- A. jaringan ikat yang menghubungkan tulang dengan otot
  - B. jaringan otot yang mengelilingi tulang
  - C. jaringan ikat yang menghubungkan tulang dengan tulang
  - D. jaringan otot yang melekat pada tulang
  - E. jaringan ikat yang hanya ditemukan pada tulang rawan

**Jawaban: C**

Ligamen merupakan jaringan ikat yang menghubungkan tulang dengan tulang lainnya.

8. Struktur yang melekatkan otot pada tulang adalah ....
- A. ligamen
  - B. sendi
  - C. origo
  - D. insersio
  - E. tendon

**Jawaban: E**

Tendon adalah jaringan ikat yang melekatkan otot kepada tulang..

9. Komponen yang dibutuhkan agar kontraksi otot dapat terus berlangsung adalah ....
- 1) ATP
  - 2) ADP
  - 3) ion kalsium
  - 4) ion kalium

**Jawaban: B**

Pada proses kontraksi otot, dibutuhkan  $\text{Ca}^{2+}$  yang akan berikatan dengan Troponin. Hal ini mengakibatkan Tropomiosin bergeser dan membuka sisi aktin yang dapat berlekatan dengan miosin. Agar miosin dapat berikatan dengan aktin, dibutuhkan energi berupa ATP.

10. Pada penderita miastenia gravis, kontraksi otot menjadi lambat atau bahkan tidak dapat terjadi sama sekali. Hal ini disebabkan oleh ....
- A. tubuh membentuk antibodi yang menyerang kanal ion kalsium
  - B. tubuh membentuk antibodi yang menyerang protein aktin
  - C. tubuh membentuk antibodi yang menyerang reseptor asetilkolin
  - D. tubuh membentuk antibodi yang menyerang neurotransmitter asetilkolin
  - E. tubuh membentuk antibodi yang menyerang sel otot

**Jawaban: C**

Kontraksi otot pada penderita miastenia gravis menjadi lambat atau bahkan terhambat dikarenakan tubuh penderita memproduksi antibodi yang menyerang reseptor asetilkolin pada sel otot sehingga sel otot lambat atau tidak dapat terdepolarisasi akibatnya ion  $\text{Ca}^{2+}$



lambat atau tidak dapat dibebaskan dari retikulum sarkoplasma. Sementara ion  $\text{Ca}^{2+}$  merupakan salah satu komponen utama yang dibutuhkan untuk kontraksi otot. Ion  $\text{Ca}^{2+}$  berperan dalam membuka daerah aktif tropomiosin yang tertutup oleh troponin sehingga kepala miosin dapat berikatan dengan filamen aktin membentuk aktomiosin.

# LATIHAN SOAL 12

1. Rangka manusia mempunyai beberapa fungsi sebagai berikut, *kecuali ....*
  - A. memberi bentuk pada tubuh
  - B. untuk pergerakan aktif
  - C. mengokohkan tubuh
  - D. untuk melekatkan otot rangka
  - E. untuk melindungi alat-alat vital
2. Jaringan tulang rawan terdapat pada ....
  - 1) Hidung
  - 2) Persendian
  - 3) Telinga
  - 4) Saluran pernafasan
3. Manakah pernyataan yang paling tepat mengenai hubungan antartulang berikut ini?
  - A. setiap bentuk hubungan antartulang memungkinkan terjadinya gerak.
  - B. hanya hubungan antartulang diartrosis yang memungkinkan terjadinya gerak.
  - C. setiap hubungan antartulang dibentuk oleh jaringan tulang sejati.
  - D. persendian atau diartrosis memungkinkan terjadinya gerak bebas.
  - E. pada rangka manusia hanya ditemukan artikulasi diartrosis.

- 
- A diagram of the human skeleton with five labels pointing to specific bones: 1 points to the humerus (upper arm), 2 points to the radius (lower arm), 3 points to the ulna (lower arm), 4 points to the femur (thigh), and 5 points to the tibia (shin).

A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4  
E. 5

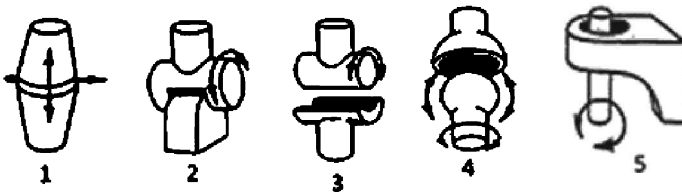
- 
- The diagram illustrates the location of the **Sendi** (wrist) joint in a human hand. An arrow points to the base of the hand where the forearm bones meet the hand bones. A circular inset provides a detailed view of the joint structure, showing the articulation of the bones and the surrounding ligaments.

374 BIG BOOK

Persendian yang ditunjuk pada gambar dinamakan sendi ....

- |           |           |
|-----------|-----------|
| A. putar  | D. luncur |
| B. peluru | E. engsel |
| C. pelana |           |

7. Perhatikan gambar sendi di bawah ini!



Sumber gambar: naskah soal UN Biologi SMA tahun 2011

Sendi yang dapat menggerakkan tulang ibu jari adalah ....

- |      |      |
|------|------|
| A. 1 | D. 4 |
| B. 2 | E. 5 |
| C. 3 |      |

8. Persendian antara tulang-tulang yang membentuk tengkorak disebut sendi ....

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| A. sinfibrosis   | D. amfiartrosis |
| B. sinkrondrosis | E. diartrosis   |
| C. sinartrosis   |                 |

9. Perhatikan kelainan pada tulang berikut ini!



Sumber gambar: naskah soal UN Biologi SMA tahun 2006

Kelainan tulang tersebut dinamakan ....

- A. skoliosis
- B. kifosis
- C. lordosis
- D. fraktura
- E. fisura

10. Perhatikan gambar di bawah ini!



Sumber gambar: [www.klikdokter.com](http://www.klikdokter.com)

Kelainan apakah yang diderita oleh balita pada gambar di atas dan apakah kemungkinan penyebab munculnya kelainan tersebut ....

- A. rakitis; defisiensi vitamin D
- B. fraktura; defisiensi hormon tiroid
- C. artritis eksudatif; kurang paparan cahaya matahari
- D. artritis sika; infeksi bakteri
- E. gout; kegagalan metabolisme asam urat

11. Miofibril merupakan struktur otot yang melakukan kontraksi.

### SEBAB

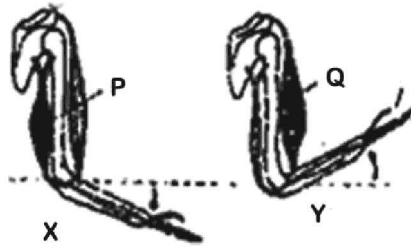
Miofibril disusun oleh filamen aktin dan miosin yang dapat berkontraksi.

12. Neurotransmitter yang dilepaskan oleh neuron yang mensarafi sel otot adalah ....

- A. serotonin
- B. asetilkolin
- C. epinefrin
- D. norepinefrin
- E. dopamin

13. Pelekatan ujung otot pada tulang yang tidak bergerak disebut ....
- A. insersi
  - B. interverensi
  - C. kontraksi
  - D. ligamen
  - E. origo
14. Berikut ini adalah proses yang terkait dengan mekanisme kerja otot.
- 1. Pembentukan kompleks aktomiosin
  - 2. Pelepasan asetilkolin
  - 3. Perombakan ATP
  - 4. Kontraksi
  - 5. Penerimaan rangsang
- Tahapan mekanisme kontraksi otot yang tepat adalah ....
- A. 5-1-2-3-4
  - B. 5-2-3-1-4
  - C. 5-2-1-3-4
  - D. 5-3-2-1-4
  - E. 5-3-2-1-4
15. Kontraksi otot ditandai dengan ....
- 1) Pemendekan sarkomer
  - 2) Pemanjangan sarkomer
  - 3) Pemendekan zona H
  - 4) Pemanjangan zona H
16. Berikut ini merupakan otot-otot yang cara kerjanya saling antagonis adalah ....
- 1) Ekstensor dan abduktor
  - 2) Pronator dan supinator
  - 3) Abduktor dan elevator
  - 4) Ekstensor dan fleksor

17. Berikut ini gambar mekanisme antagonistik otot lengan.



Sumber gambar: naskah soal UN Biologi SMA tahun 2005

Perubahan posisi lengan bawah dari X ke posisi Y disebabkan ....

- A. kontraksi otot bisep
  - B. kontraksi otot trisep
  - C. kontraksi otot bisep dan trisep
  - D. relaksi otot bisep
  - E. relaksasi otot trisep
18. Gerak peristaltik pada usus disebabkan karena kontraksi otot polos.

#### SEBAB

Otot polos yang membangun dinding usus dapat berkontraksi di luar kehendak kita.

19. Penderita osteoporosis, kemungkinan disebabkan kelebihan hormon ....
- A. kalsitonin
  - B. prolaktin
  - C. parathormon
  - D. kortikoid
  - E. epinefrin
20. Miastenia gravis dapat menyebabkan otot melemah atau bahkan kelumpuhan.

#### SEBAB

Penyakit ini membentuk antibodi yang menyerang protein aktin pada miofibril.

21. Otot jantung dan otot polos memiliki kesamaan dalam hal ....
  - A. jumlah inti
  - B. percabangan
  - C. bentuk miofibril
  - D. respon terhadap rangsang
  - E. tempat ditemukan
22. Kelainan pada tulang yang disebabkan oleh kekurangan mineral sehingga tidak terjadi pengerasan tulang dan tulang menjadi lunak disebut ....
  - A. osteomalasia
  - B. osteosarkoma
  - C. osteoporosis
  - D. rakitis
  - E. arthritis
23. Bagian tulang pipa yang dapat bertambah panjang selama masa pertumbuhan adalah ....
  - A. epifisis
  - B. cakra epifisis
  - C. diafisis
  - D. osteoblas
  - E. osteoklas
24. Nutrisi dari darah dapat diterima oleh osteosit karena adanya struktur ....
  - A. lakuna
  - B. kanalikuli
  - C. lamela
  - D. saluran harves
  - E. miofibril
25. Fungsi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dalam kontraksi otot adalah ....
  - A. berikatan dengan troponin sehingga daerah aktif tropomiosin terbuka
  - B. mengubah struktur miosin sehingga dapat berikatan dengan aktin
  - C. membantu mempercepat pemisahan kompleks aktomiosin
  - D. mengubah struktur tropomiosin sehingga kompleks aktomiosin dapat terbentuk
  - E. membantu proses pengikatan ATP ke kepala miosin



26. Fungsi dari tendon adalah ....
- A. melekatkan tulang pada tulang
  - B. melekatkan tulang pada sendi
  - C. melekatkan otot pada tulang
  - D. melekatkan otot pada otot
  - E. melekatkan otot pada sendi
27. Penimbunan asam laktat pada sel otot terjadi sebagai akibat ....
- 1) Otot beraktivitas ringan
  - 2) Kurangnya kadar oksigen pada sel otot
  - 3) Kurangnya kadar kalsium pada otot
  - 4) Otot beraktivitas berat
28. Berikut ini yang merupakan komponen pembangun persendian adalah ....
- 1) Tulang rawan sendi
  - 2) Kapsul sendi
  - 3) Rongga sendi
  - 4) Minyak sinovial
29. Cairan sendi berfungsi sebagai pelumas yang memungkinkan terjadinya gerak bebas pada persendian. Kelainan apakah yang terjadi jika kadar cairan tersebut berkurang ....
- A. artritis sika
  - B. artritis eksudatif
  - C. rakitis
  - D. skoliosis
  - E. sklerosis
30. Depresor dan fleksor merupakan otot-otot yang bekerja secara antagonis.

### SEBAB

Depresor merupakan otot yang berfungsi meluruskan, sedangkan fleksor merupakan otot yang berfungsi membengkokkan.



# SISTEM SIRKULASI

# 13

Sistem sirkulasi manusia disusun oleh sistem peredaran darah dan sistem limfatik (peredaran getah bening).

## A. SISTEM PEREDARAN DARAH

Sistem peredaran darah terutama berperan dalam proses pengangkutan seperti: sari-sari makanan, gas, hormon dan sampah metabolisme. Selain itu darah juga berperan dalam sistem pertahanan tubuh (immunitas) dan proses pembekuan darah. Sistem peredaran darah pada manusia berupa peredaran tertutup yaitu darah berada di dalam pembuluh darah dan peredaran darah ganda dimana darah memasuki jantung sebanyak dua kali. Sistem peredaran darah disusun oleh darah dan alat peredaran darah.

### a. Darah

Darah terdiri dari dua komponen, yaitu plasma darah dan sel-sel darah. Dari total volume darah dalam tubuh manusia, 55% dari volume darah adalah plasma atau cairan darah, 45% sisanya berupa sel darah yang disebut juga unsur seluler.

#### 1. Plasma

Plasma darah manusia tersusun atas 91% air, sisanya terdiri dari senyawa organik dan anorganik yang terlarut dalam air,

antara lain protein albumin, globulin, fibrinogen, hormon, antibodi, berbagai macam mineral, glukosa, urea, asam amino, dll. Plasma darah terutama berperan untuk mengangkut sari-sari makanan, hormon dan sampah metabolisme.

## 2. Sel darah

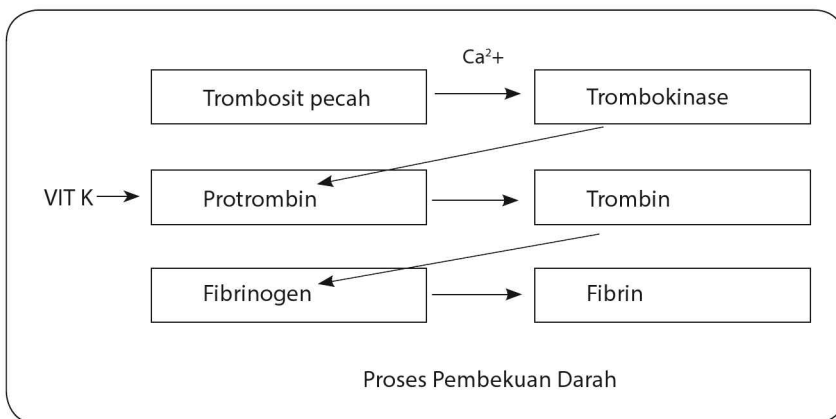
Sel-sel darah manusia terdiri atas eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih) dan trombosit (keping darah).

- **Eritrosit** memiliki bentuk bikonkaf, tidak memiliki inti dan organel sel lainnya, serta mengandung hemoglobin. Hemoglobin memiliki empat gugus Fe yang masing-masing dapat berikatan dengan satu molekul oksigen sehingga setiap komponen hemoglobin mampu mengikat empat molekul oksigen. Eritrosit merupakan komponen sel dengan jumlah terbanyak dalam darah, yaitu sekitar  $5 \times 10^6$  sel/mm<sup>3</sup> pada pria dan  $4,5 \times 10^6$  sel/mm<sup>3</sup> pada wanita.
- **Leukosit** terutama berperan dalam sistem immunitas atau pertahanan tubuh. Leukosit terdiri atas sel darah putih bergranula (granulosit) dan sel darah putih tidak bergranula (agranulosit). Dalam keadaan normal, jumlah leukosit dalam darah berjumlah 6000-10.000 sel/mm<sup>3</sup> darah. Macam dan peranan leukosit dapat dilihat pada tabel 13.1 berikut ini.

Leukosit	Struktur	Fungsi
1. Granulosit		
a. Neutrofil	• Diameter sel 10-12µm, memiliki tiga lobus inti dan bergranula	• Bersifat fagosit (disebut juga makrofag), sel darah putih yang pertama kali menyerang patogen
b. Basofil	• Diameter sel 9-10µm, memiliki dua lobus inti dan bergranula cukup besar	• Berperan dalam respon inflamasi (peradangan)
c. Eosinofil	• Diameter sel 10-12µm, memiliki dua lobus inti dan granula	• Bersifat fagosit (disebut juga makrofag), melahap kompleks antigen-antibodi

2. Agranulosit		
a. Monosit	• Diameter sel 12-16µm, inti sel relatif lebih kecil dibandingkan inti sel pada limfosit	• Bersifat fagosit (disebut juga sebagai makrofag)
b. Limfosit	• Diameter sel 6-8µm, inti sel besar (hampir memenuhi seluruh bagian sitoplasma)	• Terdiri dari sel limfosit T yang menyerang agen penyakit atau parasit; dan sel limfosit B yang menghasilkan antibodi

- **Trombosit** merupakan sel yang tidak memiliki inti dan berfungsi dalam proses pembekuan darah. Dalam keadaan normal, jumlah trombosit dalam darah adalah 150.000-500.000 sel trombosit/mm<sup>3</sup>. Pada saat terjadi luka, trombosit bergerak mendekati luka dan mengeluarkan trombokinase. Dengan bantuan ion kalsium, trombokinase mengubah protrombin menjadi trombin, selanjutnya trombin mengubah fibrinogen menjadi benang-benang fibrin



## b. Golongan Darah

### 1. Sistem ABO

Sistem penggolongan darah ABO dilakukan berdasarkan ada tidaknya aglutinogen pada sel darah merah. Aglutinogen

adalah jenis antigen yang terdapat pada permukaan sel darah merah, sedangkan aglutinin adalah antibodi yang terdapat pada plasma. Ketika aglutinin dalam plasma darah bertemu dengan aglutinogen pada permukaan membran sel darah merah maka akan terjadi aglutinasi atau pengumpulan sel darah merah. Sistem penggolongan darah ABO terdiri dari empat jenis golongan darah, yaitu A, B, AB, dan O. Perhatikan tabel 13.2. di bawah ini.

Golongan Darah	Genotip	Aglutinin	Aglutinin
A	$I^A I^A, I^A I^O$	A	$\beta$
B	$I^B I^B, I^O I^O$	B	$\alpha$
AB	$I^A I^B$	A dan B	-
O	$I^O I^O$	-	$\alpha$ dan $\beta$

Resipien (orang yang menerima darah) bergolongan darah A tidak dapat menerima transfusi darah dari pendonor (orang memberikan darah) bergolongan darah B karena aglutinin  $\beta$  pada plasma darah resipien akan menyerang aglutinogen B pada sel darah merah pendonor sehingga terjadi aglutinasi darah pada resepien, begitu pula sebaliknya. Orang bergolongan darah AB disebut resipien universal karena dapat menerima donor semua golongan darah sebab pada plasmanya tidak terdapat aglutinin, namun tidak dapat mendonorkan darahnya kecuali bagi sesama golongan darah AB karena memiliki aglutinogen A dan B. Orang bergolongan darah O memiliki aglutinin  $\alpha$  dan  $\beta$  sehingga tidak dapat menerima donor darah dari selain golongan darah O, namun dapat mendonorkan darahnya ke semua golongan darah karena sel darah merahnya tidak memiliki aglutinogen. Oleh karena itu, orang dengan golongan darah O disebut **donor universal**.

## 2. Sistem Rhesus

Penggolongan darah sistem Rhesus didasarkan pada ada tidaknya aglutinogen Rhesus dalam darah.

Golongan Darah	Genotip	Aglutinin Rhesus
Rhesus +	$I^{Rh}I^{Rh}, I^{Rh}i^{rh}$	Ada
Rhesus -	$i^{rh}i^{rh}$	Tidak ada

Jika seorang wanita rhesus negatif menikah dengan pria rhesus positif dan memiliki anak yang bergolongan rhesus positif dapat menyebabkan peristiwa eritroblastosis fetalis yaitu kerusakan eritrosit janin karena diserang oleh antibodi ibu, mengakibatkan kematian janin dan umumnya terjadi pada kehamilan kedua.

### c. Alat-Alat Peredaran Darah

Alat peredaran darah pada manusia terdiri dari pembuluh darah dan jantung.

#### 1. Pembuluh Darah

Pembuluh darah manusia terdiri dari pembuluh nadi (arteri), pembuluh balik (vena) dan pembuluh kapiler.

- Arteri

Pembuluh nadi atau arteri adalah pembuluh yang membawa darah keluar dari jantung. Pembuluh ini memiliki karakteristik, yaitu dinding pembuluh yang kuat dan elastis dengan diameter lebar serta terletak jauh dari permukaan tubuh. Darah pada arteri banyak mengandung oksigen kecuali arteri pulmonalis, banyak mengandung karbondioksida.

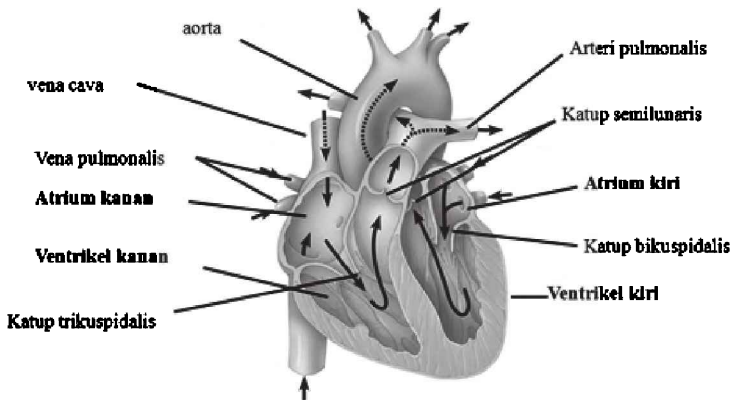
- Vena

Pembuluh balik atau vena adalah pembuluh yang membawa darah menuju jantung. Pembuluh ini memiliki karakteristik, yaitu dinding pembuluh tipis, tidak elastis, diameter lebar dengan rongga pembuluh yang juga lebar, dan memiliki katup di sepanjang pembuluh yang berfungsi untuk memastikan darah mengalir ke satu arah menuju jantung. Vena biasanya terletak dekat permukaan tubuh. Darah pada vena banyak mengandung karbondioksida, kecuali pada vena pulmonalis banyak mengandung oksigen.

- **Kapiler**  
Pembuluh kapiler adalah pembuluh yang berhubungan langsung dengan sel-sel tubuh, pembuluh ini sangat tipis karena hanya disusun oleh satu lapis sel endotelium. Struktur ini memungkinkan terjadinya pertukaran zat atau substansi dengan sel-sel tubuh sehingga nutrisi dan oksigen dapat diserap oleh sel-sel tubuh, sebaliknya sisa metabolisme dapat dikeluarkan dari sel-sel tubuh dan diangkut oleh darah menuju organ ekskresi.

## 2. *Jantung*

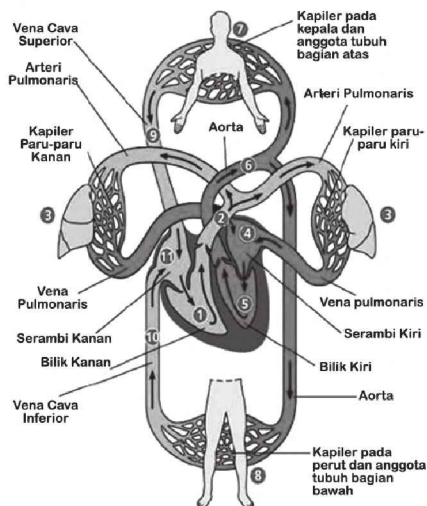
Jantung merupakan organ yang bertugas untuk memompa darah. Jantung manusia tersusun atas empat ruang, yaitu **atrium dekstra (serambi kanan), atrium sinistra (serambi kiri), ventrikel dekstra (bilik kanan), dan ventrikel sinistra (bilik kiri)**. Serambi kanan dan bilik kanan dipisahkan oleh katup trikuspidalis, sedangkan serambi kiri dan bilik kiri dipisahkan oleh katup bikuspidalis. Terdapat katup semilunaris yang memisahkan antara bilik kanan dengan arteri pulmonalis serta antara bilik kiri dengan aorta.



Gambar 13.1 Struktur anatomi jantung manusia  
Sumber gambar: Campbell, 2004

Saat otot bilik jantung berelaksasi, darah yang kaya karbondioksida dari vena kava superior dan vena kava inferior masuk ke dalam serambi kanan lalu dialirkan menuju bilik kanan dan darah dari vena pulmonalis yang kaya oksigen masuk ke serambi kiri lalu dialirkan menuju bilik kiri. Saat kedua bilik jantung telah cukup terisi oleh darah, otot bilik jantung akan berkontraksi, darah dalam bilik kanan akan dipompakan menuju paru-paru melalui arteri paru-paru (arteri pulmonalis), sedangkan darah dalam bilik kiri akan dipompakan ke seluruh tubuh melalui aorta. Tekanan darah pada saat bilik jantung berelaksasi disebut **diastol**, sedangkan tekanan darah pada saat bilik jantung berkontraksi disebut **sistol**. Orang dewasa normal umumnya memiliki tekanan sistol 120 mm Hg dan tekanan diastol 80 mm Hg. Tekanan darah dapat diukur dengan menggunakan tensimeter. Otot jantung memperoleh nutrisi dan oksigen melalui pembuluh arteri koronaria.

Peredaran darah manusia terdiri atas **peredaran darah kecil** atau **sirkulasi pulmonar** dan peredaran darah besar atau **sirkulasi sistemik** (Gambar 13.2)



Gambar 13.2 Sistem peredaran darah  
Sumber gambar: Sherwood, 2010



- Peredaran Darah Kecil (Sirkulasi Pulmonar) : bilik kanan → arteri pulmonalis → paru-paru → vena pulmonalis → serambi kiri.
- Peredaran Darah Besar (Sirkulasi Sistemik) : bilik kiri → aorta → seluruh tubuh → vena kava → serambi kanan.

## **B. SISTEM LIMFATIK**

Sistem limfatik adalah sistem tubuh yang berperan pada proses mengalirkan cairan intersital, mentranspor lemak, dan memfasilitasi reaksi imun. Sistem limfatik tersusun dari cairan limfe yang mengalir di dalam pembuluh limfatik, organ jaringan limfatik dan sumsum tulang merah.

### **a. Pembuluh Limfatik**

Kapiler limfatik adalah suatu saluran dengan ujung tertutup yang terletak pada ruang antar sel. Kapiler-kapiler limfatik akan bertemu dan membentuk pembuluh limfatik yang lebih besar. Melalui pembuluh limfatik, cairan limfe mengalir menuju dua saluran utama, yaitu pembuluh limfe kiri dan kanan. Pembuluh limfe kiri menerima cairan limfe dari kepala bagian kiri, leher, dada, lengan kiri bawah tulang rusuk kemudian dialirkan ke vena. Pembuluh limfe kanan menerima cairan limfe dari bagian atas kanan tubuh dan mengalirkannya menuju vena.

### **b. Jaringan dan Organ Limfatik**

Jaringan dan organ limfatik dikelompokkan menjadi dua berdasarkan fungsi, yaitu organ limfatik primer dan sekunder. Organ limfatik primer meliputi sumsum tulang merah dan kelenjar timus, sedangkan organ limfatik sekunder meliputi nodus limfe, limpa dan nodulus limfatikus.

## **C. Kelainan Pada Sistem Sirkulasi**

Gangguan pada sistem sirkulasi dapat disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya faktor genetis, kelainan atau kerusakan pada komponen pembangun sistem sirkulasi, dll. Beberapa gangguan tersebut, antara lain:

- ~ Anemia adalah kondisi dimana kadar hemoglobin rendah, sehingga tubuh kekurangan suplai oksigen
- ~ Leukimia adalah peningkatan jumlah sel darah putih sangat jauh di atas normal akibat aktivitas pembelahan sel darah putih yang tidak terkendali.
- ~ Leukopenia adalah kondisi dimana jumlah sel darah putih di bawah normal, sehingga rentan terhadap infeksi patogen.
- ~ Hemofilia adalah gangguan pada proses pembekuan darah, tubuh tidak dapat melakukan pembekuan darah akibat kelainan pada gen hemofilia pada kromosom X.
- ~ Talasemia adalah gangguan yang disebabkan oleh faktor genetis ini terjadi karena adanya kelainan pada sel darah merah yang menyebabkan daya ikat sel darah merah terhadap oksigen menjadi rendah.
- ~ Sklerosis adalah penyumbatan pada pembuluh nadi atau arteri. Penyumbatan arteri oleh endapan lemak disebut aterosklerosis, sedangkan penyumbatan pembuluh arteri oleh endapan senyawa kapur disebut arteriosklerosis.
- ~ Stroke adalah penyempitan pembuluh darah pada otak sehingga suplai darah ke otak terhenti dan terjadi kerusakan atau kematian sel-sel otak.
- ~ Varises adalah pelebaran pembuluh darah vena yang umumnya terjadi di bagian betis. Pelebaran pembuluh darah vena di daerah anus disebut ambeien atau wasir.
- ~ Hipertensi adalah tekanan darah tinggi, yaitu ketika nilai ambang tekanan sistolik 140-200 mm Hg atau lebih dan tekanan diastolik 90-110 mm Hg atau lebih.
- ~ Hipotensi adalah tekanan darah rendah, yaitu ketika tekanan sistolik di bawah 100 mm Hg.
- ~ Jantung koroner atau koronariasis, yaitu penyumbatan pembuluh arteri koronaria sehingga suplai darah menuju jantung terganggu. Akibatnya kerja jantung pun terganggu.
- ~ Trombus atau embolus adalah penyakit jantung yang disebabkan terjadinya penggumpalan di dalam pembuluh arteri koronaria.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Fungsi proteksi oleh darah ditunjukkan dengan ....
  - A. kemampuan darah mengangkut nutrisi dan oksigen ke seluruh tubuh
  - B. kemampuan sel darah putih untuk menghasilkan antibodi
  - C. keterlibatan darah dalam mengatur suhu tubuh
  - D. kemampuan darah mengangkut sisa metabolisme menuju organ ekskresi
  - E. keterlibatan darah dalam menjaga keseimbangan elektrolit tubuh

**Jawaban: B**

Fungsi proteksi darah diantaranya terlihat pada mekanisme pembekuan darah oleh trombosit, fagositosis (proses melahap kemudian menghancurkan) partikel asing oleh sel darah putih, dan produksi antibodi oleh sel plasma (limfosit B) yang berperan untuk menyerang patogen.

2. Manakah di antara sel-sel darah putih berikut ini yang memiliki sifat fagositosis?
  - 1) monosit
  - 2) eosinofil
  - 3) neutrofil
  - 4) basofil

**Jawaban: A**

Sifat fagositosis adalah kemampuan sel darah putih untuk memakan molekul asing. Sel darah putih yang memiliki sifat tersebut adalah neutrofil dan eosinofil (mikrofag) dan monosit (makrofag).

3. Komponen darah yang bertanggung jawab dalam mengangkut hormon adalah ....
  - A. eritrosit
  - B. leukosit
  - C. plasma darah
  - D. trombosit
  - E. limfosit

**Jawaban: C**

Hormon diangkut oleh plasma darah atau komponen cairan darah menuju organ target.

4. Pada saat terjadi luka, trombosit akan mengeluarkan ....
- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| A. trombin    | D. trombokinase |
| B. protrombin | E. fibrinogen   |
| C. vitamin K  |                 |

**Jawaban: D**

Pada saat terjadi luka, trombosit bergerak mendekati luka dan mengeluarkan trombokinase. Dengan bantuan ion kalsium dan vitamin K, trombokinase mengubah protrombin menjadi trombin, selanjutnya trombin mengubah fibrinogen menjadi benang-benang fibrin.

5. Apakah yang terjadi jika orang bergolongan darah AB menerima donor dari orang bergolongan darah O?
- A. terjadi aglutinasi karena golongan darah AB memiliki aglutinin  $\alpha$  dan  $\beta$  yang akan menggumpalkan aglutinogen pada golongan darah O
  - B. terjadi aglutinasi karena golongan darah O memiliki aglutinogen yang akan diserang oleh aglutinin  $\alpha$  dan  $\beta$  dari golongan darah AB
  - C. tidak terjadi aglutinasi karena golongan darah AB dan golongan darah O, keduanya tidak memiliki aglutinin
  - D. tidak terjadi aglutinasi karena golongan darah O tidak memiliki aglutinin dan golongan darah AB tidak memiliki aglutinogen
  - E. tidak terjadi aglutinasi karena golongan darah AB tidak memiliki aglutinin dan golongan darah O tidak memiliki aglutinogen

**Jawaban: E**

Apabila orang bergolongan darah AB menerima donor dari orang bergolongan darah O maka tidak akan menimbulkan aglutinasi, karena golongan darah AB tidak memiliki aglutinin (antibodi) yang akan menggumpalkan aglutinogen. Selain itu, golongan darah O tidak memiliki aglutinogen yang dapat diserang oleh aglutinin.

6. Perhatikanlah ciri-ciri pembuluh darah berikut ini!

1. Memiliki endotelium
2. Lapisan otot polos tebal
3. Lapisan jaringan ikat fibrosa tebal
4. Lapisan otot polos tipis
5. Tidak memiliki lapisan elastis

Manakah merupakan ciri pembuluh darah arteri?

- |                |                |
|----------------|----------------|
| A. 1, 2, dan 3 | D. 1, 2, dan 5 |
| B. 1, 4, dan 3 | E. 1, 4, dan 5 |
| C. 1, 5, dan 3 |                |

**Jawaban: A**

Pembuluh nadi atau arteri adalah pembuluh yang membawa darah keluar dari jantung. Pembuluh ini memiliki karakteristik, yaitu dinding pembuluh kuat dan elastis yang terdiri dari lapisan endotelium, lapisan elastis, lapisan otot polos tebal, dan lapisan jaringan ikat fibrosa.

7. Berikut ini adalah pernyataan yang tepat mengenai pembuluh kapiler, *kecuali* ....

- A. kapiler merupakan pembuluh darah berukuran paling kecil
- B. tempat terjadinya pertukaran zat dari darah menuju sel atau sebaliknya
- C. dinding pembuluh memiliki lapisan otot yang tipis
- D. dinding pembuluh hanya memiliki selapis sel endotelium
- E. dinding pembuluh tidak memiliki lapisan jaringan ikat fibrosa

**Jawaban: C**

Pembuluh kapiler adalah pembuluh yang berhubungan langsung dengan sel-sel tubuh, pembuluh ini sangat tipis karena hanya disusun oleh satu lapis sel endotelium. Struktur ini memungkinkan terjadinya pertukaran zat atau substansi dengan sel-sel tubuh sehingga nutrisi dan oksigen dapat diserap oleh sel-sel tubuh, sebaliknya sisa metabolisme dapat dikeluarkan dari sel-sel tubuh dan diangkut oleh darah menuju organ ekskresi.

8. Pembuluh darah yang mengalirkan darah dari paru-paru menuju jantung adalah ....
- A. arteri pulmonalis
  - B. vena pulmonalis
  - C. arteri koronaria
  - D. vena kava superior
  - E. vena kava inferior

**Jawaban: B**

Vena adalah pembuluh yang membawa darah menuju jantung, vena pulmonalis merupakan pembuluh yang mengalirkan darah dari paru-paru menuju jantung.

9. Pernyataan di bawah ini benar mengenai sistem limfatik adalah ....
- A. terlibat dalam sistem kekebalan tubuh
  - B. pergerakan cairan di pembuluh karena kontraksi otot polos
  - C. berperan dalam pengangkutan mineral dan vitamin
  - D. pembuluh limfe mirip dengan pembuluh arteri
  - E. zat yang diangkutnya selalu di dalam pembuluh

**Jawaban : A**

Sistem limfatik adalah sistem tubuh yang berperan pada proses mengalirkan cairan intersital, mentranspor lemak, dan memfasilitasi reaksi imun.

10. Sistem peredaran limfatik adalah sistem peredaran tertutup.

### **SEBAB**

Cairan limfe selalu beredar di dalam pembuluh.

**Jawaban : E**

Sistem peredaran limfatik adalah sistem peredaran terbuka, walaupun terdapat pembuluh limfe tetapi cairan limfe dapat berada diluar pembuluh.

# LATIHAN SOAL 13

1. Yang bukan merupakan fungsi dari sistem sirkulasi adalah ....
  - A. mengangkut sisa metabolisme menuju organ ekskresi
  - B. mengangkut nutrisi ke seluruh jaringan tubuh
  - C. menghantarkan rangsang menuju organ target
  - D. menghantarkan hormon menuju organ target
  - E. mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh
2. Selain bersifat fagositik, leukosit juga berperan dalam menjaga sistem kekebalan tubuh dengan memproduksi ....
  - A. antibiotik
  - B. antigen
  - C. antibodi
  - D. toksin
  - E. trombin
3. Berikut ini gambar sel darah hasil pemeriksaan laboratorium seseorang.



Sumber gambar: naskah soal SBMPTN Biologi tahun 2008

Jumlah sel gambar 1 adalah 4000 butir/mm<sup>3</sup>, gambar 2 adalah 2000 butir/mm<sup>3</sup>. Analisis dari laboratorium tersebut adalah ....

- A. gambar 1 dan 2 adalah sel darah merah, indikasi anemia
- B. gambar 1 dan 3 adalah sel darah merah, indikasi infeksi





7. Darah yang kaya karbondioksida terdapat pada ....
  1. Vena kava superior
  2. Arteri pulmonalis
  3. Vena kava inferior
  4. Arteri koronaria
  
8. Pembuluh darah yang mengangkut nutrisi dan oksigen ke otot jantung adalah ....
 

A. kapiler	D. arteri pulmonalis
B. arteriol	E. arteri koronaria
C. venula	
  
9. Orang yang hidup di gunung yang tinggi mempunyai jumlah eritrosit lebih banyak dibandingkan dengan orang yang hidup di dataran rendah.

### SEBAB

Tekanan udara di gunung lebih rendah dibandingkan dengan tekanan udara di dataran rendah.

10. Perhatikan hasil uji golongan darah berikut ini!

**Anti-A    Anti-B    Control**



Sumber gambar : [www.homehealth-uk.com](http://www.homehealth-uk.com)

Hasil tersebut menunjukkan bahwa darah yang diuji bergolongan ....

- |       |                    |
|-------|--------------------|
| A. A  | D. O               |
| B. B  | E. Rh <sup>+</sup> |
| C. AB |                    |

11. Aglutinasi akan terjadi apabila orang bergolongan darah A menerima transfusi darah dari golongan darah O.

**SEBAB**

Golongan darah A memiliki aglutinogen A pada sel darah merah dan aglutinin  $\beta$  pada plasma darahnya.

12. Semua arteri berperan untuk mengalirkan darah yang kaya akan oksigen.

**SEBAB**

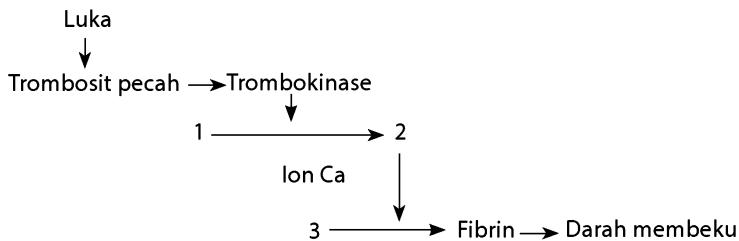
Arteri berperan untuk mengalirkan darah keluar dari jantung.

13. Bila hasil pengukuran tekanan darah seseorang tertulis angka 120/90 mm Hg, berarti tekanan sistolnya adalah 120.

**SEBAB**

Tekanan sistol terjadi pada saat atrium berkontraksi.

14. Perhatikan skema pembekuan darah berikut ini!



Berdasarkan skema di atas, nomor 1, 2, dan 3 secara berurutan menunjukkan ....

- A. trombin, protrombin, dan fibrinogen
- B. protrombin, trombin, dan fibrinogen
- C. fibrinogen, trombin, dan protrombin
- D. protrombin, fibrinogen, dan trombosit
- E. trombosit, protrombin, dan fibrinogen

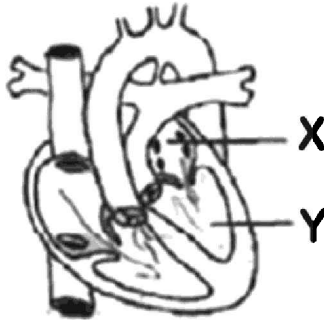
15. Salah satu penyebab terjadinya pembekuan darah jika terjadi luka adalah karena kekurangan vitamin K.

### **SEBAB**

Vitamin K sangat diperlukan untuk proses mengaktivasi protrombin menjadi trombin pada proses pembekuan darah.

16. Pernyataan yang benar berikut ini adalah ....
- 1) Katup atrioventrikuler berfungsi mencegah aliran darah dari bilik ke serambi selama sistol
  - 2) Rangsangan parasimpatik menurunkan frekuensi denyut jantung
  - 3) Katup semilunaris mencegah aliran balik dari aorta dan arteri pulmonalis ke bilik selama diastol
  - 4) Otot-otot jantung bekerja dengan sendirinya tanpa kita sadari
17. Alat peredaran darah berikut ini yang membawa darah kaya akan oksigen adalah ....
- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| A. arteri pulmonalis  | D. vena kava superior |
| B. vena renalis       | E. vena pulmonalis    |
| C. vena kava inferior |                       |
18. Jalur aliran darah pada peredaran darah kecil adalah ....
- A. jantung – aorta – seluruh tubuh – vena kava – jantung
  - B. jantung – aorta – paru-paru – vena kava – jantung
  - C. jantung – vena pulmonalis – paru-paru – arteri pulmonalis – jantung
  - D. jantung – arteri pulmonalis – paru-paru – vena pulmonalis – jantung
  - E. jantung – arteri pulmonalis – seluruh tubuh – vena pulmonalis – jantung

19. Perhatikan gambar jantung berikut!



Sumber gambar: naskah soal SBMPTN Biologi tahun 2011

Dari tabel berikut yang menyatakan fungsi X dan Y adalah ....

	Fungsi X	Fungsi Y
A.	Menerima darah dari seluruh tubuh	Memompa darah ke seluruh tubuh
B.	Menerima darah ke seluruh tubuh	Menerima darah dari paru-paru
C.	Menerima darah dari paru-paru	Memompa darah ke seluruh tubuh
D.	Menerima darah dari seluruh tubuh	Memompa darah ke paru-paru
E.	Menerima darah dari dalam	Memompa darah ke paru-paru

20. Dalam peredaran darah manusia, jantung adalah sebagai alat pompa darah. Darah dari jantung beredar menuju jaringan melalui pembuluh darah ....
- A. arteri yang berdinding tebal, kuat, dan elastis
  - B. arteri yang berdinding tipis, lemah, dan tidak elastis
  - C. vena yang berdinding tebal, kuat, dan elastis
  - D. vena yang berdinding tipis, lemah, dan tidak elastis
  - E. arteri pulmonalis yang dilapisi endotelium dan dikelilingi otot polos
21. Sistem peredaran darah yang membawa hasil pencernaan dari usus halus vertebrata adalah sistem vena ....
- A. intestinalis
  - B. porta renalis
  - C. pulmonalis
  - D. porta hepaticus
  - E. abdominalis
22. Uji laboratorium terhadap sampel darah seorang ibu menunjukkan kadar LDL melebihi normal dan kadar HDL kurang dari normal. Ibu tersebut disarankan untuk memperbaiki pola makan agar terhindar dari penyakit pengerasan pembuluh nadi yang disebut penyakit ....
- A. sklerosis
  - B. trombosis
  - C. hipertensi
  - D. arteriosklerosis
  - E. aterosklerosis
23. Selain penerbangan secara akrobatik, anoksia pada manusia dapat pula disebabkan ....
- 1. Mendaki gunung yang sangat tinggi
  - 2. Adanya gas CO dalam udara
  - 3. Kehilangan banyak darah karena luka
  - 4. Infeksi virus pernapasan
24. Serum adalah plasma darah tanpa fibrinogen, banyak digunakan untuk pengobatan karena mengandung ....
- A. immunoglobulin
  - B. albumin
  - C. fibrinogen
  - D. aglutinogen
  - E. lipoprotein

25. Pelepasan hormon tertentu dalam tubuh dapat menyebabkan terjadinya vasokonstriksi. Peristiwa vasokonstriksi terkait dengan ....
- peningkatan aliran darah di aorta
  - perubahan diameter pembuluh arteri
  - pengaturan kontraksi pada otot jantung
  - pengaturan katup atrioventrikular
  - volume darah yang masuk ke jantung
26. Pembuluh limfe kanan berfungsi menampung cairan limfe yang berasal dari ....
- daerah leher kepala
  - leher bagian kanan
  - dada bagian kanan
  - lengan kanan
  - tubuh bagian bawah
27. Berikut ini jaringan dan organ limfatik, *kecuali* ....
- timus
  - parotis
  - limpa
  - tonsil
  - nodus limfa
28. Di bawah ini zat yang secara normal tidak terdapat dalam sistem pembuluh limfe adalah ....
- antibodi
  - leukosit
  - nutrien
  - eritrosit
  - vitamin D
29. Cairan limfe dapat mengalir di dalam pembuluh limfea karena ....
- kontraksi otot rangka
  - kontraksi otot polos di kelenjar limfe
  - dorongan katup di pembuluh limfe
  - dorongan atrium sinister saat kontraksi
  - terjadi penyempitan di nodus limfe
30. Sistem peredaran limfe (getah bening) manusia merupakan ....
- sistem peredaran terbuka
  - sistem peredaran tertutup
  - peredaran darah besar
  - peredaran darah kecil
  - gastrovaskuler





# SISTEM PENCERNAAN

# 14

Pencernaan adalah proses penting bagi tubuh agar memperoleh sumber energi. Pencernaan akan memecah makanan menjadi nutrisi yang bisa diserap tubuh. Nutrisi ini nantinya yang akan bermanfaat untuk produksi energi, pertumbuhan, perkembangan tubuh, dan perbaikan sel-sel tubuh.

## A. NUTRISI

Tubuh kita membutuhkan makanan yang seimbang, yaitu yang dapat memenuhi kebutuhan energi kimiawi tubuh, dapat menjadi molekul organik pembangun tubuh, dan dapat menyediakan nutrisi penting untuk tubuh. Makanan yang masuk ke dalam tubuh akan diproses dalam sistem pencernaan, baik secara mekanik maupun kimiawi, untuk menghasilkan zat-zat yang bisa diserap tubuh. Makanan berfungsi sebagai sumber energi, pembangun tubuh, pemelihara proses-proses tubuh serta pertahanan tubuh. Berdasarkan jumlah yang dibutuhkan oleh tubuh, nutrisi dapat dibedakan menjadi makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien adalah nutrisi yang diperlukan dalam jumlah banyak, seperti karbohidrat, lemak dan protein. Mikronutrien adalah nutrisi yang diperlukan dalam jumlah kecil, seperti vitamin dan mineral.



## **a. Karbohidrat**

Karbohidrat adalah sumber utama karbon organik bagi tubuh kita. Strukturnya tersusun atas unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) dengan rumus umum  $C_nH_{2n}O_n$ . Karbohidrat terkandung pada bahan makanan antara lain padi, beras, sagu, jagung, ubi, dan singkong.

Fungsi karbohidrat, yaitu:

- ~ Sumber energi utama, 1 gram menghasilkan 4,1 kalori
- ~ Pengatur proses metabolisme.
- ~ Menjaga keseimbangan asam dan basa.
- ~ Bahan pembentuk struktur tubuh.

Berdasarkan gugus gulanya, struktur karbohidrat dapat dibagi menjadi: monosakarida, disakarida dan polisakarida. Monosakarida yaitu karbohidrat dengan satu gugus gula, contohnya: galaktosa, fruktosa, dan glukosa. Disakarida yaitu karbohidrat dengan dua gugus gula. Contohnya, sukrosa, maltosa, dan laktosa. Polisakarida adalah karbohidrat kompleks yang terdiri atas banyak gugus gula, contohnya: selulosa, amilum, dan pektin.

## **b. Lemak**

Lemak merupakan kelompok lipid, yaitu molekul hidrofobik yang tidak larut dalam air. Lipid hanya dapat larut dalam pelarut organik seperti kloroform, eter, dan benzena. Struktur lemak terdiri dari satu molekul gliserol dengan tiga gugus hidroksil (-OH) dan asam lemak yang tersusun dari rantai hidrokarbon (CH) dan gugus karboksil (-COOH). Bahan makanan yang mengandung lemak dapat berasal dari tumbuhan (lemak nabati), yaitu kelapa, kacang tanah, dan lainnya, maupun dari hewan (lemak hewani), yaitu minyak ikan, telur, dan lainnya.

Fungsi lipid, yaitu:

- ~ Penyusun membran sel, yaitu membentuk molekul fosfolipid
- ~ Sumber energi dengan nilai paling besar, setiap 1 gram menghasilkan 9,3 kalori
- ~ Pembawa nutrisi esensial, contohnya vitamin yang hanya larut dalam lemak
- ~ Melindungi organ-organ tubuh bagian dalam
- ~ Lemak melindungi tubuh dari suhu lingkungan yang rendah

### c. Protein

Protein merupakan molekul organik yang tersusun atas satu atau lebih polimer yang disebut **polipeptida**. Polipeptida adalah rantai yang tersusun atas monomer berupa asam amino-asam amino yang diikat melalui **ikatan peptida**. Setiap asam amino memiliki satu atom karbon (C), yang mengikat satu atom hidrogen (H), satu gugus amin ( $\text{NH}_2$ ), satu gugus karboksil ( $-\text{COOH}$ ), dan lainnya (gugus R, misalnya, sulfur atau fosfor).

Fungsi protein, yaitu :

- ~ Zat pembangun tubuh
- ~ Sumber energi, setiap 1 gram menghasilkan 4,1 kalori
- ~ Memperbaiki sel dan jaringan yang rusak
- ~ Berperan dalam sistem kekebalan tubuh, sebagai komponen antibodi
- ~ Menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh
- ~ Komponen enzim, hormon, antibodi, kromosom

Ribuan jenis protein disintesis di ribosom dengan struktur dan fungsi yang spesifik. Ada 20 jenis asam amino yang dikombinasikan untuk membuat protein. Tak semua asam amino dapat diproduksi sendiri oleh tubuh, ada asam amino yang diperoleh dari makanan, disebut sebagai **asam amino esensial** (lihat Tabel 14.1). Sumber protein bagi manusia bisa diperoleh dari daging, telur, susu, kacang-kacangan, dan lainnya.

Tabel 14.1 Asam Amino Esensial dan Non-Esensial

Asam Amino Esensial		Asam Amino Non-Esensial	
• Isoleusin	• Histidin	• Alanin	• Prolin
• Leusin	• Treonin	• Aspargin	• Serin
• Metionin	• Triptofan	• Asam aspartat	• Tirosin
• Fenilalanin	• Valin	• Sistein	• Asam glutamat
• Lisin	• Arginin	• Glisin	• Glutamin

### d. Mineral

Mineral merupakan zat anorganik yang terdapat di alam maupun tubuh dalam bentuk ion. Mineral termasuk nutrisi esensial yang

dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil. Konsumsi mineral tidak akan memberikan energi, tetapi bermanfaat dalam menjaga keseimbangan metabolisme tubuh. Fungsi utama mineral antara lain menjaga kesehatan tulang dan gigi, berperan dalam produksi energi, menjaga fungsi saraf dan otot, dan menjaga imunitas tubuh. Asupan mineral diperoleh dari makanan dan tidak diproduksi di dalam tubuh. Fungsi dan sumber mineral dapat dilihat pada tabel 14.2 berikut ini.

Mineral	Fungsi	Sumber
1. Kalsium (Ca)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pembentukan tulang, pembentukan trombin, kontraksi otot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Susu, mentega, telur, wortel, sayur</li> </ul>
2. Posfor (P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proses perombakan dan pembentukan zat, mempengaruhi kontraksi otot, membantu proses penulangan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jagung, ikan, buah-buahan, kacang-kacangan</li> </ul>
3. Besi (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penyusun hemoglobin, komponen sitokrom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sayuran, hati, ikan daging, susu, kuning telur</li> </ul>
4. Yodium (I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sintesis hormon tiroksin, memperkuat gigi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Garam dapur, ikan laut, sayur hijau</li> </ul>
5. Natrium (Na)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keseimbangan nilai osmotik dan pH sel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Garam dapur</li> </ul>
6. Kalium (K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontraksi otot, transmisi impuls saraf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daging unggas, buah-buahan, sayur-sayuran</li> </ul>
7. Flour (F)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menguatkan gigi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Telur, susu, ikan laut</li> </ul>
8. Klor (Cl)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keseimbangan asam basa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Garam dapur</li> </ul>
9. Magnesium (Mg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respirasi intrasel, unsur penting dalam otot, tulang, dan eritrosit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Padi-padian, susu, daging</li> </ul>
10. Belerang (S)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Komponen penyusun beberapa vitamin, aktivator enzim</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Telur, daging, keju, sayuran</li> </ul>

## e. Vitamin

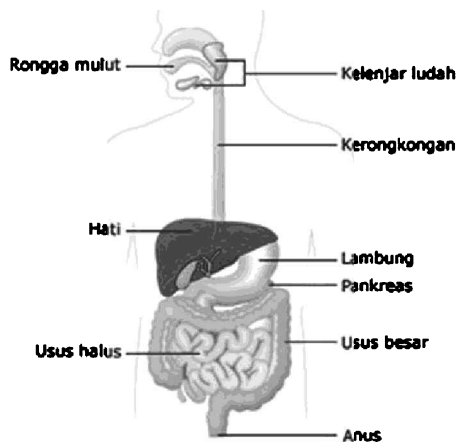
Vitamin adalah kelompok senyawa organik yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit. Vitamin tidak diproduksi oleh tubuh dan tidak menghasilkan energi. Vitamin berperan penting bagi metabolisme tubuh. Berdasarkan kemampuan melarutnya, vitamin bisa dibedakan menjadi **vitamin larut dalam lemak** dan **vitamin larut dalam air**. Vitamin larut dalam lemak, yaitu vitamin A, D, E, dan K. Vitamin larut dalam lemak disimpan di jaringan lemak tubuh selama beberapa hari bahkan beberapa disimpan selama berbulan-bulan. Vitamin larut dalam air tidak disimpan lama dalam tubuh dan akan terbuang melalui urin. Vitamin larut dalam air meliputi vitamin B dan C. Fungsi dan sumber vitamin dapat dilihat pada tabel 14.3 berikut ini.

Vitamin	Fungsi	Sumber
1. A (aseroftol)	Pertumbuhan epitel, regenerasi rodopsin di retina	Wortel, ikan, sayur
2. B		
a. B1 (aneurin)	Metabolisme karbohidrat, penyerapan air dan lemak	Ragi, kecambah, wortel, telur, susu
b. B2 (riboflavin)	Metabolisme makanan, pertumbuhan, rangsang saraf mata	Ragi, telur, hati
c. B3 (niasin)	Pembelahan dan pertumbuhan sel, mencegah pelagra	Ragi, hati, tuna, susu
d. B5 (asam pantotenat)	Koenzim (komponen enzim)	Ragi, hati, kuning telur, daging
e. B6 (piridoksin)	Pertumbuhan, pembentukan eritrosit, sel kulit, metabolisme lemak	Ragi, gandum, jagung, ikan
3. C (asam askorbat)	Pertumbuhan dinding kapiler darah	Sayur, buah segar

4. D (kalsiferol)	Mengatur kadar kapur fosfor, mengatur osifikasi (pembentukan tulang)	Minyak ikan, susu, mentega, kuning telur
5. E (tokoferol)	Mencegah perdarahan, fertilitas (kesuburan), mengatur proliferasi sel	Kecambah, kuning telur, susu, lemak, daging
6. K (filikinin)	Pembentukan protrombin	Sayuran

## B. ORGAN PENCERNAAN

Organ-organ pencernaan bekerja mencerna makanan baik secara **mekanik** maupun **kimiawi**. Pencernaan mekanik adalah proses perubahan makanan dari bentuk besar atau kasar ke bentuk yang lebih kecil dan halus. Pencernaan mekanik bertujuan memudahkan proses pencernaan kimiawi, yaitu proses perubahan zat makanan dari yang kompleks menjadi zat yang lebih sederhana dengan bantuan enzim. Pencernaan kimiawi adalah. Organ-organ pencernaan, antara lain mulut, esofagus (kerongkongan), lambung, usus halus, pankreas, hati, usus besar, dan anus.



Gambar 14.1 Sistem pencernaan manusia.  
Sumber gambar : Pustekkom Depdiknas, 2008

## a. Mulut

Dalam mulut, terjadi pencernaan secara mekanik dan kimiawi. Pencernaan secara mekanik dengan bantuan gigi, sedangkan secara kimiawi dengan bantuan enzim. Enzim terdapat dalam cairan saliva (ludah) yang dihasilkan oleh kelenjar saliva yaitu kelenjar : parotis, submandibularis dan sublingualis. Enzim yang dihasilkan di mulut yaitu **ptialin** yang mengubah amilum menjadi maltosa, dan **lipase lingua** yang mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.

## b. Esofagus

Pada esofagus terjadi gerak peristaltik, yaitu gerak meremas dan mendorong makanan. Gerak peristaltik ini disebabkan oleh kontraksi otot polosnya.

## c. Lambung

Kedua ujung lambung terdiri atas otot sfinkter kardial di sebelah atas dan otot sfinkter pilorus di bagian bawah. Otot tersusun memanjang, melingkar dan menyerong, bila otot-otot ini berkontraksi menyebabkan makanan bercampur dengan getah lambung membentuk **chyme**. Sekresi getah lambung meliputi:

- ~ Asam lambung (HCl) menyebabkan pH menjadi asam. Berfungsi mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin, dan membunuh mikroba yang masuk bersama makanan. Aktivasi pepsinogen merupakan awal pencernaan protein.
- ~ Pepsin berguna mengubah protein menjadi polipeptida kecil atau pepton. Asam lambung dihasilkan oleh chief cell, sedangkan pepsinogen dihasilkan oleh sel-sel parietal.
- ~ Lipase gastrik berfungsi memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.
- ~ Renin berfungsi mengendapkan protein susu (kasein) dari susu.
- ~ Mukus berfungsi melindungi dinding lambung dari kerusakan akibat HCl.

#### d. Hati

**Hati** merupakan kelenjar aksesoris pencernaan. Hati memproduksi **empedu** yang disimpan pada **kantung empedu**. Empedu berfungsi untuk mengubah lemak menjadi emulsi lemak. Ketika terdapat lemak di duodenum, cairan empedu ini akan disalurkan ke duodenum melalui ductus choleducus.

#### e. Pankreas

**Pankreas** merupakan kelenjar aksesoris pencernaan yang berfungsi menghasilkan hormon insulin dan glukagon untuk mengontrol kadar gula darah dan enzim pencernaan. Pankreas menghasilkan getah pankreas, yang berupa :

- ~ Bikarbonat yang membasakan pH makanan dari lambung.
- ~ Steapsin berfungsi mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.
- ~ Tripsin berfungsi mengubah protein menjadi asam amino.
- ~ Amilase yang memecah amilum menjadi maltosa.

#### f. Usus Halus

**Usus halus (intestinum)** berperan mencerna kimiawi kim dan mengabsorpsi air dan materi organik dari makanan. Usus halus terdiri atas tiga bagian, yaitu:

1. **Duodenum** atau usus 12 jari memiliki panjang hanya 25 cm dan merupakan muara dari saluran kantung empedu dan pankreas. Di duodenum terjadi pencernaan kimiawi kim dengan menggunakan senyawa yang dihasilkan pankreas dan hati.
2. **Jejunum** atau usus kosong memiliki panjang 1,5 – 1,75 m. Di jejunum terjadi pencernaan kimiawi oleh enzim-enzim yang dihasilkan dari dinding usus halus, antara lain :
  - enterokinase berfungsi mengaktifkan tripsinogen menjadi tripsin
  - laktase yang berfungsi mengubah laktosa menjadi glukosa dan galaktosa
  - erepsin yang berfungsi mengubah dipeptida atau pepton menjadi asam amino

- maltase yang berfungsi mengubah maltosa menjadi glukosa
  - lipase usus yang berfungsi mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol
3. **Ileum** atau usus penyerapan memiliki panjang 0,75 – 3,5 m. Di ileum, sari-sari makanan diserap. Pada dinding ileum dipenuhi jonjot usus (vili), yaitu struktur permukaan usus yang melekok dengan tujuan memperluas area penyerapan. Pada setiap mikrovili di sel epitel dinding usus halus, terdapat pembuluh kapiler darah dan limfa (getah bening) yang bertugas mengangkut dan mengedarkan hasil pencernaan ke seluruh tubuh. Vena porta, pada kapiler, bertugas membawa glukosa dan asam amino, sedangkan asam lemak dan gliserol akan dibawa oleh pembuluh getah bening.

### g. Usus Besar

Usus besar (kolon) berfungsi menyerap air dan elektrolit dari feses. Usus besar terdiri dari kolon ascendens (naik), transversum (mendatar), dan descendens (turun), serta sigmoid yang berhubungan dengan rektum. Kolon memiliki fungsi, yaitu:

- ~ Berperan dalam penyerapan air.
- ~ Menghasilkan vitamin K dan H melalui simbiosis dengan bakteri usus, misalnya *E. coli*.
- ~ Membentuk massa feses yang padat dari cairan.
- ~ Mendorong feses keluar dari tubuh melalui proses defekasi.

### b. Anus

**Anus** adalah tempat keluarnya feses dari tubuh. Feses akan dikumpulkan pada rektum sebelum dibuang melalui anus. Pembukaan dan penutupan anus dipengaruhi oleh otot spinkter pada rektum yang tersusun atas otot polos dan lurik.

## C. GANGGUAN SISTEM PENCERNAAN

Berbagai gangguan sistem pencernaan, antara lain:

1. Konstipasi (sembelit) terjadi bila proses defekasi sukar dilakukan akibat feses terlalu keras dan kering. Konstipasi bisa dicegah dengan mengkonsumsi banyak serat.



2. Diare terjadi bila defekasi terlalu sering dan feses mengandung banyak air. Penyebab diare antara lain stress, iritasi pada dinding usus, atau memakan makanan yang tajam (misal kelewat asam atau pedas).
3. Apendiktis (radang usus buntu) terjadi bila ada luka pada usus buntu yang menimbulkan rasa sakit.
4. Parotitis adalah infeksi pada kelenjar parotis yang disebabkan virus gondong.
5. Tukak lambung (maag/ulcer) adalah radang pada dinding lambung disebabkan infeksi bakteri *Helicobacter pylori*.
6. Hepatitis adalah infeksi virus pada hati yang mengakibatkan perusakan sel-sel hati dan penurunan fungsi hati.
7. Pankreasitis adalah peradangan pada pankreas.

## D. SISTEM PENCERNAAN HEWAN

### a. Cacing tanah

Memiliki pencernaan gastrovaskuler dengan organ berupa mulut, faring, esofagus, tembolok, usus, dan anus.

### h. Burung

Memiliki sistem pencernaan yang terdiri atas: mulut, kerongkongan beserta tembolok, lambung (dibedakan menjadi proventrikulus dan empedal untuk mencerna biji-bijian), usus halus, usus besar, dan kloaka.

### c. Hewan memamah hiak (ruminansia)

Terdiri atas: mulut, esofagus, rumen (perut besar), retikulum (perut jala), omasum (perut kitab), abomasum (perut masam), usus halus, usus besar, rektum, dan anus. Lambung ruminansia dibedakan menjadi:

1. Rumen, yaitu tempat terjadinya proses fermentasi oleh mikroorganisme.

2. Retikulum, yaitu tempat pengubahan makanan menjadi bolus.
3. Omasum, yaitu tempat terjadi pengadukan makanan secara mekanik.
4. Abomasum berperan seperti lambung manusia, yaitu tempat terjadinya pencernaan kimiawi.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Lemak dapat dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan tak jenuh. Ciri asam lemak jenuh adalah ....
  - A. berwujud cair pada suhu ruang
  - B. seluruh ikatan rantainya tunggal
  - C. memiliki ikatan rangkap pada rantai karbonnya
  - D. berasal dari pohon sawit atau jagung
  - E. bersifat esensial bagi manusia

**Jawaban: B**

Ciri asam lemak jenuh adalah seluruh ikatan rantainya tunggal (jenuh), berwujud padat pada suhu ruang, berasal dari hewan, dan bersifat non-esensial bagi manusia.

2. Pada organ-organ pencernaan berikut ini terjadi proses pencernaan makanan baik secara mekanik maupun kimiawi, *kecuali* ....
  - A. mulut dan duodenum
  - B. lambung dan ileum
  - C. ileum dan jejunum
  - D. esofagus dan kolon
  - E. mulut dan lambung

**Jawaban: D**

Pencernaan mekanik dan kimiawi terjadi di mulut dan lambung. Pada usus halus (duodenum, jejunum, dan ileum) terjadi proses pencernaan kimiawi. Pada kolon berlangsung penyerapan atau penambahan air dan pembusukan makanan. Pada esofagus tidak ada pencernaan kimiawi ataupun mekanik.

3. Bentuk karbohidrat yang diserap oleh usus halus adalah ....
- |            |             |
|------------|-------------|
| A. laktosa | D. sukrosa  |
| B. maltosa | E. selulosa |
| C. glukosa |             |

**Jawaban: C**

Pencernaan kimiawi zat pati sudah dimulai pada mulut dengan bantuan enzim ptialin yang mengubah amilum menjadi polisakarida kecil dan disakarida. Di usus halus, amilase akan memecah polisakarida kecil ataupun disakarida menjadi monosakarida yang siap diserap. Selulosa adalah polisakarida. Laktosa, maltosa, dan sukrosa merupakan disakarida. Hanya glukosa yang merupakan monosakarida.

4. Protein akan bertemu dengan enzim tripsin dan peptidase hingga dihasilkan asam amino-asam amino yang bisa diserap di intestinum. Awal pencernaan protein dimulai di ....
- |             |            |
|-------------|------------|
| A. mulut    | D. ileum   |
| B. lambung  | E. jejunum |
| C. duodenum |            |

**Jawaban: B**

Awal pencernaan protein dimulai di lambung, yaitu pelepasan HCl yang akan mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin. Pepsin selanjutnya bekerja menghidrolisis protein menjadi pepton atau molekul-molekul peptida.

5. Sekresi pankreas menghasilkan enzim ....
- |   |
|---|
| A. renin, amilase, dan tripsin            |
| B. pepsinogen, tripsin, dan enterokinase  |
| C. insulin, tripsinogen, dan enterokinase |
| D. lipase, tripsinogen, dan amilase       |
| E. nuklease, mukus, dan pepsin            |

**Jawaban: D**

Enzim dihasilkan selama proses pencernaan, antara lain:

- Mulut menghasilkan ptialin.

- Lambung menghasilkan pepsin, renin, dan lipase lambung.
- Pankreas menghasilkan amilase, lipase, dan tripsinogen.
- Usus halus menghasilkan enterokinase, maltase, laktase, sukrase, dan peptidase.

6. Trakea dan esofagus pada pencernaan manusia terhubung dengan ....
- |               |               |
|---------------|---------------|
| A. usus besar | D. rektum     |
| B. lambung    | E. epiglottis |
| C. faring     |               |

**Jawaban: C**

Trakea adalah saluran udara menuju paru-paru, sedangkan esofagus adalah saluran makanan dan air menuju lambung. Keduanya terhubung dengan faring.

7. Pasangan organ dengan fungsinya yang tidak tepat adalah...
- |                                      |
|--------------------------------------|
| A. lambung-mencerna protein          |
| B. rongga mulut-mencerna pati        |
| C. usus besar-produksi cairan empedu |
| D. usus halus-penyerapan nutrisi     |
| E. pankreas-produksi enzim           |

**Jawaban: C**

Usus besar berfungsi menyerap air dan elektrolit dari feses. Produksi cairan empedu adalah fungsi dari hati.

8. Apabila seseorang mengalami infeksi pada kelenjar empedu sehingga harus diangkat, maka kemungkinan orang tersebut harus mengurangi konsumsi ....
- |            |          |
|------------|----------|
| A. pati    | D. lemak |
| B. protein | E. air   |
| C. gula    |          |

**Jawaban: D**

Kelenjar empedu adalah hati. Apabila hati mengalami infeksi sehingga harus diangkat, maka orang tersebut akan mengalami

gangguan pada pencernaan lemak. Empedu yang dihasilkan hati berfungsi dalam mengemulsi lemak sehingga lebih mudah dicerna oleh lipase yang dihasilkan pankreas.

9. Bila seseorang berlari sejauh 1 km beberapa jam setelah makan siang, maka sumber energi utamanya kemungkinan berasal dari ....
- A. protein di otot
  - B. glikogen di otot dan hati
  - C. lemak yang tersimpan di hati
  - D. lemak pada jaringan adiposa (jaringan lemak)
  - E. protein di darah

**Jawaban: B**

Ketika berlari dan sudah diberikan asupan kalori, sumber energi utama berasal dari gula yang tersimpan di otot dan hati dalam bentuk glikogen. Gula ini berasal dari pencernaan makanan yang berlangsung sebelum berlari.

10. Semua zat di bawah ini bisa diserap dalam sistem pencernaan manusia, *kecuali* ....
- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| A. materi organik | D. elektrolit |
| B. air            | E. selulosa   |
| C. vitamin        |               |

**Jawaban: E**

Selulosa adalah polimer karbohidrat yang berupa rantai panjang. Selulosa tidak bisa diserap dalam bentuk polimer, melainkan harus dipecah dulu ke bentuk yang sederhana menggunakan enzim selulase. Enzim ini dihasilkan oleh bakteri ataupun jamur yang bersimbiosis di sistem pencernaan pada ruminansia, dan tidak ada pada manusia.

# LATIHAN SOAL 14

1. Kelebihan glukosa pada sel hewan disimpan dalam bentuk ....
  - A. glukosa
  - B. sukrosa
  - C. glikogen
  - D. laktosa
  - E. peptidoglikan
2. Pencernaan protein secara kimiawi terjadi di ....
  - 1) mulut
  - 2) usus halus
  - 3) usus besar
  - 4) lambung
3. Zat makanan yang menghasilkan energi tertinggi untuk satuan berat yang sama adalah ....
  - A. protein
  - B. vitamin
  - C. lemak
  - D. karbohidrat
  - E. serat kasar
4. Hasil pencernaan di bawah ini siap diserap oleh usus halus, *kecuali* ....
  - A. gliserol
  - B. asam amino
  - C. polipeptida
  - D. monosakarida
  - E. vitamin
5. Beri-beri merupakan gejala penyakit yang disebabkan oleh kekurangan ....
  - A. thiamin
  - B. riboflavin
  - C. asam pantotenat
  - D. piridoksin
  - E. sianokobalamin

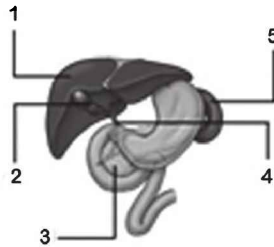
6. Fungsi karbohidrat bagi tubuh adalah ....
  - A. penyusun membran sel dalam bentuk glikolipid
  - B. jaringan pembawa dan penyimpan vitamin
  - C. berperan dalam pembentukan rantai polipeptida
  - D. membantu imunitas tubuh, yaitu dalam bentuk antibiotik
  - E. komponen penyusun membran sel dalam bentuk fosfolipid
  
7. Molekul berikut ini yang tidak dibawa oleh pembuluh kapiler darah adalah ....
  - A. glukosa
  - B. fruktosa
  - C. leusin
  - D. gliserol
  - E. glutamin
  
8. Bila kelenjar ludah tidak berfungsi maka pencernaan tepung dalam sistem pencernaan tidak terjadi.

### **SEBAB**

Tepung merupakan polimer yang dalam pencernaannya memerlukan enzim ptialin.

9. Kelenjar aksesoris pada sistem pencernaan, antara lain ....
  - A. parotis, hati, dan saluran empedu
  - B. pankreas, kantung empedu, dan sekum
  - C. esofagus, lambung, dan usus halus
  - D. duodenum, mulut, dan lambung
  - E. sublingual, hati, dan pankreas
  
10. Kelenjar ludah menghasilkan enzim ptialin yang berfungsi untuk memecah ....
  - A. amilum menjadi maltosa
  - B. sukrosa menjadi glukosa
  - C. sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa
  - D. laktosa menjadi glukosa dan galaktosa
  - E. pepton menjadi asam amino

11. Perhatikanlah gambar di bawah ini!



Sumber gb:www.cpmc.org

Struktur yang berperan menjadi tempat penyimpanan empedu sebelum dilepaskan ke usus halus ditunjukkan oleh nomor ....

- A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4  
E. 5

Perhatikanlah skema berikut ini untuk menjawab pertanyaan no 12-14!



12. Enzim 1 dan 2 yang diaktivasi oleh HCl dan enterokinase pada skema di atas adalah ....

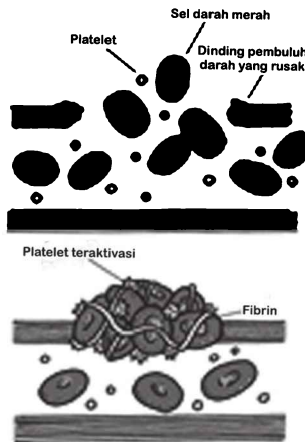
	A		B	
	(Aktivasi oleh HCl)		(Aktivasi oleh Enterokinase)	
	1	2	1	2
A	pepsinogen	pepsin	tripsinogen	tripsin
B	amilase	maltase	tripsin	peptidase
C	peptidase	nuklease	tripsinogen	tripsin



D	pepsinogen	pepsin	tripsin	peptidase
E	tripsinogen	tripsin	pepsinogen	pepsin

13. Proses aktivasi skema A berlangsung di ....
  - A. mulut
  - B. lambung
  - C. duodenum
  - D. hati
  - E. pankreas
  
14. Enzim yang diaktivasi oleh enterokinase pada skema B dibentuk di ....
  - A. hati
  - B. lambung
  - C. mulut
  - D. usus halus
  - E. pankreas
  
15. Cairan empedu memiliki peran penting pada pencernaan, yaitu...
  - A. merombak karbohidrat menjadi glukosa
  - B. mengemulsikan lemak agar mudah dicerna
  - C. mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol
  - D. mengubah protein menjadi asam amino
  - E. melapisi dinding permukaan usus halus agar tidak iritasi
  
16. Berikut ini yang bukan peran protein dalam tubuh adalah ....
  - A. menjadi penyampai informasi dalam bentuk hormon
  - B. menjadi bikatalisator pada proses metabolisme
  - C. membawa nutrisi esensial, misalnya, vitamin
  - D. melindungi tubuh dengan membentuk antibodi
  - E. menjadi komponen penyusun sel-sel tubuh

17. Perhatikanlah gambar berikut ini!



Sumber gb: [www.merckmanuals.com](http://www.merckmanuals.com)

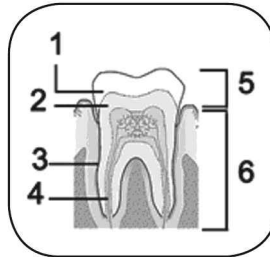
Defisiensi vitamin tertentu dapat menghambat proses pada gambar di atas. Vitamin yang dibutuhkan agar proses di atas bisa berlangsung normal adalah ....

- A. vitamin C
- B. vitamin E
- C. vitamin B
- D. vitamin D
- E. vitamin K

18. Hubungan antara organ, enzim yang dihasilkan, beserta zat yang diubah yang benar adalah ....

	Organ	Enzim	Zat yang Diubah
A.	mulut	ptialin	amilum → maltosa
B.	lambung	pepsin	protein → asam nukleat
C.	pankreas	lipase	asam lemak → gliserol
D.	usus 12 jari	sukrosa	sukrosa → asam amino
E.	pankreas	tripsin	pepton → asam amino

19. Perhatikanlah gambar di bawah ini!



Sumber gb: [www.ivy-rose.co.uk](http://www.ivy-rose.co.uk).

Bagian email dan pulpa ditunjukkan oleh nomor ....

- A. 1 dan 5
- B. 2 dan 5
- C. 3 dan 5
- D. 1 dan 4
- E. 2 dan 6

20. Berikut ini adalah data hasil uji makanan yang dilakukan oleh siswa.

Bahan Makanan	Reagen		
	Lugol	Benedict	Biuret
1	biru tua	biru	biru
2	kuning	merah bata	ungu
3	kuning	merah bata	biru
4	biru tua	merah bata	ungu

Berdasarkan hasil uji di atas, makanan yang mengandung glukosa dan protein ditunjukkan oleh nomor ....

- A. 1 dan 3
- B. 1 dan 2
- C. 3 dan 4
- D. 2 dan 3
- E. 2 dan 4

21. Seseorang yang telah diangkat kantung empedunya dapat mengalami gangguan dalam pencernaan lemak.

**SEBAB**

Di dalam cairan empedu terdapat enzim yang berfungsi mencerna lemak menjadi asam lemak dan gliserol.

22. Uji biuret pada sebuah produk makanan menunjukkan hasil negatif. Bila produk makanan tersebut dijadikan sumber makanan satu-satunya, maka akan menimbulkan ....
- A. penyakit kwasiorkor
  - B. gangguan penyerapan kalsium
  - C. gangguan transpor vitamin A, D, E, K
  - D. rasa cepat lapar
  - E. pH darah tidak stabil

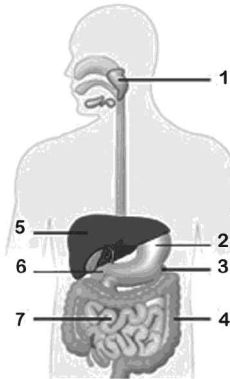
23. Perhatikan tabel berikut!

No.	Alat Pencernaan	Macam Pencernaa	
		Mekanik	Kimiawi
1.	Mulut	√	√
2.	Esofagus	-	√
3.	Lambung	√	√
4.	Usus halus	√	-

Proses pencernaan makanan yang sesuai adalah ....

- A. 1 dan 2
- B. 2 dan 3
- C. 1 dan 3
- D. 3 dan 4
- E. 2 dan 4

24. Perhatikanlah gambar di bawah ini!



Sumber gb: Pustekom Diknas 2008

Enzim pepsinogen dihasilkan oleh ....

- A. sel parietal pada organ nomor 2
  - B. pulau-pulau langerhans pada organ nomor 3
  - C. sel liver pada organ nomor 5
  - D. dinding permukaan sel pada organ nomor 6
  - E. sel goblet pada organ nomor 2
25. Pernyataan di bawah ini yang merupakan kelainan parotitis, yaitu ....
- A. feses keluar dalam bentuk encer karena adanya infeksi pada kolon
  - B. radang pada apendiks yang melekat pada usus buntu
  - C. radang pada salah satu kelenjar ludah sehingga membengkak
  - D. luka pada permukaan lambung akibat infeksi bakteri
  - E. peradangan pada jaringan gusi di mulut akibat infeksi jamur
26. Bagian lambung hewan memamah biak yang sama dengan lambung manusia adalah ....
- A. abomasum
  - B. rumen
  - C. retikulum
  - D. omasum
  - E. ileum

27. Adanya mikrovili pada permukaan usus halus berfungsi dalam ....
- A. memperluas area penyerapan
  - B. mempercepat laju penyerapan
  - C. memudahkan penyerapan polimer
  - D. mempermudah proses pencernaan
  - E. memperluas area pemecahan polimer
28. Seseorang yang terlalu letih akibat aktivitas tinggi terus-menerus dan kurang asupan minum rentan terkena serangan jantung. Hal ini terjadi karena ....
- A. ketika aktivitas berat terus dilakukan, tubuh membutuhkan banyak suplai energi, sehingga glikogen di otot dan hati akan semakin banyak diproduksi untuk menyuplai energi
  - B. aktivitas terus-menerus akan mendorong pembakaran lemak, yang membutuhkan banyak oksigen, sebagai sumber energi sehingga kerja jantung untuk menyuplai oksigen semakin berat
  - C. kurangnya asupan minum akan menyebabkan proses pencernaan makanan semakin sulit dilakukan. Akibatnya, jantung kekurangan suplai energi yang cukup untuk aktivitas berat
  - D. aktivitas tinggi menyebabkan peningkatan penyerapan nutrisi dari saluran pencernaan. Laju pencernaan yang semakin cepat memengaruhi laju jantung semakin cepat
  - E. kurangnya asupan minum menyebabkan laju pengambilan air dari usus besar semakin tinggi sehingga darah menjadi lebih encer. Akibatnya, kinerja jantung pun terganggu

29. Ada bagian otot esofagus yang bekerja secara sadar.

**SEBAB**

Otot ini bekerja membawa bolus menuju lambung.

30. Kekurangan protein pada makanan dapat menyebabkan busung lapar karena protein selain merupakan penyusun enzim juga ....
- A. memelihara ketegangan suatu sel
  - B. menjaga keseimbangan energi
  - C. menyusun penimbunan lemak
  - D. merusak zat yang bersifat racun
  - E. memelihara keseimbangan tekanan osmosis darah



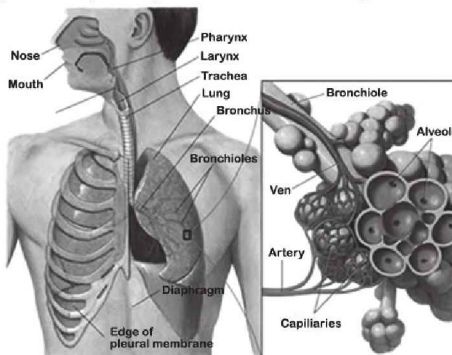
# SISTEM PERNAPASAN

# 15

Pernapasan adalah pertukaran gas antara makhluk hidup dengan lingkungan. Pada manusia, pernapasan berarti pertukaran gas oksigen ( $O_2$ ) dengan karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang berlangsung di paru-paru. Pernapasan adalah bentuk respirasi eksternal. Gas yang diambil, yaitu oksigen, selanjutnya akan dimanfaatkan dalam proses respirasi internal, yaitu proses yang menghasilkan energi di dalam sel. Dari respirasi internal atau respirasi seluler inilah, tubuh akan memperoleh energi dan melepaskan karbon dioksida.

## A. ALAT PERNAPASAN MANUSIA

Alat pernapasan manusia terdiri dari hidung, laring, trakea, bronkus, dan pulmo (paru-paru). Perhatikan gambar 15.1.



Gambar 15.1 Sistem pernapasan manusia  
Sumber gambar : [www.zo.utexas.edu](http://www.zo.utexas.edu)



### a. Hidung

Hidung adalah organ pertama dari proses pernapasan. Udara memasuki tubuh melalui lubang hidung (nostril). Pada hidung terdapat rambut-rambut dan lendir (mukus) yang berfungsi memerangkap kotoran serta melembabkan dan menghangatkan udara. Di pangkal rambut-rambut hidung juga terdapat serabut saraf untuk sensor penciuman. Pada bagian pangkal rongga hidung berbatasan dengan rongga mulut.

### b. Faring

Udara yang telah hangat dan lembab dari hidung menuju ke faring. Faring adalah saluran yang menghubungkan antara kerongkongan (saluran pencernaan) dengan tenggorokan (saluran pernapasan). Walaupun berhubungan, ada refleks yang mengatur jalan masuknya udara dengan makanan. Ketika menelan, anak tekak (**epiglottis**) akan melipat ke belakang dan menutup bagian atas faring sehingga jalan masuk udara tertutup. Sebaliknya, ketika menarik napas, epiglottis kembali ke posisi semula.

### c. Laring (Pangkal Tenggorokan)

Udara dari faring diteruskan ke laring. Di laring terdapat **glottis** yaitu celah jalan masuknya udara yang menghubungkan faring dengan trakea. Pada laring juga terdapat selaput suara yang akan bergetar bila ada udara melaluinya, yaitu ketika sedang berbicara. Apabila kita menelan makanan, laring akan bergerak naik dan katup epiglottis akan menutupi glottis. Akibatnya, ketika menelan, tidak ada udara yang memasuki trakea.

### d. Trakea (Batang Tenggorokan)

Trakea tersusun atas cincin-cincin rulang rawan. Pada bagian ujungnya, trakea bercabang menjadi dua **bronki** (tunggal: bronkus), yaitu bronkus kanan dan bronkus kiri. Lapisan sel epitel pada trakea merupakan epitelium bersilia yang diselubungi selaput lendir (mukus). Lendir akan memerangkap debu, polen, dan kontaminan lainnya agar tidak memasuki paru-paru, sedangkan silia pada epitel akan menggerakkan kontaminan ke bagian faring.

### e. Bronkus dan bronkiolus

Bronkus terdapat pada paru-paru kanan dan kiri, dan terdiri dari lempengan tulang rawan dengan dinding tersusun dari otot halus dan dilapisi mukus. Bronki akan bercabang-cabang membentuk **bronkiolus**. Cabang-cabang ini merupakan saluran-saluran kecil, halus, berdinding tipis dan tidak bertulang rawan. Tidak terjadi pertukaran gas di bronkiolus.

### f. Pulmo (Paru-Paru)

Paru-paru merupakan organ pernapasan yang penting karena di sinilah terjadinya pertukaran gas dari atmosfer ke pembuluh darah dan sebaliknya. Paru-paru diselubungi selaput paru-paru, yaitu **pleura**. Jumlah lobus (gelambir) paru-paru kanan dan kiri berbeda. Paru-paru kanan terdiri dari 3 lobus, sedangkan paru-paru kiri terdiri dari 2 lobus.

Paru-paru tersusun dari bronkus, bronkiolus, dan alveolus. **Alveolus** (jamak: alveoli) adalah gelembung-gelembung halus yang sangat tipis dan halus dan mengandung kapiler-kapiler darah. Di permukaan dinding alveolus yang diselubungi kapiler darah inilah terjadi difusi gas oksigen dan karbondioksida.

## B. PERTUKARAN GAS OKSIGEN DAN KARBONDIOKSIDA



Proses pertukaran gas berlangsung secara **difusi** di permukaan alveolus dan sel-sel tubuh. Oksigen memasuki pembuluh kapiler karena konsentrasi (tekanan parsial) oksigen di alveolus lebih tinggi daripada konsentrasi (tekanan parsial) oksigen di pembuluh kapiler arteri alveolus. Oksigen yang dibawa dalam pembuluh darah, sebagian besar (98,5%) akan larut dalam hemoglobin. Hemoglobin terdapat pada eritrosit (sel darah merah) dan mengandung protein **heme**. Setiap pusat heme terdapat unsur besi (Fe) yang akan berikatan dengan oksigen membentuk **oksihemoglobin**. Setiap hemoglobin dapat membawa empat molekul oksigen. Hemoglobin akan mengangkut oksigen ke jaringan tubuh. Oksigen kemudian berdifusi ke sel-sel tubuh karena adanya perbedaan konsentrasi atau tekanan parsial antara oksigen di pembuluh arteri dengan sel-sel tubuh.

Di dalam sel tubuh, oksigen akan digunakan dalam oksidasi energi menghasilkan karbon dioksida. Oleh karenanya, konsentrasi (tekanan parsial) karbon dioksida di dalam sel menjadi tinggi sehingga gas ini berdifusi ke pembuluh kapiler vena. Karbon dioksida diangkut dalam darah dengan tiga cara, yaitu terlarut secara fisik, terikat ke Hb, dan membentuk senyawa asam bikarbonat karena bereaksi dengan air. Karbon dioksida kemudian dibawa ke dinding alveolus dan berdifusi keluar dari pembuluh kapiler ke alveolus kemudian dilepaskan ke atmosfer.

## C. MEKANISME PERNAPASAN

Siklus pernapasan terdiri dari **inspirasi** (menghirup udara) dan **ekspirasi** (menghembuskan udara). Berdasarkan otot yang berkontraksi, pernapasan dapat dibedakan menjadi pernapasan dada dan perut. Pada pernapasan dada, otot yang berkontraksi sehingga tulang rusuk terangkat dan rongga dada mengembang adalah **otot antartulang rusuk** (muskulus interkostalis). Apabila otot antartulang rusuk berelaksasi, maka terjadi ekspirasi. Pada pernapasan perut, kontraksi otot **otot diafragma** menyebabkan rongga dada mengembang dan inspirasi terjadi. Sebaliknya, bila otot diafragma relaksasi, maka terjadi ekspirasi. **Diafragma** adalah sekat yang membatasi rongga perut dan dada. Saat berkontraksi, otot diafragma yang melengkung akan mendatar. Berikut ini mekanisme pernapasan dada dan perut.

Pernapasan	Inspirasi	Ekspirasi
Dada	1. Kontraksi otot antar tulang rusuk eksterna	1. Relaksasi otot antar tulang rusuk interna
	2. Tulang rusuk terangkat	2. Tulang rusuk turun
	3. Volume paru-paru membesar	3. Volume paru-paru mengecil
	4. Tekanan udara paru-paru mengecil	4. Tekanan udara paru-paru membesar
	5. Udara masuk	5. Udara keluar

Perut	1. Kontraksi diafragma → mendatar  Sumber gambar : <a href="http://www.biologiumum.com">www.biologiumum.com</a>	1. Relaksasi diafragma → melengkung  Sumber gambar : <a href="http://www.biologiumum.com">www.biologiumum.com</a>
	2. Volume paru-paru membesar	2. Volume paru-paru mengecil
	3. Tekanan udara paru-paru mengecil	3. Tekanan udara paru-paru membesar
	4. Udara masuk	4. Udara keluar

## D. VOLUME DAN KAPASITAS PARU-PARU

**Volume paru-paru** adalah volume udara di dalam paru-paru, terdiri dari:

- ~ Volume Tidal (VT): Volume udara saat inspirasi/ekspirasi normal ( $\pm 500$  ml).
- ~ Volume Cadangan Inspirasi (VCI)/komplementer: Volume udara yang dapat dihirup maksimal setelah inspirasi normal (tidal) ( $\pm 3.000$  ml)
- ~ Volume Cadangan Ekspirasi (VCE): Volume udara yang dapat dihembuskan maksimal setelah ekspirasi normal (tidal) ( $\pm 1.100$  ml)
- ~ Volume Residu (VR): Volume udara yang tersisa di paru-paru setelah ekspirasi maksimal ( $\pm 1.200$  ml)

**Kapasitas paru-paru** adalah kemampuan paru-paru melakukan pernapasan, terdiri dari:

- ~ Kapasitas Inspirasi (KI): Volume udara maksimal yang dapat dihirup dimulai dari inspirasi normal  $\rightarrow VT + VCI$  ( $\pm 3.500$  ml).

- ~ Kapasitas Residu Fungsional (KRF): Volume udara yang tersisa pada paru-paru setelah akhir eskpirasi normal →  $VCE + VR (\pm 2.300 \text{ ml})$ .
  - ~ Kapasitas Vital (KV): Volume udara maksimum yang bisa diinspirasi dan diekspirasi →  $VT + VCI + VCE (\pm 4.600 \text{ ml})$ .
  - ~ Kapasitas Paru-Paru Total: Volume udara total yang dapat ditampung dalam paru-paru setelah inspirasi maksimal →  $KV + VR (\pm 5.800 \text{ ml})$
- Frekuensi bernapas pada manusia dapat dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, suhu tubuh, dan posisi tubuh.

## E. GANGGUAN SISTEM PERNAPASAN

- a. **Faringitis** adalah infeksi pada faring sehingga menimbulkan peradangan. Infeksi bisa disebabkan virus atau bakteri *Streptococcus pharyngitis*. Faringitis menyebabkan rasa nyeri pada kerongkongan dan sakit ketika menelan.
- b. **Asma** adalah penyumbatan pada saluran pernapasan akibat alergi, psikis, ataupun penyakit menurun.
- c. **Pneumonia** adalah infeksi pada dinding alveolus oleh *Diplococcus pneumoniae* sehingga menyebabkan peradangan. Akibat peradangan alveolus dipenuhi oleh naah dan lendir sehingga oksigen sulit berdifusi.
- d. **Laringitis** adalah infeksi pada laring oleh *Legionella pneumophilia* sehingga menyebabkan peradangan seperti pneumonia.
- e. **Asfiksi** adalah gangguan pada pengangkutan  $O_2$  ke jaringan akibat terganggunya fungsi paru-paru, pembuluh darah, atau jaringan tubuh.
- f. **Tuberkulosis (TBC)** adalah infeksi pada paru-paru akibat bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini menyebabkan proses difusi oksigen terganggu akibat adanya bintil-bintil kecil pada dinding alveolus.
- g. **Difteri** adalah infeksi pada saluran pernapasan atas yang umumnya disebabkan oleh *Corynebacterium diphtherial*.
- h. **Hipoksia** adalah rendahnya kandungan oksigen di jaringan tubuh

disebabkan oleh perbedaan ketinggian, misalnya saat pendakian gunung.

- i. **Bronkitis** adalah peradangan pada bronkus akibat reaksi alergi, ataupun infeksi patogen.
- j. **SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*)** adalah saluran pernapasan akut akibat serangan virus *SARS associated coronavirus* (SARS-CoV).

## F. SISTEM PERNAPASAN PADA HEWAN

- a. **Serangga (Insekta)** menggunakan trakea yang berpangkal pada lubang-lubang kecil di sisi ruas tubuh serangga (**spirakel**). Udara masuk ke dalam jaringan tubuh melalui pembuluh trakea.
- b. **Ikan** menggunakan insang sebagai alat bernapas. Mekanisme bernapas pada ikan diawali dengan inspirasi, yaitu mengalirkan air melalui rongga mulut ke insang. Ketika mulut ikan mengatup, air yang mengandung oksigen akan mengalir melalui celah insang. Pada celah insang terjadi proses pertukaran gas  $O_2$  dan  $CO_2$ .
- c. **Amfibi** mengalami perubahan alat pernapasan seiring perubahan habitat utamanya. Katak misalnya, ketika masih larva dan berada di air bernapas dengan insang. Ketika dewasa, katak bernapas melalui paru-paru dan kulit.
- d. **Reptil** bernapas menggunakan paru-paru. Pada kura-kura, pengambilan oksigen juga melalui kapiler darah pada area kulit di sekitar kloaka.
- e. **Burung** memiliki mekanisme pernapasan yang berbeda antara saat istirahat dengan terbang. Ketika istirahat, inspirasi dan ekspirasi berlangsung karena adanya kontraksi dan relaksasi tulang rusuk sehingga paru-paru mengembang atau mengecil. Ketika terbang, fase inspirasi terjadi ketika sayap diangkat, sedangkan ekspirasi terjadi ketika sayap diturunkan. Saat terbang, laju metabolisme burung meningkat sehingga membutuhkan suplai oksigen lebih banyak. Oleh karenanya, ketika terbang, pernapasan burung juga menggunakan kantung udara selain paru-paru.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Alat-alat pernapasan manusia mencakup:
- |            |             |
|------------|-------------|
| 1) trakea  | 4) alveolus |
| 2) faring  | 5) pulmo    |
| 3) bronkus |             |

Alat pernapasan yang terdapat di paru-paru adalah ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 2 | D. 3 dan 4 |
| B. 2 dan 3 | E. 4 dan 5 |
| C. 1 dan 3 |            |

**Jawaban: D**

Urutan alat pernapasan pada manusia, yaitu:

Rongga hidung – faring – trakea – bronkus – bronkiolus – alveolus.

Organ pernapasan yang terdapat di paru-paru adalah bronkus, bronkiolus, dan alveolus. Pulmo adalah nama latin organ paru-paru.

2. Alveolus menjadi tempat difusi oksigen dan karbon dioksida karena ....
- |   |
|---|
| A. dinding selnya tersusun atas epitel selapis silindris      |
| B. permukaan dinding alveolus diselubungi kapiler darah       |
| C. memiliki hemoglobin untuk membawa $O_2/CO_2$               |
| D. diselubungi oleh selaput yang disebut pleura               |
| E. tekanan di alveolus berbeda dengan di bagian tubuh lainnya |

**Jawaban: B**

Alveolus menjadi tempat difusi oksigen dan karbon dioksida karena karakter fisiknya, yaitu dinding permukaannya tipis, hanya terdiri dari selapis sel epitel pipih dan diselubungi oleh kapiler darah. Alveolus juga disusun atas jaringan serabut kolagen dan elastis yang menjadikannya dapat mengembang ketika menarik napas, dan mengempis ketika mengeluarkan napas.

3. Pada burung, paru-parunya mengalami perluasan yang disebut ....

- |                  |              |
|------------------|--------------|
| A. ekstra pulmo  | D. trakeolus |
| B. parabronki    | E. spirakel  |
| C. kantung udara |              |

**Jawaban: C**

Perluasan paru-paru pada burung disebut kantung udara. Kantung udara berperan dalam mekanisme pernapasan burung pada saat terbang.

4. Pada saluran pernapasan ada bagian yang berhubungan dengan saluran pencernaan. Bagian tersebut adalah ....
- |            |               |
|------------|---------------|
| A. faring  | D. epiglottis |
| B. laring  | E. trakea     |
| C. glottis |               |

**Jawaban: A**

Bagian saluran pernapasan yang berhubungan dengan saluran pencernaan adalah faring. Kerongkongan dan tenggorokan terhubung di faring. Ketika menelan, epiglottis akan menutup celah menuju tenggorokan (trakea) sehingga kita tidak tersedak.

5. Pada saat bernapas, menghirup udara sebaiknya dilakukan melalui hidung bukan mulut. Hal ini karena ....
- udara dapat bercampur dengan bahan makanan sehingga kehilangan banyak oksigen
  - apabila di dalam mulut terdapat makanan maka bisa mengalami tersedak
  - adanya sensor penciuman di hidung membuat kita bisa mendeteksi bau
  - di hidung terdapat rambut-rambut halus dan lendir yang menyaring udara
  - udara yang dihirup melalui mulut akan masuk ke lambung dan menyebabkan sakit

**Jawaban: D**



Apabila udara dihirup melalui rongga hidung, maka udara akan mengalami beberapa perlakuan, yaitu udara akan disaring melalui rambut-rambut halus, kotoran di udara akan terperangkap pada lendir, udara akan dihangatkan dan dilembabkan sebelum memasuki paru-paru.

6. Pada pernapasan dada, jika otot antar tulang rusuk berkontraksi hingga rongga dada membesar disebut ....
- A. ekspirasi
  - B. inspirasi
  - C. kapasitas vital
  - D. kapasitas total
  - E. kapasitas residu

**Jawaban: B**

Pada saat inspirasi, otot-otot antar tulang rusuk berkontraksi sehingga rongga dada membesar. Tekanan di dada menjadi lebih rendah daripada lingkungan, udara pun mengalir masuk. Sebaliknya, pada saat ekspirasi, otot-otot antar tulang rusuk berelaksasi sehingga rongga dada menyempit. Tekanan di dada menjadi lebih tinggi daripada lingkungan, udara pun mengalir keluar. Mekanisme ini adalah mekanisme pernapasan dada.

7. Kantung udara pada burung berfungsi untuk ....
1. Memperingan tubuh
  2. Respirasi
  3. Memperkeras suara
  4. Keseimbangan suhu tubuh

**Jawaban: E**

Kantung udara pada burung berfungsi untuk:

- Membantu pernapasan saat terbang (respirasi)
- Memperkeras suara
- Mencegah hilangnya panas tubuh
- Mengubah masa jenis tubuh pada burung perenang sehingga lebih ringan

8. Fungsi sistem pernapasan adalah...
- A. mengedarkan hasil metabolisme ke seluruh tubuh
  - B. menjaga keseimbangan lingkungan seluler
  - C. mengangkut oksigen dan karbon dioksida
  - D. mengatur keluar-masuk oksigen dari tubuh
  - E. menyediakan oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida

**Jawaban: E**

Fungsi utama sistem pernapasan adalah menyediakan oksigen untuk tubuh dan mengeluarkan karbon dioksida dari dalam tubuh. Mengedarkan hasil metabolisme dan mengangkut oksigen serta karbon dioksida adalah fungsi sistem sirkulasi. Keseimbangan lingkungan seluler dijaga melalui kerja sistem regulasi.

9. Udara yang masuk atau keluar waktu bernapas normal disebut udara ....
- A. residu
  - B. komplementer
  - C. tidal
  - D. cadangan
  - E. vital

**Jawaban: C**

Udara yang masuk atau keluar waktu bernapas normal disebut sebagai udara tidal. Volume tidal sekitar 500 ml.

10. Setelah berlari kencang, seorang murid menghembuskan napas dengan keras. Kini, di paru-parunya ....
- A. tidak ada udara lagi
  - B. volume udara tinggal 500 ml
  - C. masih ada 1.100 ml udara
  - D. tidak bisa inspirasi
  - E. terjadi proses ekspirasi

**Jawaban: C**

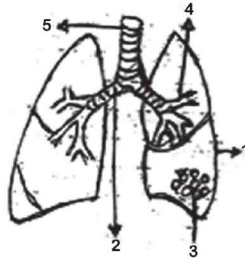
Setelah menghembuskan napas dengan keras (ekspirasi maksimal), di paru-paru masih ada udara residu dengan volume sekitar 1.100 ml.

# LATIHAN SOAL 15

1. Pertukaran gas pada alveolus paru-paru terjadi secara ....
  - A. difusi
  - B. osmosis
  - C. endositosis
  - D. imbibisi
  - E. transpor aktif
2. Hal berikut ini yang menyebabkan terjadinya ekspirasi, *kecuali* ....
  - A. tulang dada turun
  - B. otot tulang rusuk relaksasi
  - C. otot diafragma relaksasi
  - D. otot diafragma kontraksi
  - E. otot perut relaksasi
3. Suatu katup yang menutup saluran pernapasan ketika menelan makanan disebut ....
  - A. glotis
  - B. epiglotis
  - C. sel goblet
  - D. lobus olfaktorius
  - E. faring
4. Udara yang masuk ke dalam paru-paru ketika kita menarik napas kuat-kuat disebut ....
  - A. udara pernapasan
  - B. udara komplementer
  - C. kapasitas vital
  - D. udara cadangan
  - E. udara residu
5. Jika kadar  $\text{CO}_2$  dalam aliran darah meningkat maka ...
  - A. pH darah naik
  - B. laju respirasi menurun

- C. laju respirasi meningkat
  - D. pusat pernapasan menjadi dorman
  - E. darah menjadi lebih alkalis
6. Pernyataan paling tepat untuk menggambarkan pertukaran gas di paru-paru adalah ....
- A. karbon dioksida masuk ke alveolus
  - B. oksigen masuk ke alveolus dan karbon dioksida masuk ke darah
  - C. oksigen masuk ke darah dan karbon dioksida masuk ke alveolus
  - D. oksigen masuk dan keluar dari darah
  - E. karbon monoksida terikat di dalam darah
7. Oksigen dapat masuk ke dalam kapiler paru-paru manusia disebabkan oleh ....
- A. akibat pertukaran dengan  $\text{CO}_2$
  - B. tekanannya lebih tinggi daripada  $\text{CO}_2$
  - C. tekanannya lebih rendah daripada  $\text{CO}_2$
  - D. tekanannya lebih tinggi daripada  $\text{O}_2$  di kapiler
  - E. tekanannya lebih rendah daripada  $\text{O}_2$  di kapiler
8. Saat menghirup napas,  $\text{O}_2$  berdifusi ke dalam alveolus. Reaksi yang terjadi pada darah kapiler paru-paru adalah ....
- A.  $\text{HbO}_2 \rightarrow \text{Hb} + \text{O}_2$
  - B.  $\text{Hb} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{HbCO}_2$
  - C.  $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HbO}_2$
  - D.  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
  - E.  $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H} + \text{HCO}_3$

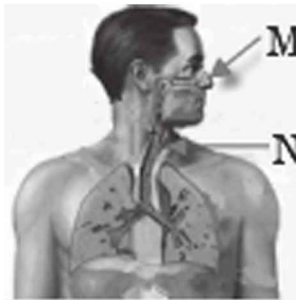
9. Perhatikanlah gambar sistem pernapasan di bawah ini!



Sumber: [www.e-biolovers.blogspot.com](http://www.e-biolovers.blogspot.com)

Alveolus, bronkiolus, dan trakea secara berurutan ditunjukkan oleh nomor ....

- A. 1, 2, 3  
B. 2, 3, 4  
C. 3, 4, 5  
D. 4, 5, 1  
E. 5, 1, 2
10. Karbon dioksida di darah biasanya diangkut dalam bentuk, *kecuali* ....
- A. karbominohemoglobin  
B.  $\text{H}_2\text{CO}_3$   
C.  $\text{HCO}_3^-$   
D.  $\text{HbCO}_2$   
E. pertukaran klorida
11. Perhatikan gambar dan proses pernapasan di bawah ini!



Sumber gambar: <http://mastugino.blogspot.com/2013/05/soal-alat-pernapasan-manusia.html>

1. Pengikatan oksigen
2. Penyesuaian suhu udara
3. Pelepasan karbon dioksida
4. Pemisahan kotoran yang masuk bersama udara
5. Penyesuaian kelembapan udara pernapasan

Pada bagian M dan N berturut-turut terjadi proses yang ditunjukkan nomor ...

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 2 | D. 3 dan 4 |
| B. 1 dan 3 | E. 4 dan 5 |
| C. 2 dan 4 |            |

12. Alat pernapasan berikut ini yang sesuai dengan fungsinya adalah ....

	Alat Pernapasan	Fungsi
A.	hidung	pelepasan dan pengikatan $O_2$ dan $CO_2$
B.	trakea	menyaring udara dari kotoran
C.	epiglotis	menutup celah esofagus saat ada makanan masuk
D.	laring	menghubungkan dengan saluran pencernaan
E.	alveolus	mengikat oksigen ke dalam eritrosit

13. Terjadinya inspirasi pada proses pernapasan manusia karena diafragma ....

- A. melengkung, tulang rusuk, dan dada terangkat
- B. melengkung, tulang rusuk, dan dada menurun
- C. mendatar, tulang rusuk, dan dada stabil
- D. mendatar, tulang rusuk, dan dada terangkat
- E. mendatar, tulang rusuk, dan dada menurun

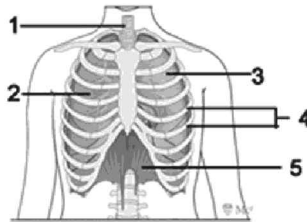
14. Salah satu bagian alat pernapasan memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Tersusun atas cincin tulang rawan
2. Dilapisi epitel bersilia
3. Menghubungkan antara laring dengan paru-paru

Alat pernapasan yang dimaksud adalah ....

- |               |             |
|---------------|-------------|
| A. trakea     | D. pulmo    |
| B. bronkus    | E. alveolus |
| C. bronkiolus |             |

15. Perhatikan gambar di bawah ini!

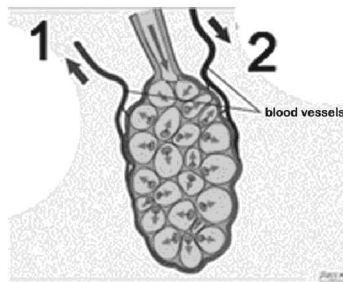


Sumber gambar: [www.shiekasai.com](http://www.shiekasai.com)

Otot muskulus interkostalis terletak pada bagian yang ditunjuk nomor ....

- |      |      |
|------|------|
| A. 1 | D. 4 |
| B. 2 | E. 5 |
| C. 3 |      |

Perhatikan gambar berikut ini untuk menjawab pertanyaan nomor 16 dan 17!



Sumber gambar: [www.passmyexams.co.uk](http://www.passmyexams.co.uk)

16. Kapiler darah yang ditunjuk oleh nomor 1 adalah ....

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| A. vena              | D. vena pulmonalis |
| B. venula            | E. arteri          |
| C. arteri pulmonalis |                    |

17. Berdasarkan gambar di atas, pernyataan yang benar adalah ....
- pembuluh darah nomor 1 membawa banyak karbominohemoglobin
  - pembuluh darah nomor 2 berasal dari seluruh jaringan tubuh
  - darah kaya oksigen dibawa oleh pembuluh darah nomor 1
  - pembuluh darah nomor 1 menuju ke jantung
  - oksihemoglobin banyak terbentuk di pembuluh darah nomor 2
18. Dalam rongga hidung banyak terdapat konka yang mengandung kapiler darah. Fungsi konka adalah...
- menyaring udara
  - menghangatkan udara
  - ujung indra pembau
  - menyaring patogen
  - memproduksi lendir
19. Dinding alveolus paru-paru mudah dilalui oleh molekul-molekul gas.

### SEBAB

Dinding alveolus hanya tersusun dari selapis sel epitel bersilia.

20. Organ-organ tubuh manusia yang ikut terlibat dalam proses pernapasan adalah ....
- 1) tulang rusuk
  - 2) otot antar tulang rusuk
  - 3) diafragma
  - 4) otot perut
21. Bila seseorang mengalami tenggelam atau terkejut karena serangan listrik, dibutuhkan pernapasan buatan.

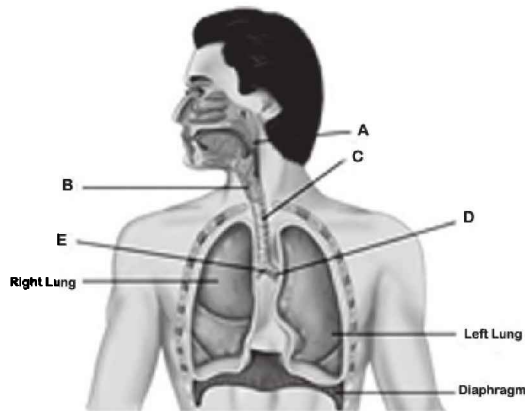
### SEBAB

Pada peristiwa tersebut, pusat saraf pernapasan terhenti sementara sehinggagerakanpernapasan terhenti,meskipunyangbersangkutan tetap hidup dan jantungnya berdenyut.



22. Kapasitas residu fungsional adalah ....
- A. penjumlahan antara volume bernapas normal dengan udara tersisa di paru-paru
  - B. penjumlahan antara volume cadangan ekspirasi dengan udara tersisa di paru-paru
  - C. penjumlahan antara volume bernapas normal dengan cadangan inspirasi
  - D. seluruh volume pada inspirasi dan ekspirasi maksimal
  - E. penjumlahan antara volume cadangan inspirasi, cadangan ekspirasi, dan tidal

23. Perhatikanlah gambar di bawah ini!

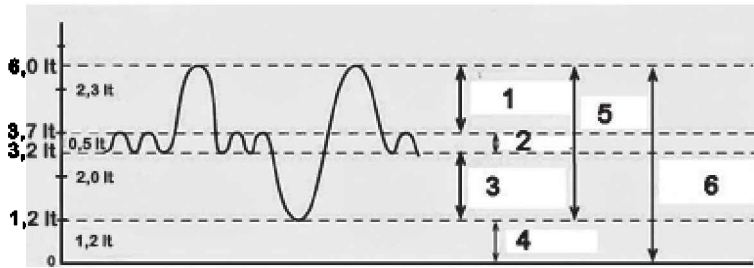


Sumber gambar: [www.easynotecards.com](http://www.easynotecards.com)

Bagian yang ditunjuk secara berurutan (A, B, C, D, dan E) adalah ....

- A. esofagus-laring-trakea-bronkus-bronkiolus
- B. faring-laring-trakea-bronkus-bronkiolus
- C. laring-faring-trakea-bronkiolus-bronkus
- D. laring-faring-trakea-bronkus-bronkiolus
- E. faring-trakea-laring-bronkus-bronkiolus

Perhatikanlah grafik pernapasan berikut ini untuk menjawab soal nomor 24-25!



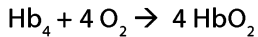
Sumber gambar: <http://4.bp.blogspot.com/>

24. Volume udara sebesar 1,2 liter merupakan volume ....
- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| A. komplementer | D. suplementer |
| B. vital        | E. pernapasan  |
| C. residu       |                |
25. Pernyataan yang benar berdasarkan grafik di atas adalah ....
- volume 1 + 2 + 3 adalah kapasitas vital
  - volume residu merupakan volume 5 dikurangi 3
  - volume pernapasan sebesar 2,3 liter
  - volume 2 + 4 adalah kapasitas residu fungsional
  - nomor 5 menunjukkan kapasitas total paru-paru
26. Perhatikan alat pernapasan berbagai hewan berikut ini!
- |           |              |
|-----------|--------------|
| 1. Insang | 3. Kulit     |
| 2. Trakea | 4. Paru-paru |

Alat pernapasan reptil, insekta, crustacea, dan cacing secara berurutan adalah ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 2-1-4-3 | D. 4-3-1-2 |
| B. 4-3-2-1 | E. 4-1-2-3 |
| C. 4-2-1-3 |            |

27. Persamaan dalam respirasi internal pada tubuh hewan sebagai berikut:



Persamaan di atas berlaku pada hal-hal berikut ....

- 1) Pengikatan  $\text{O}_2$  oleh Hb di paru-paru
  - 2) Pelepasan oksigen di jaringan
  - 3) Oksihemoglobin terdapat di vena pulmonaris
  - 4) Proses pengikatan oksigen di dalam darah
28. Asfiksi adalah gangguan pada sistem pernapasan yang disebabkan oleh ....
- A. pembengkakan kelenjar getah bening pada trakea
  - B. bengkaknya kelenjar limfa rongga hidung
  - C. radang nadi rongga hidung sebelah atas
  - D. sukar bernapas karena kekejangan pada trakea
  - E. gangguan pernapasan oksigen ke jaringan
29. Pusat pengontrol sistem pernapasan pada manusia terdapat di ....
- A. hipotalamus
  - B. cerebrum
  - C. medulla spinalis
  - D. cerebelum
  - E. medulla oblongata
30. Pada waktu merpati sedang terbang, inspirasi dilakukan dengan mengalirkan udara melalui ....
- A. hidung – trakea – paru-paru – kantung udara
  - B. hidung – kantung udara – trakea – paru-paru
  - C. hidung – kantung udara – paru-paru – trakea
  - D. hidung – paru-paru – trakea – kantung udara
  - E. hidung – trakea – kantung udara – paru-paru



# SISTEM EKSRESI

# 16

Sistem ekskresi merupakan sistem yang bertanggung jawab untuk mengeluarkan zat sisa metabolisme yang tidak diperlukan oleh tubuh. Zat sisa metabolisme, seperti garam, zat racun, kelebihan vitamin, kelebihan air, gas, dan komponen zat organik lainnya, akan dikeluarkan dari tubuh melalui alat ekskresi.

## A. SISTEM EKSRESI PADA MANUSIA

Pada manusia, zat sisa metabolisme akan diangkut oleh darah dan dibawa menuju organ ekskresi berupa ginjal, kulit, dan paru-paru untuk kemudian dikeluarkan dari dalam tubuh.

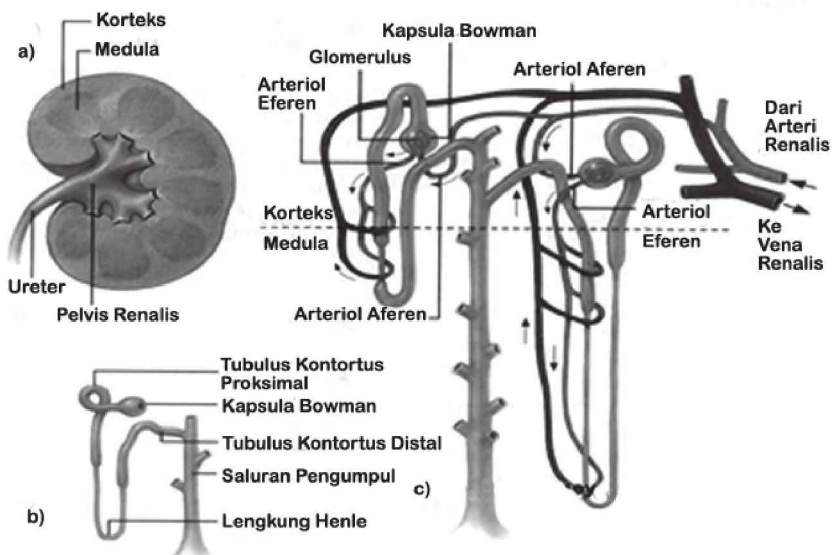
### a. Ginjal (Renal)

Ginjal merupakan alat ekskresi utama yang mengeluarkan sisa metabolisme dalam bentuk urin. Pada tubuh manusia terdapat sepasang ginjal yang berbentuk seperti kacang merah dengan berat  $\pm 200$  gram. Ginjal memiliki fungsi sebagai berikut:

- Menyaring darah dan mengekskresikan zat sisa metabolisme, seperti urea, asam urat, garam-garam, kreatinin, dan zat lain yang bersifat racun dalam bentuk urin.
- Mengatur konsentrasi garam dan keseimbangan asam basa darah.
- Mengatur tekanan darah dan mengatur keseimbangan air dalam tubuh.

### 1. Anatomi ginjal

Ginjal terdiri dari dua lapisan, yaitu **korteks** di sebelah luar dan **medula** pada bagian dalam. Pada korteks ginjal, ditemukan jutaan alat penyaring yang disebut nefron. Setiap nefron terdiri atas badan malphigi dan saluran-saluran (tubulus). Badan malphigi terdiri atas kapsul Bowman dan glomerulus. Kapsul Bowman mempunyai dinding rangkap yang di dalamnya terdapat glomerulus. Glomerulus adalah untaian pembuluh darah kapiler. Sementara medula ginjal terdiri dari tubulus kontortus yang bermuara di pelvis renalis. Tubulus kontortus terdiri dari tubulus kontortus proksimal, tubulus kontortus distal, dan tubulus kolektivus. Lengkung Henle asenden (naik) dan desenden (turun) ditemukan diantara tubulus kontortus proksimal dan distal. Di dalam ginjal terjadi proses penyaringan zat-zat sisa dari dalam darah (filtrasi), penyerapan kembali bahan yang masih bermanfaat untuk tubuh (reabsorpsi), dan penambahan zat-zat yang tidak berguna (augmentasi).



Gambar 16.1. Anatomi ginjal dan struktur nefron  
Sumber gambar: [www.kidneystreatment.com](http://www.kidneystreatment.com)

## 2. *Proses pembentukan urin*

Proses pembentukan urin di dalam nefron terjadi melalui tiga tahap, yaitu: filtrasi, reabsorpsi dan augmentasi. Urutan prosesnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Proses	Keterangan
Filtrasi (Penyaringan)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tempat: glomerulus</li><li>• Hasil: filtrat glomerulus (urin primer)</li><li>• Komposisi: air, glukosa, asam amino, asam urat, kreatinin, <math>\text{NH}_4</math>, urea, K, Na, Cl, fosfat, dan sulfat</li></ul>
Reabsorpsi (penyerapan kembali)	<b>OBLIGAT (pasti)</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tempat: tubulus kontortus proksimal</li><li>• Reabsorpsi terhadap asam amino, glukosa, vitamin, air, natrium, kalium, klorida, dan zat yang masih diperlukan tubuh</li></ul>
	<b>FAKULTATIF</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tempat: tubulus kontortus distal</li><li>• Dilakukan tergantung kebutuhan tubuh</li><li>• Reabsorpsi yang dipengaruhi oleh hormon</li><li>• Contoh: reabsorpsi <math>\text{Ca}^{2+}</math> dibantu oleh PTH (parathyroid hormone), reabsorpsi air dibantu oleh ADH (antidiuretik hormone), reabsorpsi Natrium oleh aldosteron</li><li>• Hasil: urin sekunder</li><li>• Komposisi: air, asam urat, kreatinin, <math>\text{NH}_4</math>, urea, K, Na, Cl, fosfat dan sulfat</li></ul>

Augmentasi (penambahan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempat: tubulus kontortus distal dan kolektivus</li> <li>• Penambahan zat yang tidak berguna berupa H<sup>+</sup> dan K<sup>+</sup></li> <li>• Hasil: urin tersier atau sebenarnya</li> </ul>
----------------------------	--

Urin akan disalurkan menuju pelvis renalis melalui tubulus kolektivus. Dari kedua ginjal, urin akan dialirkan menuju vesica urinaria (kandung kemih) melalui ureter (saluran ginjal), untuk kemudian dikeluarkan dari tubuh melalui uretra (saluran kencing). Jumlah urin yang dikeluarkan oleh tubuh dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya banyaknya cairan yang diminum, kadar garam dalam darah, kadar hormon antidiuretik (ADH). Kelebihan ADH menyebabkan permeabilitas dinding tubulus kontortus meningkat, sehingga volume urin yang terbentuk sedikit. Sebaliknya, penurunan kadar ADH akan menyebabkan penurunan permeabilitas dinding tubulus kontortus sehingga proses reabsorpsi terhambat dan volume urin yang terbentuk meningkat.

### 3. Gangguan pada Ginjal

Gangguan pada ginjal dapat terjadi karena rusaknya atau terjadinya kelainan pada bagian-bagian ginjal. Beberapa gangguan yang dapat timbul akibat terganggunya fungsi ginjal, diantaranya:

- **Nefritis** adalah peradangan pada nefron, umumnya disebabkan oleh bakteri *Escherichia coli*, atau juga karena adanya penyumbatan aliran urin oleh batu, tumor, penyempitan, dan sebagainya.
- **Albuminaria** ditandai dengan terdeteksinya albumin dan protein lain dalam urin disebabkan adanya kerusakan pada glomerulus.

- **Hematuria** ditandai dengan ditemukannya darah pada urin, kelainan ini dapat disebabkan oleh kerusakan pada glomerulus.
- **Diabetes melitus** ditandai dengan terdeteksinya glukosa dalam urin yang diantaranya disebabkan oleh penurunan produksi hormon insulin oleh sel ( $\beta$ ) beta pankreas. Penyakit ini dapat disebabkan oleh faktor keturunan atau pola hidup tidak sehat yang menyebabkan terganggunya produksi hormon insulin.
- **Diabetes insipidus** adalah penyakit yang disebabkan kelenjar hipofisis gagal mensekresikan hormon antidiuretik (ADH) sehingga produksi urin meningkat.
- **Batu ginjal** adalah kelainan yang terjadi karena adanya endapan garam kalsium di dalam kandung kemih.

## b. Paru-Paru

Sebagai alat ekskresi, paru-paru berperan dalam mengekskresikan zat sisa metabolisme berupa karbondioksida dan uap air. Karbondioksida dan uap air yang merupakan sisa metabolisme akan didifusikan dari sel-sel tubuh ke dalam darah pada pembuluh vena, lalu dialirkan menuju paru-paru. Zat-zat sisa tersebut akan dikeluarkan dari paru-paru melalui udara yang dihembuskan atau fase ekspirasi pernapasan.

## c. Kulit

Sebagai organ ekskresi, kulit berperan sebagai alat pengeluaran keringat yang mengandung air dan garam. Keringat dihasilkan oleh glandula sudorifera (kelenjar keringat). Aktivitas kelenjar keringat dipengaruhi oleh perubahan suhu lingkungan, ketika suhu lingkungan meningkat, peningkatan suhu ini akan disampaikan ke pusat pengatur suhu, yaitu hipotalamus. Hipotalamus akan memberi sinyal ke beberapa organ efektor, salah satunya adalah kelenjar keringat untuk aktif memproduksi keringat, keringat yang terbentuk kemudian akan dikeluarkan melalui kulit sehingga



memudahkan pembuangan air dan sisa metabolisme. Pengeluaran keringat menuju permukaan kulit akan menurunkan suhu tubuh sehingga akan mengurangi rasa panas pada tubuh. Sebaliknya, pada saat suhu dingin, kelenjar keringat menjadi tidak aktif dan terjadi penyempitan pembuluh darah sehingga pembuangan air dan zat sisa metabolisme tidak terjadi melalui kulit, tetapi lebih banyak melalui ginjal.

#### **d. Hati**

Hati berperan sebagai alat ekskresi karena sebagai tempat pembentukan urea, hasil deaminasi protein. Selain itu, hati juga membentuk zat warna empedu sebagai hasil perombakan eritrosit. Zat warna ini kemudian akan mewarnai urin dan feses. Eritrosit yang sudah tua akan dipecah membentuk hemoglobin, hemoglobin akan dipecah kembali membentuk heme, Fe (besi), dan globin. Fe dan globin akan digunakan kembali untuk pembentukan eritrosit baru, sedangkan heme akan dipecah menjadi bilirubin dan biliverdin. Bilirubin akan dioksidasi membentuk urobilin yang akan mewarnai urin dan feses. Sedangkan biliverdin untuk mewarnai cairan empedu. Berikut ini skema pemecahan eritrosit.

## **B. SISTEM EKSRESI PADA HEWAN**

1. Coelenterata dan Porifera: sistem ekskresi berlangsung secara difusi dari sel tubuh ke epidermis kemudian di keluarkan
2. Plathyhelminthes: sistem ekskresi dilakukan oleh selenosit (sel api)
3. Annelida: sistem ekskresi oleh nefridium
4. Insecta: sistem ekskresi oleh pembuluh Malpighi yang melekat pada ujung anterior usus belakang
5. Pisces: sistem ekskresi oleh ginjal mesonefros, ekskretnya berupa amonia
6. Amphibia: sistem ekskresi oleh ginjal mesonefros, ekskretnya berupa urea

7. Reptilia: sistem ekskresi oleh ginjal metanefros, ekskretnya berupa asam urat berbentuk bubur (pasta) dan berwarna putih bercampur dengan feses
8. Aves: sistem ekskresi oleh ginjal metanefros, ekskretnya berupa asam urat berbentuk kristal dan berwarna putih bercampur dengan feses

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Ginjal menyaring zat sisa berupa ureum dari ....
  - A. hormon
  - B. cairan limfe
  - C. darah
  - D. glomerulus
  - E. albumin

**Jawaban: C**

Ginjal berfungsi menyaring zat-zat sisa dari darah. Proses penyaringan terjadi di glomerulus dalam kapsula Bowman.

2. Fungsi paru-paru sebagai sistem ekskresi, yaitu ....
  - A. menyalurkan oksigen ke kapiler darah
  - B. filtrasi udara yang memasuki tubuh
  - C. melepaskan uap air dan oksigen
  - D. melepaskan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$
  - E. difusi  $\text{O}_2$  dengan  $\text{CO}_2$

**Jawaban: C**

Paru-paru memiliki fungsi sebagai organ respirasi dan ekskresi. Peran paru-paru dalam sistem respirasi adalah mengalirkan udara keluar dan memasuki tubuh. Sebagai sistem ekskresi, paru-paru berperan dalam melepaskan zat sisa metabolisme sel-sel tubuh, yaitu karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

3. Ketika mengalami kerusakan pada bagian glomerulusnya, maka kemungkinan yang terjadi adalah ....
  - A. proses emulsi lemak menjadi terhambat

- B. tinggi kadar karbon dioksida pada darah
- C. terdapat albumin pada urin
- D. urin menjadi semakin encer
- E. pengaturan hormon menjadi kacau

**Jawaban: C**

Kerusakan glomerulus bisa disebabkan adanya peradangan pada nefron sehingga kemampuan filtrasi menjadi rendah. Akibatnya, banyak zat-zat penting yang ikut terbuang bersama urin, misalnya, albumin atau darah.

4. Fungsi hati berkaitan dengan kemampuan ekskresi adalah ....
- A. mengubah provitamin A menjadi vitamin A
  - B. menimbun gula dalam bentuk glikogen
  - C. membongkar jenis protein tertentu
  - D. melepaskan cairan empedu
  - E. membentuk amonia yang dilepaskan melalui ginjal

**Jawaban: D**

Salah satu fungsi hati sebagai alat ekskresi adalah melepaskan cairan empedu yang berasal dari hasil perombakan hemoglobin dari sel darah merah yang telah tua.

5. Kurangnya hormon insulin bisa menyebabkan penyakit diabetes melitus karena ....
- A. darah penderitanya menjadi semakin kental dan manis
  - B. glikogen tidak akan dirombak menjadi gula darah
  - C. kadar gula darah penderitanya semakin menurun
  - D. urin yang dihasilkan mengandung gula darah
  - E. tubuh tidak bisa menyerap glukosa darah

**Jawaban: E**

Penyakit diabetes melitus atau biasa disebut kencing manis diakibatkan adanya gangguan produksi hormon insulin oleh sel-sel  $\beta$  pankreas. Ketiadaan hormon insulin menyebabkan sel-sel tubuh tidak bisa menyerap dan menyimpan glukosa dalam bentuk glikogen. Akibatnya, kadar glukosa darah semakin tinggi.

6. Seseorang yang tidak menderita sakit pada ginjalnya, uriny akan mengandung ....
- A. urea, kreatinin, dan darah
  - B. kreatinin, albumin, dan darah
  - C. urea, natrium, dan albumin
  - D. urea dan natrium
  - E. glukosa dan kreatinin

**Jawaban: D**

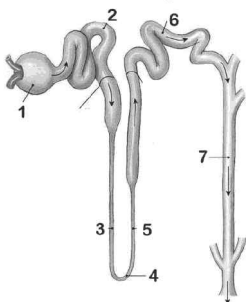
Urin yang normal seharusnya tidak lagi mengandung zat-zat yang dibutuhkan tubuh seperti kreatinin, albumin, glukosa, serta darah.

7. Gangguan diabetes insipidus disebabkan oleh ....
- A. meningkatnya hormon insulin
  - B. menurunnya ADH
  - C. meningkatnya ADH
  - D. menurunnya hormon insulin
  - E. melimpahnya sekresi ADH

**Jawaban: B**

Gangguan diabetes insipidus disebabkan kelenjar hipofisis gagal menyekresikan antidiuretic hormone (ADH) yang menyebabkan proses absorpsi air menjadi terganggu. Penderita diabetes insipidus akan merasakan dehidrasi karena banyaknya air yang keluar dari dalam tubuh.

8. Perhatikanlah gambar di bawah ini!



sumber noviabio.blogspot

Tubulus kontortus proksimal dan saluran pengumpul secara berurutan ditunjukkan oleh nomor ....

- A. 2 dan 6
- B. 2 dan 7
- C. 1 dan 3
- D. 4 dan 5
- E. 6 dan 7

**Jawaban: B**

Keterangan gambar:

- 1. Kapsula Bowman
  - 2. Tubulus kontortus proksimal
  - 3. Lengkung Henle turun
  - 4. Lengkung Henle
  - 5. Lengkung Henle naik
  - 6. Tubulus kontortus distal
  - 7. Saluran pengumpul
9. Berikut adalah gangguan pada organ ginjal manusia, *kecuali* ....
- A. uremia
  - B. diabetes melitus
  - C. nefritis
  - D. albuminaria
  - E. hematuria

**Jawaban: B**

Diabetes melitus bukanlah kelainan pada organ ginjal, melainkan pada sel-sel  $\beta$  pankreas yang tidak lagi memproduksi insulin.

10. Salah satu peran kulit dalam sistem ekskresi adalah ....
- A. pertukaran uap air dengan oksigen
  - B. memecah senyawa amonia menjadi urea
  - C. melepaskan garam dari tubuh
  - D. menyaring protein dari dalam darah
  - E. mencegah masuknya bakteri ke dalam tubuh

**Jawaban: C**

Peran kulit dalam sistem ekskresi antara lain melepaskan air dan garam melalui keringat.

# LATIHAN SOAL 16

1. *Perhatikanlah beberapa organ tubuh manusia di bawah ini!*

1. Paru-paru
2. Ginjal
3. Limpa
4. Jantung
5. Lambung

Di antara organ-organ di atas, organ yang berfungsi sebagai alat ekskresi adalah ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 2 | D. 2 dan 5 |
| B. 1 dan 3 | E. 3 dan 5 |
| C. 2 dan 4 |            |

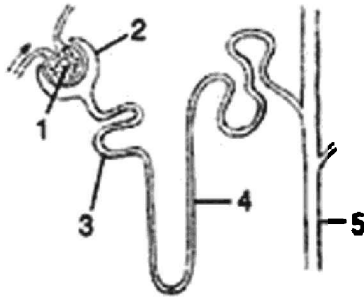
2. Fungsi sistem ekskresi pada manusia adalah ....

- A. mengeluarkan sisa-sisa metabolisme yang sudah tidak digunakan lagi
- B. melepaskan sisa-sisa metabolisme yang hanya dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah sedikit
- C. mengeluarkan seluruh hormon dan enzim ke dalam sistem peredaran darah
- D. mengeluarkan natrium melalui kelenjar keringat ataupun urin
- E. pertukaran antara zat yang masih dibutuhkan tubuh dengan yang tidak dibutuhkan lagi

3. Gangguan pada ginjal dapat menyebabkan gangguan pada ....
  - A. penyaringan zat-zat seperti oksigen dan karbon dioksida
  - B. penyaringan zat-zat yang terkandung dalam darah
  - C. penurunan kadar air yang dikeluarkan melalui keringat
  - D. pengeluaran cairan empedu ke dalam saluran pencernaan
  - E. proses pelepasan uap air dari dalam tubuh
  
4. Proses yang terjadi pada lengkung Henle bagian ascendens adalah ....
  - A. reabsorpsi air
  - B. reabsorpsi garam
  - C. filtrasi darah
  - D. augmentasi
  - E. reabsorpsi vitamin
  
5. Jika di dalam urin terdapat glukosa, dapat disebabkan oleh rusaknya bagian ....
  - A. glomerulus
  - B. tubulus proksimal
  - C. tubulus distal
  - D. lengkung Henle
  - E. tubulus kolektifus
  
6. Peningkatan suhu tubuh akibat olah raga atau berada dalam lingkungan yang panas menyebabkan adanya mekanisme berikut dalam tubuh, *kecuali* ....
  - A. pembuluh darah kulit melebar
  - B. otot rangka diaktifkan
  - C. termostat di hipotalamus mengaktifkan mekanisme pendinginan
  - D. vasodilatasi pembuluh superfisial
  - E. kelenjar keringat diaktifkan sehingga meningkatkan pendinginan
  
7. Pembentukan urea di hati melalui proses ....
  - A. siklus Krebs
  - B. siklus Calvin
  - C. respirasi aerob
  - D. siklus ornitin
  - E. kemosintesis

8. Unit struktural dan fungsional ginjal adalah ....
  - A. glomerulus
  - B. kapsula Bowman
  - C. nefron
  - D. pelvis
  - E. korteks dan medula
9. Dua komponen nitrogen yang dilepaskan melalui urin adalah ....
  - A. protein dan darah
  - B. asam urat dan urea
  - C. urea dan polipeptida
  - D. asam nukleat dan asam urat
  - E. urea dan protein

*Perhatikan gambar berikut ini untuk menjawab pertanyaan nomor 10-11!*



Sumber gambar: <http://biologinunik.wordpress.com/2012/12/07/soal-kelas-xi/>

10. Reabsorpsi glukosa dan asam amino terjadi pada bagian yang bernomor ....
  - A. 1
  - B. 2
  - C. 3
  - D. 4
  - E. 5
11. Struktur nomor 1 dan 5 secara berurutan adalah ....
  - A. glomerulus dan tubulus kolektifus
  - B. kapsula Bowman dan tubulus kolektifus
  - C. badan Malphigi dan lengkung Henle
  - D. glomerulus dan tubulus kontortus distal
  - E. kapsula Bowman dan tubulus kontortus proksimal



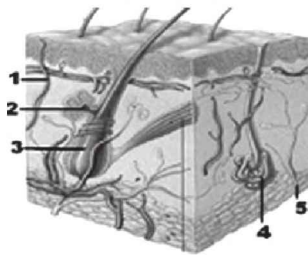
12.  $\text{NH}_3$  sebagai hasil metabolisme protein dan  $\text{CO}_2$  sebagai hasil respirasi dapat membentuk urea yang kemudian dapat diekskresikan. Pembentukan urea tersebut terjadi di dalam ....
- hati
  - ginjal
  - kantung urin
  - usus besar
  - usus halus
13. Paru-paru mengekskresikan zat yang tidak diperlukan tubuh, yaitu ....
- karbon dioksida dan garam
  - oksigen dan uap air
  - karbon dioksida dan uap air
  - oksigen dan karbon dioksida
  - oksigen dan garam
14. Urin normal tidak mengandung ....
- asam urat
  - urea
  - kreatinin
  - albumin
  - ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$
15. Seorang siswa menguji urinya dengan menggunakan reagen Benedict dan Biuret.  
 Tabung A: urin + Benedict  
 Tabung B: urin + Biuret  
 Kedua tabung lalu didiamkan selama 5 menit. Hasilnya sebagai berikut:

tabung A setelah dipanaskan	tabung B
tidak terbentuk endapan merah bata	terbentuk endapan berwarna ungu

Berdasarkan hasil di atas, bisa disimpulkan bahwa siswa tersebut mengidap penyakit ....

- diabetes insipidus
- albuminuria
- diabetes melitus
- nefritis
- uremia

16. Perhatikan gambar penampang kulit berikut ini!



Sumber gambar: <http://biologinunik.wordpress.com/2012/12/07/soal-kelas-xi/>

Bagian yang berperan sebagai alat ekskresi diberi nomor ....

- |      |      |
|------|------|
| A. 1 | D. 4 |
| B. 2 | E. 5 |
| C. 3 |      |

17. Urutan proses pembentukan urin yang benar adalah ....

- A. filtrasi-augmentasi-reabsorpsi
- B. filtrasi-reabsorpsi-augmentasi
- C. reabsorpsi-filtrasi-augmentasi
- D. reabsorpsi-augmentasi-filtrasi
- E. augmentasi-filtrasi-reabsorpsi

18. Perhatikan beberapa penyakit berikut ini!

- 1. radang pada nefron
- 2. kekurangan hormon antidiuretik
- 3. radang pada pankreas
- 4. radang pada apendiks
- 5. sirosis pada hati

Penyakit yang menyebabkan gangguan pada proses pembentukan urin adalah ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 2 | D. 2 dan 5 |
| B. 3 dan 4 | E. 3 dan 5 |
| C. 1 dan 3 |            |

19. Zat yang merupakan sisa metabolisme yang terlarut dalam darah serta organ yang berperan dalam ekskresi zat tersebut, antara lain ....
- A. amonia diekskresikan oleh hati
  - B. asam urat diekskresikan oleh ginjal
  - C. empedu diekskresikan oleh kulit
  - D. oksigen diekskresikan oleh paru-paru
  - E. uap air diekskresikan oleh hati
20. Pengeluaran keringat pada tubuh manusia dipengaruhi oleh faktor berikut ini, *kecuali* ....
- A. emosi
  - B. aktivitas tubuh
  - C. rangsangan saraf
  - D. suhu
  - E. penyerapan air di ginjal
21. Komponen plasma darah yang tidak terdapat pada filtrat yang terbentuk dalam kapsula Bowman adalah ....
- A. protein
  - B. glukosa
  - C. garam
  - D. urea
  - E. klorida
22. Sistem ekskresi merupakan mekanisme utama homeostatis karena ....
- A. sistem ekskresi dapat membuang sisa metabolisme sekaligus mengatur keseimbangan cairan tubuh
  - B. sistem ekskresi dapat mengeluarkan ion-ion tertentu sesuai dengan kebutuhan tubuh
  - C. sistem ekskresi dapat mengeluarkan berbagai zat sisa metabolisme melalui urin
  - D. sistem ekskresi memungkinkan terjadinya pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida di paru-paru
  - E. sistem ekskresi dapat menghasilkan zat-zat yang masih dibutuhkan tubuh sehingga kondisi tubuh seimbang

23. Sekresi ADH oleh kelenjar pituitari menyebabkan ....
- air dalam tubulus ginjal terserap ke dalam darah
  - urin menjadi lebih encer
  - darah akan agak pekat
  - urin dan darah menjadi pekat
  - air dari dalam darah akan dilepaskan
24. Ekskresi keringat pada lapisan dermis berlangsung melalui ....
- glandula sebacea
  - glandula sudorifera
  - serabut kolagen
  - pembuluh darah
  - ujung saraf
25. Urin penderita diabetes mengandung gula karena ....
- gula tidak difiltrasi di glomerulus
  - seluruh gula tidak diserap di tubulus proksimal
  - ketiadaan ADH sehingga penderita selalu ingin kencing
  - tak seluruh gula mampu direabsorpsi
  - kadar gula dalam darah menjadi rendah
26. Perhatikan tabel pemeriksaan darah berikut ini!

Komponen	Konsentrasi Dalam	
	Plasma Darah	Urin Sekunder
Darah	++	-
Asam urat	+	+
Glukosa	++++	+++
Asam Amino	++	-
Garam organik	++++	++
Protein	+++++++	-

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa orang tersebut menderita ....

- anuria
- diabetes dan albuminuria
- diabetes melitus
- uremia
- albuminuria

27. Efek yang terjadi jika manusia banyak berkeringat adalah ...
- A. banyak urin yang dihasilkan
  - B. urin menjadi encer
  - C. kandungan urea pada urin tinggi
  - D. urin berisi lebih banyak garam
  - E. urin mengandung lebih banyak gula
28. Kenyataan bahwa sel tubuh pada nefron mengandung banyak organel mitokondria menunjukkan bahwa nefron berperan pada proses ...
- A. transpor aktif
  - B. transpor pasif
  - C. osmosis
  - D. difusi
  - E. filtrasi
29. Hasil ekskresi burung bercampur dengan feses karena ...
- A. burung hanya memiliki kloaka
  - B. urin keluar lewat uretra
  - C. organ ekskresi terhubung dengan organ reproduksi
  - D. ginjal burung menyatu dengan usus
  - E. saluran ginjal buntu
30. Untuk menjaga tekanan osmotiknya, ikan di air tawar ....
- A. menyerap karbon dioksida melalui insang
  - B. melakukan ekskresi amonia melalui paru-paru
  - C. mengeluarkan urin dalam jumlah sedikit
  - D. melakukan ekskresi urin melalui kloaka
  - E. mengeluarkan urin dalam jumlah besar



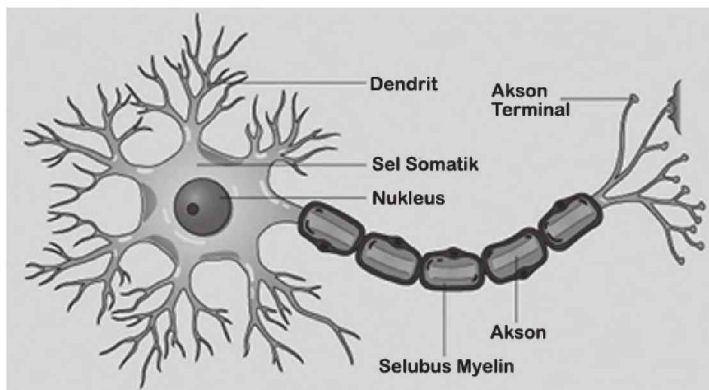
# SISTEM SARAF

# 17

Sistem regulasi merupakan sistem yang bertanggung jawab dalam mengatur fungsi-fungsi organ tubuh. Sistem ini dibangun oleh sistem saraf, sistem hormon dan sistem indera.

## A. SISTEM SARAF

Sistem saraf berperan dalam menerima rangsangan dari lingkungan eksternal dan internal, meneruskan rangsangan dalam bentuk impuls listrik melalui neuron, mengolah rangsangan lalu membawa hasil olahan rangsangan menuju organ efektor untuk memberikan reaksi terhadap rangsangan tersebut. Sistem saraf manusia disusun oleh jutaan sel saraf (neuron) dan sel pendukung (neuroglia) yang memelihara integritas struktur dan fungsi sistem saraf serta menyediakan nutrisi bagi sel-sel saraf. Sel-sel neuron dalam sistem saraf saling berhubungan melalui struktur yang disebut sinapsis. Struktur neuron terdiri dari **badan sel** dan **serabut saraf**.



Gambar 17.1. Struktur sel saraf (neuron)  
 Sumber gambar: [www.thebrainbank.uk.org](http://www.thebrainbank.uk.org)

Serabut saraf terdiri dari **akson (neurit)** dan **dendrit**. Akson adalah tonjolan sitoplasma yang membawa dan meneruskan rangsang dari badan sel menuju jaringan lain (efektor) yang dibungkus oleh selubung mielin dan selubung neurilema. Selubung mielin membungkus akson dalam suatu interval, sehingga membentuk **nodus Renvier**. Sementara itu, **dendrit** merupakan serabut pendek yang akan membawa impuls dari pusat datangnya rangsang (reseptor) menuju badan sel.

### a. Macam Sel Saraf

Berdasarkan fungsinya neuron dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

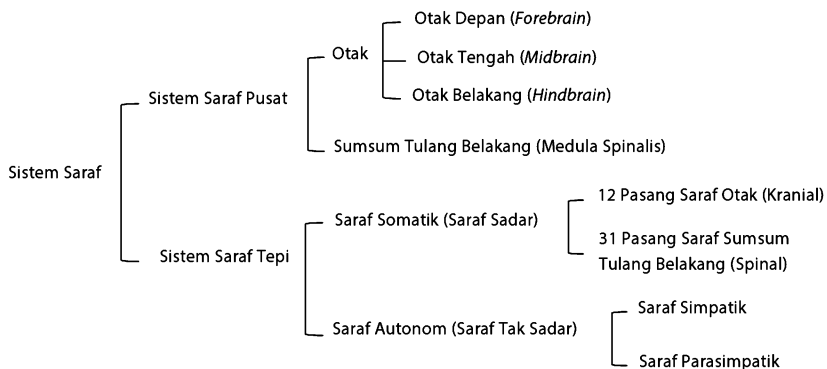
1. **Neuron sensorik** (neuron aferen) yang berfungsi membawa rangsangan dalam bentuk impuls saraf dari alat indra (reseptor) menuju saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang).
2. **Neuron motorik** (neuron eferen) berfungsi membawa hasil olahan rangsangan dalam bentuk impuls saraf dari sistem saraf pusat menuju organ efektor (otot atau kelenjar), sehingga terjadi reaksi terhadap rangsangan tersebut.
3. **Neuron konektor** (interneuron) merupakan neuron penghubung yang menghantarkan impuls dari satu neuron ke neuron. Neuron ini berfungsi meneruskan rangsang dari neuron sensoris menuju neuron motoris atau neuron lain pada sistem saraf pusat.

## b. Mekanisme Pengbantaran Impuls Saraf

Neuron berada dalam kondisi istirahat (polarisasi) saat tidak terstimulasi. Saat polarisasi, keadaan sebelah dalam (intraseluler) membran neuron lebih negatif daripada keadaan di luar membran neuron (ekstraseluler). Saat neuron mendapat stimulus atau rangsangan, akan mengalami depolarisasi karena terjadi perubahan konsentrasi ion yang menyebabkan membran dalam neuron menjadi lebih positif dibandingkan ekstraseluler. Kondisi ini menyebabkan timbulnya aliran listrik yang disebut arus lokal. Arus lokal memicu terjadinya perubahan potensial di sepanjang serabut saraf secara berurutan. Hal ini menyebabkan impuls listrik dapat menjarak di sepanjang akson. Impuls yang mencapai ujung akson akan menyebabkan neuron tersebut melepaskan neurotransmitter dari vesikula sinaps menuju celah sinaps. Neurotransmitter akan berdifusi melewati celah sinaps menuju neuron pascasinaps dan menyebabkan neuron tersebut terdepolarisasi kemudian neuron ini akan mengalami perambatan impuls seperti telah dijelaskan sebelumnya.

## c. Organisasi Sistem Saraf Manusia

Susunan sistem saraf manusia terdiri dari sistem saraf pusat dan tepi terlihat seperti skema di bawah ini.



### 1. Sistem saraf pusat

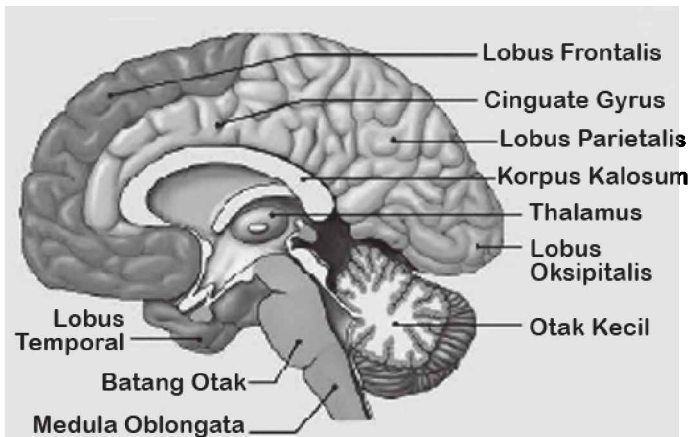
Sistem saraf pusat terdiri dari otak (ensefalon) dan sumsum



tulang belakang (medula spinalis).

- Otak (Ensefalon)

Otak adalah pusat koordinasi utama yang berada di dalam tulang tengkorak. Otak diselubungi oleh selaput meninges yang terdiri dari tiga lapisan, yaitu dura mater (selaput keras), arachnoid (selaput sarang laba-laba), dan pia mater (selaput lunak dan tipis). Diantara selaput arachnoid dan pia mater terdapat ruang subarachnoid yang berisi cairan serebrospinal, cairan ini berfungsi melindungi otak jika terjadi guncangan dan benturan. Otak dibagi menjadi tiga bagian, yaitu otak depan atau otak besar, otak tengah, dan otak belakang.



Gambar 17.2. Struktur Otak  
Sumber gambar: Silverthorn, 201

Bagian Otak	Fungsi
Otak depan atau otak besar (cerebrum)	Pusat pengaturan kulit dan gerakan otot
Lobus frontalis (bagian depan)	Pusat ingatan dan kecerdasan
Lobus parietalis (bagian atas)	Pusat pendengaran
Lobus temporalis (bagian samping)	Pusat penglihatan
Lobus oksipitalis (bagian belakang)	

<p>2. Otak tengah (midbrain)</p> <p>Bagian atas terdiri dari lobus optikus</p> <p>Bagian tengah terdiri dari:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Talamus</li> <li>- Hipofisis</li> </ul> <p>Bagian dasar terdiri dari hipotalamus</p>	<p>Pusat refleks mata</p> <p>Pusat pengaturan impuls sensoris</p> <p>Pengaturan kelenjar hormon</p> <p>Pusat pengaturan suhu tubuh, keseimbangan cairan tubuh, selera makan, metabolisme karbohidrat dan lemak, tekanan darah, dan tidur</p>
<p>Otak belakang (hindbrain)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otak kecil (cerebellum)</li> <li>• Jembatan varol (pons varolli)</li> <li>• Sumsum lanjutan (medula oblongata)</li> </ul>	<p>Pusat koordinasi gerakan otot sadar, pusat keseimbangan, dan posisi tubuh.</p> <p>Menghubungkan otak kecil bagian kanan dan kiri, serta otak besar dan sumsum tulang belakang</p> <p>Menghantarkan impuls dari sumsum tulang belakang menuju otak, serta pusat kontrol gerak refleks fisiologi, seperti denyut jantung dan pernapasan.</p>

- **Sumsum Tulang Belakang (Medula Spinalis)**

Sumsum tulang belakang merupakan lanjutan dari medula oblongata dan terletak di dalam rongga tulang belakang. Sumsum tulang belakang berfungsi sebagai penghubung impuls dari dan ke otak, serta mengatur gerak refleks, seperti refleks pupil, kejam mata, dan refleks lutut. Gerak refleks merupakan respons yang berlangsung cepat dan tanpa disadari

**Perjalanan rangsangan pada gerak biasa:**

Reseptor → saraf sensorik → sumsum tulang belakang → otak → saraf motorik →

**Perjalanan rangsangan pada gerak refleks:**

Reseptor → saraf sensorik → sumsum tulang belakang → saraf motorik → efektor

Saraf tepi menghubungkan saraf pusat dengan bagian tepi (perifer) tubuh. Sistem saraf tepi terdiri dari saraf sadar dan saraf tak sadar.

- **Saraf Sadar (Saraf Somatik)**

Sistem saraf somatik merupakan sistem saraf yang mengatur gerakan yang disadari. Sistem ini terdiri dari 12 pasang saraf otak (kranial) dan 31 pasang saraf sumsum tulang belakang (spinal). Dua belas pasang saraf otak itu antara lain:

- **Saraf Tak Sadar (Saraf Autonom)**

Sistem saraf autonom mengkoordinasikan kerja organ tanpa disadari, seperti kerja otot pada jantung dan usus. Sistem saraf ini terdiri dari saraf simpatis dan parasimpatis yang bekerja saling berlawanan. Jika saraf simpatis berfungsi mempercepat denyut jantung, memperlebar pembuluh darah, meningkatkan tekanan darah, maka saraf parasimpatis bekerja sebaliknya.

Bagian Tubuh	Simpatis	Parasimpatis
Pupil	Memperkecil pupil	Memperlebar pupil
Jantung	Mempercepat denyut jantung	Memperlambat denyut jantung
Kantung kemih	Menghambat pengosongan kantung kemih	Memacu pengosongan kantung kemih
Kelenjar saliva/ludah	Menghambat pengeluaran saliva	Memacu pengeluaran saliva
Bronkus	Memperlebar bronkus	Memperkecil bronkus

1. *Sistem saraf tepi*

- Sistem saraf tepi bertugas mengatur penhantar impuls dari dan ke sistem saraf pusat. Sistem saraf ini terbagi dua, yaitu:
- Sistem saraf aferen, sistem saraf yang membawa impuls dari reseptor menuju saraf pusat.
- Sistem saraf eferen, sistem saraf yang membawa impuls dari saraf pusat ke efektor.

#### **d. Gangguan Pada Sistem Saraf**

Sistem saraf dapat mengalami gangguan, diantaranya:

- ~ Meningitis adalah peradangan pada selaput otak ataupun sumsum tulang belakang, peradangan dapat disebabkan oleh infeksi, luka fisik, ataupun pengaruh obat-obatan tertentu.
- ~ Ensefalitis adalah peradangan pada sistem saraf pusat yang umumnya disebabkan oleh infeksi virus.
- ~ Neuralgia adalah rasa nyeri pada saraf sensoris yang disebabkan oleh penyakit tertentu.
- ~ Epilepsi adalah kelainan pada otak yang menyebabkan terganggunya aktivitas listrik normal pada otak sehingga menimbulkan kejang. Gangguan ini dapat terjadi karena infeksi, faktor genetis, tumor otak, stroke, cedera kepala, dll.
- ~ Stroke adalah kerusakan sel-sel otak akibat aliran darah yang terhambat menuju otak. Terhambatnya aliran darah ke otak dapat disebabkan oleh penyempitan pembuluh darah atau pecahnya pembuluh darah otak.

### **B. SISTEM HORMON (ENDOKRIN)**

Sistem hormon (endokrin) berperan dalam pengaturan homeostasis, reproduksi, metabolisme, tingkah laku, dan reaksi terhadap stres. Berbeda dengan sistem saraf yang sistem koordinasinya berlangsung relatif cepat, sistem koordinasi pada sistem hormon berlangsung lebih lambat dan berkesinambungan dalam waktu lama. Hormon adalah zat kimia yang dihasilkan suatu kelenjar buntu atau kelenjar endokrin yang tidak memiliki saluran. Setiap jenis hormon akan mempengaruhi jaringan dan organ tertentu. Kekurangan dan kelebihan konsentrasi hormon tertentu dapat menimbulkan gangguan dalam proses tumbuh-kembang, serta metabolisme tubuh. Berikut ini kelenjar-kelenjar endokrin beserta hormon dan fungsinya.

<b>Kelenjar</b>	<b>Hormon</b>	<b>Fungsi</b>
1. Hipotalamus	• Gonadotropin Releasing Hormon (GnRH)	• Memacu pengeluaran gonadotropin (hormon yang mempengaruhi kelenjar kelamin)
	• Thyroid Releasing Hormon (TRH)	• Memacu kelenjar hipofisis mengeluarkan TSH
2. Hipofisis		
a. Anterior	• STH(somatotrophic hormone) /Growth hormone (GH)	• Mengendalikan pertumbuhan badan
	• ACTH (AdenoCorticotrophic Hormon)	• Merangsang produksi & sekresi hormon dari kelenjar Adrenal Cortex yaitu aldosteron
	• MSH (Melanosyt Stimulating Hormon)	• Merangsang melanosit untuk memproduksi melanin (pigmen warna)
	• TSH (thyroid stimulating hormone)	• Memacu kelenjar thyroid untuk memproduksi tiroksin
	• Gonadotropin	
	a. FSH	• Pertumbuhan folikel ovarium (wanita), perkembangan spermatozoa (pria)
	b. LH	• Memacu ovulasi (wanita), pada pria disebut ICSH (interstitial cell stimulating hormone) memacu sel leydig mengeluarkan hormon testosteron
	• Prolaktin	• Merangsang sekresi air susu ibu pada kelenjar payudara
b. Posterior	• ADH	• Meningkatkan permeabilitas tubulus pada ginjal terhadap air  • Penyempitan pembuluh darah sehingga terjadi kenaikan pembuluh darah  • Penyebab pengurangan keringat
	• Oxitosin	• Menyebabkan otot polos rahim berkontraksi untuk mendorong fetus

3. Thyroid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T4 (thyroxin) &amp; T3 (Triiodothyronin)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merangsang katabolisme karbohidrat dan lemak</li> <li>• Meningkatkan sintesis protein pada anak-anak (kerja sama dengan Growth Hormon) meningkatkan pertumbuhan tulang, otot dan jaringan saraf</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcitonin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menurunkan kadar kalsium darah dengan cara mempercepat penyerapan kalsium oleh tulang</li> </ul>
4. Parathyroid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PTH (parathormon)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merangsang pengeluaran kalsium dari dalam tulang dan mempertahankan ion kalsium (<math>\text{Ca}^{2+}</math>) dan ion fosfat (<math>\text{PO}_4^{+3}</math>) di dalam darah</li> </ul>
5. Pankreas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insulin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyebabkan semua sel tubuh menggunakan glukosa dalam proses metabolismenya</li> <li>• Berperan dalam pengubahan gula darah (glukosa) menjadi gula otot (glikogen) untuk disimpan di hati, sehingga mengurangi kadar gula dalam darah</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glukagon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menaikan kadar gula dalam darah dengan merangsang pengubahan glikogen menjadi gula</li> </ul>
6. Adrenal		
a. Cortex	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kortikoid mineral (aldosteron)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyerapan Na dari darah &amp; mengatur reabsorpsi air pada ginjal</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glukokortikoid (kortisol)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengubahan protein menjadi glikogen di hati &amp; selanjutnya mengubahnya menjadi glukosa sebagai upaya menghadapi stres</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Androgen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bersama hormon reproduksi menentukan sifat kelamin sekunder</li> </ul>

b. Medula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adrenalin (epinefrin)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memacu aktivitas jantung &amp; penyempitan pembuluh darah kulit</li> <li>• mengendurkan otot polos batang tenggorokan sehingga melapangkan tenggorokan</li> <li>• Vasodilatasi arteri koronaria</li> <li>• Memecah glikogen dalam hati sehingga menaikkan kadar gula dalam darah</li> </ul>
7. Gonad		
a. Testis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• testosteron</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merangsang pematangan sperma atau spermatogenesis</li> <li>• Pembentukan ciri kelamin sekunder yang muncul (suara, tumbuh jakun, dada menjadi bidang, dan pertumbuhan rambut pada daerah tertentu)</li> </ul>
b. Ovarium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• estrogen dan progesteron</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrogen mempengaruhi perkembangan sifat seks sekunder wanita (perkembangan payudara, pinggul)</li> <li>• Estrogen juga mengatur siklus menstruasi dan memperbaiki lapisan uterus yang luruh saat menstruasi</li> <li>• Progesterone berfungsi : menyiapkan dinding uterus, menghambat pematangan ovum apabila terjadi fertilisasi dan kehamilan</li> </ul>

## C. ALAT INDERA

Alat indera manusia terdiri dari mata (indera penglihatan), telinga (indera pendengaran), hidung (indera penciuman), lidah (indera perasa), dan kulit (indera peraba).

### a. Mata (Indera Penglihatan)

Mata merupakan organ yang peka terhadap rangsangan berupa cahaya. Mata berperan sebagai indera penglihatan.

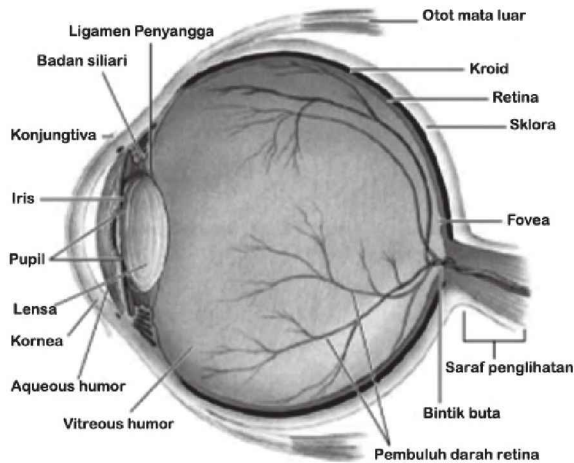
### 1. *Struktur mata*

Mata disusun oleh struktur-struktur tertentu yang didesain dengan sangat apik sehingga dapat menjalankan perannya dengan baik, yaitu **otot mata**, **bola mata**, dan **kelopak mata**.

- **Otot mata** berfungsi untuk melekatkan dan menjaga letak mata pada tengkorak wajah. Otot mata juga berfungsi untuk menggerakkan bola mata dan kelopak mata.
- **Kelopak mata** berfungsi untuk melindungi mata dari gangguan atau kotoran, seperti debu.
- **Bola mata** memiliki tiga lapis dinding, yaitu sklera (lapisan keras), koroid (selaput pembuluh darah), dan retina (selaput jala).
- ❖ Lapisan terluar mata (sklera) terdapat kornea yang merupakan lapisan jernih dan transparan.
  - ❖ **Koroid**, lapisan tengah mata berisi banyak pembuluh darah yang berperan dalam memberi nutrisi dan oksigen pada mata. Bagian depan koroid membentuk struktur berpigmen yang disebut **iris**. Celah pada bagian tengah iris disebut **pupil**, merupakan tempat masuknya cahaya ke dalam mata. Oleh karena itu, iris berfungsi untuk mengatur intensitas cahaya yang masuk ke dalam mata dengan mengatur ukuran pupil.
  - ❖ Lapisan paling dalam mata (**retina**) banyak mengandung ujung-ujung saraf mata yang berperan sebagai fotoreseptor. Dua macam sel reseptor pada retina adalah **sel batang** (basilus) dan **sel kerucut** (konus). Sel batang tidak dapat membedakan warna dan lebih sensitif terhadap cahaya. Sementara sel kerucut merupakan sel yang dapat membedakan warna. Manusia memiliki tiga macam sel kerucut di mata, yaitu sel yang peka terhadap warna merah, hijau, dan biru. Retina juga terdapat **bintik kuning (fovea)** yang sangat peka terhadap cahaya dan **bintik buta** yang tidak peka terhadap cahaya sama sekali. Di dalam bola mata, terdapat **lensa mata** yang berfungsi



untuk memfokuskan bayangan ke retina dengan cara menggerakkan lensa ke depan atau ke belakang.



Gambar 17.3. Struktur mata.  
Sumber gambar: Sherwood, 2010

## 2. Proses melihat

Objek yang terkena cahaya akan memantulkan berkas cahaya. Berkas cahaya yang dipantulkan oleh objek akan masuk melalui lensa mata menuju retina. Cahaya yang sampai di retina, akan jatuh tepat di bintik kuning. Selanjutnya, diterima sel batang dan sel kerucut. Sel batang dan sel kerucut yang terstimulasi oleh cahaya akan mengirimkan impuls ke pusat visual di otak melalui saraf-saraf mata. Impuls saraf yang sampai ke otak akan diolah dan dipersepsikan menjadi sebuah gambaran dari objek yang dilihat.

## 3. Gangguan pada mata

Gangguan pada mata dapat terjadi karena rusaknya atau terjadinya kelainan pada bagian-bagian mata. Berikut ini beberapa gangguan yang dapat terjadi pada mata, di antaranya:

- **Miopi (rabun jauh)**, terjadi karena lensa mata sangat cembung, sehingga bayangan benda jatuh di depan bintik kuning. Lensa

cekung dapat digunakan oleh penderita gangguan ini agar dapat melihat dengan normal.

- **Hipermetropi (rabun dekat)**, terjadi karena lensa mata sangat cekung sehingga bayangan jatuh di belakang bintik mata. Lensa cembung dapat digunakan oleh penderita gangguan ini agar dapat melihat dengan normal.
- **Presbiopi (rabun jauh dan dekat)**, gangguan ini terjadi karena lensa tidak lagi mampu menjalankan fungsinya dengan baik akibat otot mata yang mengendur. Gangguan ini biasanya terjadi pada orang lanjut usia dan lensa rangkap dapat digunakan oleh penderita gangguan presbiopi agar dapat melihat dengan normal.
- **Buta warna**, merupakan gangguan pada mata yang disebabkan oleh kerusakan atau kelainan pada salah satu macam sel kerucut sehingga mata tidak dapat membedakan warna tertentu, biasanya warna merah dan hijau.

## **h. Telinga (Indera Pendengaran)**

Telinga merupakan organ yang memiliki reseptor khusus yang peka dan dapat menerima rangsangan berupa bunyi. Selain itu, telinga juga berperan dalam menjaga keseimbangan tubuh.

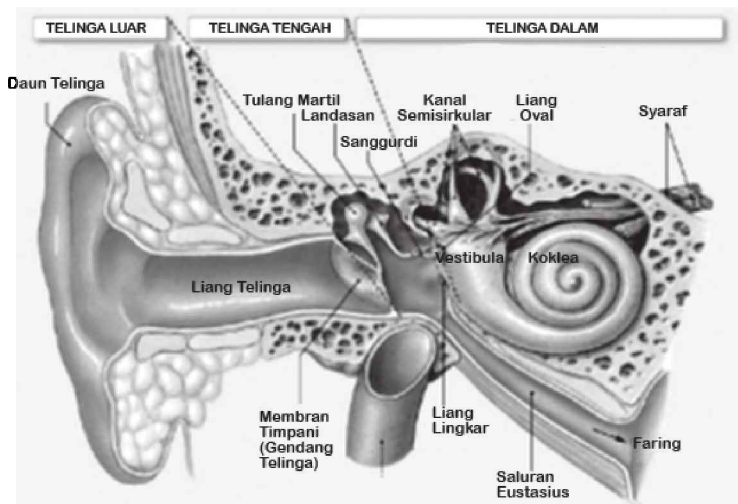
### *1. Struktur telinga*

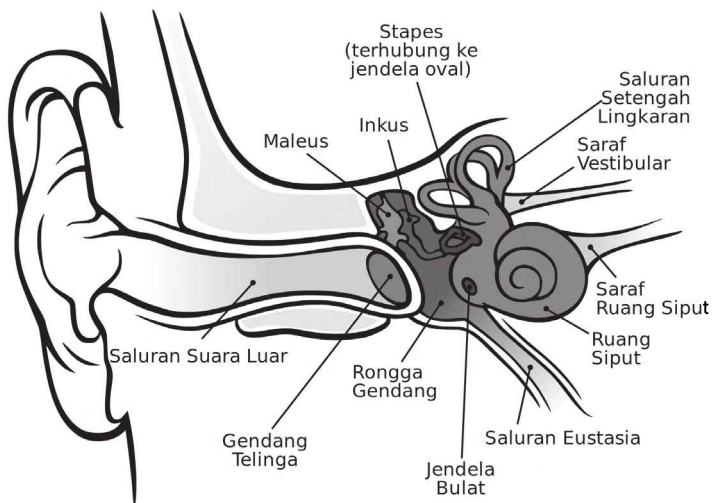
Telinga terdiri dari tiga bagian, yaitu **telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam**.

- **Telinga luar** terdiri dari **daun telinga, saluran telinga luar** dan **membran timpani**. Daun telinga berfungsi untuk mengumpulkan gelombang bunyi yang masuk ke telinga. Membran timpani atau gendang telinga berfungsi sebagai struktur yang dapat mengubah gelombang bunyi menjadi getaran.
- **Telinga tengah**, berfungsi untuk meneruskan gelombang bunyi dari telinga luar menuju ke telinga dalam. Pada telinga tengah terdapat **tulang pendengaran**, dan **saluran eustachius**. Pada telinga tengah manusia terdapat tiga tulang pendengaran, yaitu

**tulang martil (maleus), tulang landasan (inkus), dan tulang sanggurdi (stapes).** Ketiga tulang pendengaran tersebut membentuk rangkaian dan berperan dalam mengirimkan getaran bunyi dari membran timpani menuju ke tingkap oval. Saluran eustachius merupakan saluran yang menghubungkan antara telinga tengah dengan rongga faring, saluran ini berperan dalam menjaga keseimbangan tekanan udara antara udara luar dengan udara di dalam telinga tengah.

- **Telinga** dalam terdiri dari **labirin tulang** dan **labirin membran**. Labirin tulang terdiri dari **serambi (vestibulum), saluran setengah lingkaran (kanalis semisirkulis), dan rumah siput (koklea)**. Didalam koklea terdapat alat pendengaran berupa organ korti yang peka terhadap getaran. Setiap organ korti hanya dapat dirangsang oleh gelombang getaran tertentu, yaitu 20-20.000 hertz pada manusia normal.





Gambar 17.4. Struktur telinga.

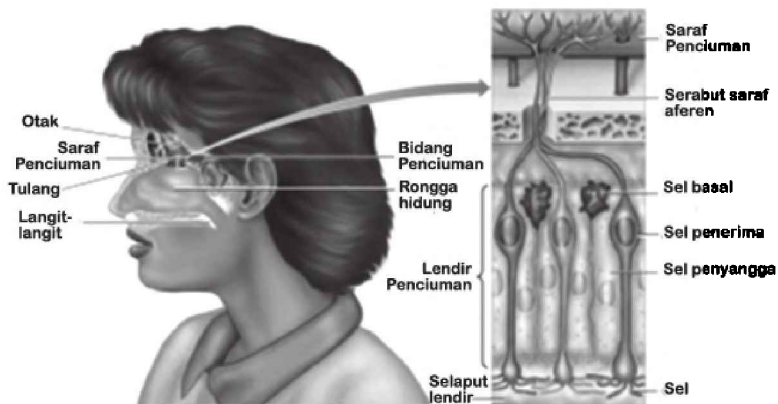
Sumber gambar: [http://id.wikipedia.org/wiki/Gendang\\_telinga](http://id.wikipedia.org/wiki/Gendang_telinga)

## 2. *Proses mendengar*

Bunyi ditangkap oleh daun telinga, masuk melalui saluran telinga luar dan menyebabkan membran timpani bergetar. Getaran tersebut akan diteruskan melalui tulang-tulang pendengaran menuju tingkap oval, sehingga tingkap oval akan bergetar. Pada tingkap oval terjadi penguatan getaran hingga mencapai 20 kali lipat. Getaran pada tingkap oval menyebabkan cairan perilimfe ikut bergetar lalu getaran perilimfe akan diteruskan ke koklea. Di dalam koklea terdapat organ korti yang akan menerima getaran sebagai impuls. Rangsangan impuls yang mencapai ujung ujung akhir saraf dalam organ korti selanjutnya akan dihantarkan menuju pusat pendengaran di otak melalui saraf pendengaran nervus auditorius. Pusat pendengaran di otak akan menrjemahkan getaran sebagaibunyi yang terdengar.

### c. Hidung (Indera Penghidu)

Hidung berfungsi sebagai organ penghirup karena memiliki sel-sel reseptor sensorik yang dapat peka terhadap rangsangan berupa zat kimia yang terdapat di udara. Sel-sel reseptor olfaktorik tersebut ditemukan pada lapisan epitelium di sebelah dorsal rongga hidung dan terlindungi oleh lapisan lendir (mukus). Sel-sel reseptor penghidu yang memiliki rambut-rambut halus dihubungkan oleh neuro-neuron olfaktorius ke pusat penciuman bau di sistem saraf pusat. Ketika suatu zat berbau masuk ke dalam rongga hidung, zat tersebut akan berikatan dengan sel reseptor spesifik yang ada pada hidung. Interaksi antara reseptor dan zat tersebut memicu pengiriman impuls rangsang di sepanjang akson langsung menuju ke bulbus olfaktorius otak. Pusat penciuman di otak akan menerjemahkan rangsangan sebagai bau yang tercium. Indera penghidu membantu indera pengecap dalam hal mempengaruhi selera makan.



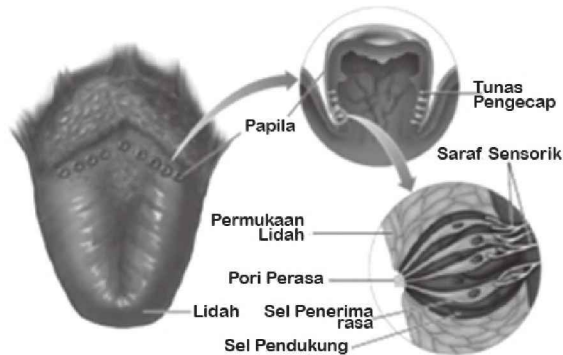
Gambar 17.5. Sel reseptor olfaktorik pada hidung.

Sumber gambar: Sherwood, 2010

### d. Lidah (Indera Pengecap)

Lidah berfungsi sebagai organ pengecap karena memiliki reseptor berupa kuncup pengecap yaitu papila lidah. Papila pada lidah dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu : filiformis, fungiformis, dan sirkumvalata. Kuncup pengecap untuk setiap rasa terletak pada daerah

yang berbeda pada lidah. Kuncup pengecap untuk rasa manis berada di bagian ujung lidah, untuk rasa asin berada di bagian tepi depan lidah, rasa asam berada di tepi belakang lidah, sedangkan untuk rasa pahit terletak di pangkal lidah.

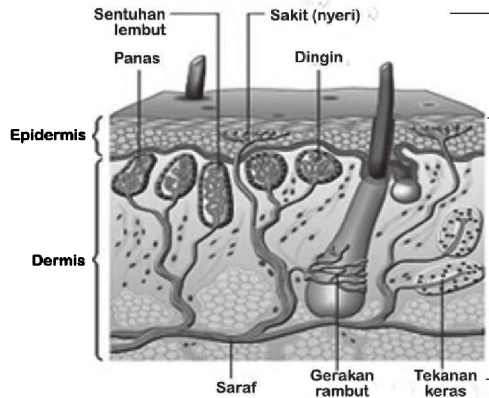


Gambar 17.6. Sel reseptor sensorik pada lidah.  
Sumber gambar: Sherwood, 2010

## e. Kulit (Indera Peraba)

Kulit merupakan indera peraba terbesar karena ditemukan di seluruh permukaan kulit, terutama ujung jari, telapak tangan, kaki, bibir, dan alat kelamin. Kulit memiliki berbagai reseptor yang peka terhadap berbagai jenis rangsangan, antara lain:

- ~ Kopuskula Pacini, reseptor tekanan kuat
- ~ Ujung saraf Ruffini, ujung saraf peraba dan reseptor panas
- ~ Ujung saraf Krause, reseptor dingin
- ~ Korpuskula Meissner, reseptor sentuhan
- ~ Lempeng Merkel, reseptor sentuhan dan tekanan ringan



Gambar 17.7. Beberapa sel reseptor pada kulit.  
Sumber gambar: Pustekkom, 2008

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Berikut ini adalah fungsi dari sistem saraf, *kecuali* ....
  - A. menerima rangsangan
  - B. mengubah rangsangan menjadi impuls listrik
  - C. mengolah rangsangan
  - D. menanggapi rangsang
  - E. mensekresikan hormon

**Jawaban: E**

Sistem saraf berperan dalam menerima rangsangan dari lingkungan eksternal maupun internal, meneruskan rangsangan dalam bentuk impuls listrik melalui neuron, mengolah rangsangan, lalu membawa hasil olahan rangsangan menuju organ efektor, untuk kemudian memberikan reaksi terhadap rangsangan tersebut.

2. Berikut ini yang tidak termasuk macam sel saraf berdasarkan fungsinya ....
 

A. neuron aferen	D. neuroglia
B. neuron eferen	E. neuron sensorik
C. interneuron	

**Jawaban: D**

Berdasarkan fungsinya neuron dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu: **neuron sensorik** (neuron aferen) yang berfungsi membawa rangsangan dari alat indra (reseptor) menuju saraf pusat; **neuron motorik** (neuron eferen), berfungsi membawa hasil olahan rangsangan dari sistem saraf pusat menuju organ efektor; **neuron konektor** (interneuron) merupakan neuron penghubung yang meneruskan rangsang dari neuron sensoris menuju neuron motoris atau neuron lain pada sistem saraf pusat.

3. Manakah yang merupakan jalur perambatan impuls pada lengkung refleks ....
- A. reseptor-neuron sensorik-serebrum-neuron motorik-efektor
  - B. reseptor-neuron sensorik-medula spinalis-neuron motorik-efektor
  - C. reseptor-neuron sensorik-serebelum-neuron motorik-efektor
  - D. reseptor-neuron sensorik-medula oblongata-neuron motorik-efektor
  - E. reseptor-neuron sensorik-talamus-neuron motorik-efektor

**Jawaban: B**

Jalur perambatan impuls pada gerak refleks:

Reseptor → saraf → sensorik → sumsum tulang belakang (medula spinalis) → saraf motorik → efektor

4. Pernyataan yang tidak tepat mengenai hormon adalah ....
- A. hormon dihasilkan oleh kelenjar eksokrin
  - B. koordinasi berlangsung relatif lambat
  - C. terlibat dalam pengaturan homeostasis tubuh
  - D. mempengaruhi kerja organ spesifik
  - E. hormon langsung diangkut oleh darah menuju organ target

**Jawaban: A**

Hormon adalah zat kimia yang dihasilkan suatu kelenjar buntu atau kelenjar endokrin yang tidak memiliki saluran. Setiap jenis



hormon akan mempengaruhi jaringan dan organ tertentu. Hormon berperan dalam pengaturan homeostasis, reproduksi, metabolisme, tingkah laku, dan reaksi terhadap stres. Sistem koordinasi pada sistem hormon berlangsung lebih lambat dan berkesinambungan dalam waktu lama.

5. Hipotalamus disebut sebagai kelenjar utama (master gland).

### SEBAB

Hipotalamus mengendalikan sekresi hormon dari kelenjar hipofisis

**Jawaban: D**

Hipotalamus mensekresikan hormon pembebas dan hormon penghambat yang mengatur sekresi hormon dari kelenjar hipofisis anterior. Namun yang disebut sebagai kelenjar utama (*master gland*) adalah kelenjar hipofisis karena hormon yang disekresikan oleh kelenjar ini berfungsi untuk mengendalikan kelenjar endokrin lainnya.

6. Kelebihan hormon pertumbuhan pada usia dewasa dapat menyebabkan ....
- |               |               |
|---------------|---------------|
| A. gondok     | D. Gigantisme |
| B. Kretinisme | E. Dwarfisme  |
| C. Akromegali |               |

**Jawaban: C**

Kelebihan hormon pertumbuhan pada usia muda menyebabkan pertumbuhan raksasa (**gigantisme**) dan menyebabkan **akromegali** jika terjadi pada usia dewasa, ditandai dengan terjadinya penebalan pada tulang wajah, tengkorak, jari tangan dan kaki.

7. Alat indera pada manusia berikut ini berfungsi sebagai kemoreseptor atau peka terhadap rangsang berupa zat kimia, yaitu ....
- 1) Mata
  - 2) Lidah
  - 3) Telinga
  - 4) Hidung

**Jawaban: D**

Sel reseptor pada hidung merupakan suatu kemoreseptor yang peka terhadap rangsang berupa zat kimia yang berada di udara. Sedangkan sel reseptor pada lidah merupakan suatu kemoreseptor yang peka terhadap rangsang berupa zat kimia yang terlarut dalam cairan.

8. Kelainan pada mata dapat berupa ketidakmampuan seseorang dalam membedakan warna. Kelainan ini disebabkan oleh ....
- A. kelainan pada sel basilus
  - B. kelainan pada iris
  - C. kelainan pada otot mata
  - D. kelainan pada bintik kuning
  - E. kelainan pada sel konus

**Jawaban: E**

Sel kerucut pada retina merupakan sel yang dapat membedakan warna. Pada manusia terdapat tiga macam sel kerucut, yaitu sel yang peka terhadap warna merah, hijau, dan biru. Kerusakan atau kelainan pada salah satu macam sel kerucut sehingga mata tidak dapat membedakan warna tertentu, biasanya warna merah dan hijau, disebut buta warna sebagian. Apabila kelainan terjadi pada ketiga macam sel kerucut sehingga mata tidak dapat membedakan warna sama sekali disebut buta warna total.

9. Bagian telinga yang berperan mengubah gelombang bunyi menjadi getaran adalah ...
- A. rumah siput
  - B. tulang pendengaran
  - C. gendang telinga
  - D. daun telinga
  - E. saluran eustachius

**Jawaban: C**

Membran timpani atau gendang telinga adalah struktur yang berfungsi untuk mengubah gelombang suara menjadi getaran sehingga nantinya getaran tersebut dapat diterima oleh alat pendengaran, yaitu organ korti.

10. Kulit Rara terasa dingin ketika memegang es. Reseptor yang berperan dalam menerima rangsang tersebut adalah ....
- A. ujung saraf Krause
  - B. ujung saraf Ruffini
  - C. korpuskula Pacini
  - D. korpuskula Meissner
  - E. lempeng Merkel

**Jawaban: A**

Ujung saraf Krause merupakan reseptor pada kulit yang berfungsi untuk menerima rangsangan berupa sensasi dingin.

# LATIHAN SOAL 17

1. Fungsi dari neuroglia adalah ....
  - A. membantu neuron dalam mempercepat hantaran impuls
  - B. membantu neuron menyampaikan rangsang kimia
  - C. memperkuat integritas struktur sistem saraf dan fungsi metabolik neuron
  - D. membantu neuron dalam pembukaan gerbang  $\text{Na}^+$
  - E. membantu neuron dalam transport kalium, ekspresi, dan regenerasi
2. Suatu senyawa kimia yang berperan dalam menghantarkan impuls saraf pada sinapsis adalah ....

A. esterase	D. kolinesterase
B. asetilkolin esterase	E. asetilkolin
C. neurilema	
3. Berikut ini urutan jalannya rangsang pada saat kita melakukan sesuatu.

Rangsangan → reseptor → neuron sensorik → sumsum tulang belakang → neuron motorik → efektor

Contoh gerakan yang mengikuti urutan jalannya rangsang di atas adalah ....

- A. tangan menangkap bola yang dilempar
- B. tangan ditarik karena menyentuh benda panas
- C. berdiri kembali setelah terjatuh secara tiba-tiba

- D. menjawab pertanyaan yang diajukan guru dengan cepat
- E. kaki menginjak rem saat lampu lalu lintas berwarna merah

4. Perhatikan gambar sistem saraf pusat berikut!



Sumber gambar: naskah soal UN SMA IPA Biologi tahun 2012

X menunjukkan lobus temporalis. Kerusakan sistem saraf pusat pada bagian tersebut akan menyebabkan ....

- A. gerakan otot tidak terkendali
  - B. kebutaan meskipun struktur matanya normal
  - C. terganggunya kemampuan pendengaran
  - D. tubuh tidak peka terhadap perubahan suhu
  - E. hilang ingatan
5. Bagian otak yang mengatur suhu tubuh adalah ....
- A. talamus
  - B. hipotalamus
  - C. cerebellum
  - D. medula oblongata
  - E. pons
6. Berikut ini yang bukan merupakan bagian dari sistem saraf pusat adalah ....
- A. cerebrum
  - B. cerebellum
  - C. medula oblongata
  - D. medula spinalis
  - E. saraf kranial



7. Sekresi pulau-pulau Langerhans berfungsi untuk:
  1. Mengubah glukosa menjadi glikogen
  2. Mengubah Glikogen menjadi glukosa
  3. Menghasilkan insulin
  4. Menghasilkan tripsin
  
8. Pengaturan kadar kalsium dalam tulang dipengaruhi oleh hormon yang dihasilkan kelenjar ....
 

A. gondok	D. anak ginjal
B. epifisis	E. anak gondok
C. paratrioid	
  
9. Kelenjar hipotalamus mensekresikan hormon yang berfungsi untuk ....
  - A. merangsang atau menghambat sekresi hormon dari kelenjar hipofisis
  - B. merangsang atau menghambat sekresi hormon dari talamus
  - C. merangsang atau menghambat sekresi hormon dari kelenjar tiroid
  - D. merangsang atau menghambat sekresi hormon dari kelenjar paratiroid
  - E. merangsang atau menghambat sekresi hormon dari kelenjar gonad
  
10. Susunan saraf pusat pada manusia terdiri atas ....
  - A. reseptor dan efektor
  - B. otak dan medulla spinalis
  - C. cerebrum dan cerebellum
  - D. otak dan medulla oblongata
  - E. medulla spinalis dan medulla oblongata
  
11. Diabetes melitus disebabkan karena sel-sel  $\alpha$  pulau Langerhans pankreas hanya sedikit memproduksi insulin.

### **SEBAB**

Hormon insulin diperlukan oleh tubuh untuk proses glikogenolisis.

12. Bagian otak yang berperan dalam mengatur refleks fisiologi gerak peristaltik adalah ....
  - A. medula spinalis
  - B. medula oblongata
  - C. serebrum
  - D. serebelum
  - E. hipofisis
  
13. Berikut ini merupakan peran sistem saraf simpatik terhadap organ target, *kecuali* ....
  - A. relaksasi bronkus
  - B. menghambat aktivitas pankreas
  - C. mempercepat denyut jantung
  - D. merangsang kelenjar medula adrenal
  - E. penyempitan pupil
  
14. Bagian yang menghubungkan belahan otak kanan dan kiri adalah ....
  - A. hipofisis
  - B. talamus
  - C. hipotalamus
  - D. corpus calosum
  - E. pons varrol
  
15. Lapisan pelindung otak/meninges dari luar ke dalam secara berturut-turut adalah ....
  - A. piameter-durameter-arachnoid
  - B. durameter-piameter-arachnoid
  - C. durameter-arachnoid-piameter
  - D. piameter-arachnoid-durameter
  - E. piameter-durameter-arachnoid
  
16. Urutan jalannya rangsang ketika seseorang menginjak duri adalah ....
  - A. reseptor – saraf sensorik – otak – saraf motorik – efektor
  - B. reseptor – saraf sensorik – saraf konektor – saraf motorik – efektor
  - C. reseptor – saraf motorik – saraf konektor – saraf sensorik – efektor

- D. reseptor – saraf motorik – sumsum tulang belakang – saraf sensorik – efektor
  - E. reseptor – saraf konektor – sumsum tulang belakang – saraf motorik – efektor
17. Manakah pernyataan yang benar terkait fungsi saraf dengan organ yang diaturnya ....
- A. saraf simpatis memacu proses pencernaan
  - B. saraf simpatis mengembangkan kantung kemih
  - C. saraf parasimpatis mempercepat denyut jantung
  - D. saraf parasimpatis memperlebar pupil
  - E. saraf parasimpatis memperkecil diameter pembuluh darah
18. Saraf kranial yang berhubungan dengan proses penciuman adalah ....
- A. olfaktori
  - B. okulomotor
  - C. fasial
  - D. oksipital
  - E. trigeminal
19. Hipotalamus memantau keadaan darah selama 24 jam. Berikut ini beberapa hal yang dikontrol oleh hipotalamus, *kecuali* ....
- A. mendeteksi perubahan suhu tubuh
  - B. pusat memori
  - C. kebutuhan oksigen
  - D. kebutuhan tidur
  - E. rasa lapar
20. Sebagai “*master of glands*”, hipofisis menghasilkan hormon-hormon yang mempengaruhi kelenjar berikut, *kecuali* ....
- A. testis
  - B. adrenal
  - C. pankreas
  - D. thyroid
  - E. ovarium



21. Kegagalan kelenjar thyroid dalam mensekresikan hormon tiroksin akan menyebabkan ....
- eksoftalmus
  - penurunan berat badan dan fungsi saraf pusat
  - peningkatan denyut jantung
  - penumpukan cairan di jaringan ikat subkutan
  - meningkatnya laju metabolisme
22. Pasangan hormon yang bekerja secara antagonis dalam homeostasis adalah ....
- oksitosin dan prolaktin dalam produksi susu
  - insulin dan glukagon dalam metabolisme lemak
  - progesteron dan estrogen dalam diferensiasi seksual
  - epinefrin dan norepinefrin dalam respons fight or flight
  - kalsitonin dan parathormon dalam keseimbangan kalsium
23. Berikut ini adalah bagian-bagian organ mata.
- |           |                   |
|-----------|-------------------|
| 1. Retina | 4. Pupil          |
| 2. Kornea | 5. Vitreous humor |
| 3. Lensa  | 6. Aqueous humor  |
- Cahaya yang ditangkap mata berturut-turut akan melalui ....
- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| A. 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 | D. 2 – 5 – 4 – 3 – 6 – 1 |
| B. 1 – 6 – 4 – 3 – 5 – 2 | E. 2 – 6 – 4 – 3 – 5 – 1 |
| C. 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 1 |                          |
24. Buta sesaat akibat adanya perubahan yang tiba-tiba dari kondisi sangat terang ke redup yang dialami oleh manusia, berkaitan erat dengan aktivitas ....
- |               |                     |
|---------------|---------------------|
| A. saraf mata | D. sel kerucut mata |
| B. pupil mata | E. sel batang mata  |
| C. iris mata  |                     |

25. Lensa pada mata berfungsi untuk mengatur banyak sedikitnya sinar yang masuk ke dalam mata sehingga sinar dapat ditangkap oleh fovea pada retina.

**SEBAB**

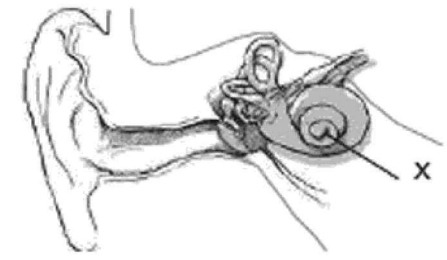
Fovea banyak mengandung sel-sel konus yang sangat peka terhadap cahaya terang sehingga mata dapat melihat jelas suatu benda.

26. Sel batang banyak terdapat pada retina hewan nokturnal.

**SEBAB**

Sel batang diperlukan untuk melihat pada cahaya remang.

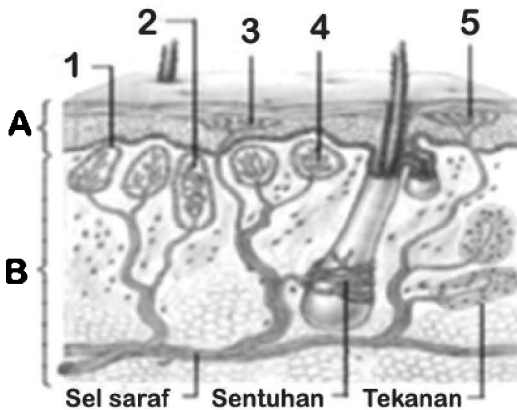
27. Fungsi dari X pada gambar bagian telinga adalah ....



Sumber gambar: naskah soal UN SMA IPA Biologi tahun 2010

- A. meneruskan getaran ke jendela oval
- B. meneruskan getaran ke koklea
- C. keseimbangan tekanan udara
- D. reseptor gravitasi
- E. reseptor suara

28. Jika seseorang makan makanan seperti lada atau cabe, dapat dirasakan oleh lidah dengan kesan pedas. Hal ini dapat terjadi karena ....
- minyak atsiri dalam cabe/lada menguap saat dikunyah
  - lada/cabe mengandung minyak atsiri yang mengiritasi permukaan lidah
  - rasa pedas pada cabe/lada merangsang indera pengecap dan pembau
  - rasa pedas pada cabe/lada merangsang semua reseptor pengecap
  - minyak atsiri pada cabe/lada merangsang reseptor pembau
29. Papila lidah yang berbentuk seperti huruf V dan banyak terdapat di pangkal lidah adalah ....
- fungiformis
  - sirkumvalata
  - filiformis
  - papila benang
  - papila jamur
30. Perhatikan struktur kulit di bawah ini!



Bagian saraf yang peka akan sentuhan lembut dan rasa nyeri adalah ....

- 2 dan 3
- 2 dan 4
- 1 dan 3
- 1 dan 5
- 4 dan 5



# SISTEM REPRODUKSI DAN SISTEM IMUNITAS

# 18

## A. SISTEM REPRODUKSI

Sistem reproduksi tetap memegang peran penting dalam kehidupan walaupun tidak esensial bagi kelangsungan hidup suatu organisme. Sistem reproduksi bertanggung jawab dalam menjaga eksistensi suatu spesies makhluk hidup di muka bumi.

### a. Sistem Reproduksi Pria

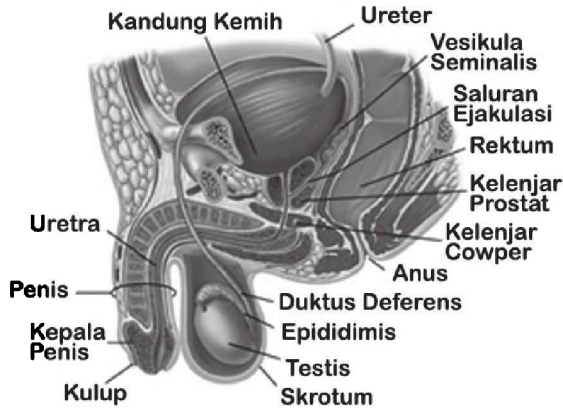
Sistem reproduksi pria dirancang agar dapat berfungsi untuk menghasilkan sperma dan menyalurkan sperma keluar tubuh.

#### 1. *Organ reproduksi pria*

Organ reproduksi pria terdiri dari organ reproduksi internal (testis, saluran reproduksi, dan kelenjar aksesoris) dan organ reproduksi eksternal (skrotum dan penis). Fungsi dari organ reproduksi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Organ Reproduksi	Fungsi
Organ reproduksi primer: sepasang testis.	• Testis terdiri dari banyak saluran berliku yang disebut tubulus seminiferus, tempat pembentukan sperma.
	• Sel-sel Leydig yang menghasilkan hormon testosteron

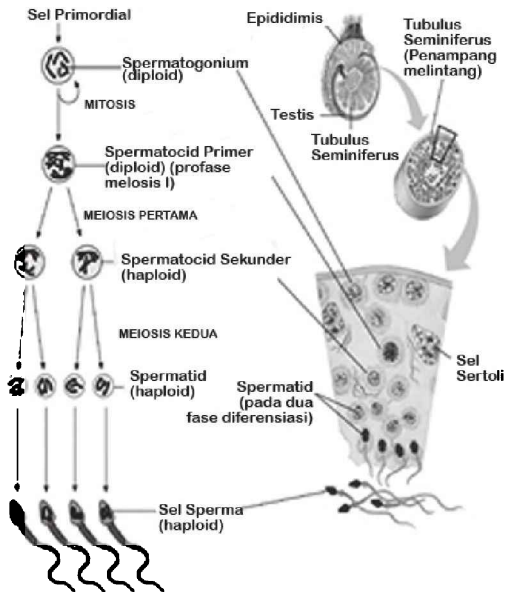
Saluran reproduksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Epididimis merupakan tempat pematangan dan penampungan sperma setelah keluar dari tubulus seminiferus</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duktus vas deferens merupakan saluran sperma dari testis menuju duktus ejakulatoris.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duktus ejakulatoris adalah tempat pertemuan duktus vas deferens dengan duktus dari vesikulas seminalis menuju uretra</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uretra merupakan saluran di sepanjang penis yang berfungsi sebagai tempat keluarnya sperma dan urin.</li> </ul>
Kelenjar Aksesoris	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kelenjar vesikula seminalis menghasilkan 60% dari total cairan semen yang mengandung mukus, asam askorbat, prostaglandin, serta fruktosa yang merupakan sumber energi bagi sel sperma.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kelenjar prostat merupakan kelenjar aksesoris yang menghasilkan zat anti koagulasi, sitrat, dan sedikit asam.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kelenjar Cowper atau Bulbouretra menghasilkan sekret yang berperan untuk menetralisasi dan membersihkan sisa urin yang bersifat asam dari uretra.</li> </ul>
Skrotum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berupa kantung yang melindungi testis, berperan untuk menjaga kestabilan suhu tubuh</li> </ul>
Penis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berfungsi sebagai alat kopulasi</li> </ul>



Gambar 18.1. Organ reproduksi pria.  
Sumber gambar: Pearson Education, 2003

## 2. *Spermatogenesis*

Spermatogenesis merupakan proses pembentukan spermatozoa. Spermatogenesis terjadi pada organ testis khususnya pada bagian tubulus seminiferus. Tubulus seminiferus testis memiliki sel-sel induk sperma atau spermatogonium yang bersifat diploid. Sel spermatogonium dapat mengalami mitosis untuk memperbanyak spermatogonium. Selain itu, spermatogonium juga dapat berkembang menjadi spermatosit primer. Masing-masing spermatosit primer kemudian mengalami meiosis I menghasilkan dua sel spermatosit sekunder haploid. Setiap sel spermatosit sekunder akan melakukan pembelahan meiosis II, sehingga dihasilkan empat sel spermatid (gambar 17.2). Selanjutnya, sel spermatid yang terbentuk akan mengalami proses spermiogenesis membentuk spermatozoa yang berflagel.



Gambar 18.2. Proses pembentukan sperma.  
Sumber gambar: Pearson Education, 2003

## b. Sistem Reproduksi Wanita

Sistem reproduksi wanita dirancang agar dapat berfungsi untuk menghasilkan ovum (sel telur), menerima sperma, sebagai tempat fertilisasi, memelihara janin selama masa kehamilan (gestasi), melahirkan bayi (partus) dan menyediakan air susu setelah bayi lahir (laktasi).

### 1. Organ reproduksi wanita

Organ reproduksi wanita terdiri dari organ reproduksi eksternal (klitoris, dua pasang labia, dan vagina) serta organ reproduksi internal (sepasang gonad atau ovarium, oviduk, rahim atau uterus) Gambar 17

Organ Reproduksi	Fungsi
Labia	<ul style="list-style-type: none"> <li>terdiri dari labia mayora dan minora yang berfungsi melindungi klitoris dan vagina</li> </ul>

Vagina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• merupakan saluran paling luar dari alat reproduksi wanita bagian dalam yang berfungsi sebagai alat kopulasi dan jalur keluarnya bayi saat melahirkan.</li> </ul>
Klitoris	<ul style="list-style-type: none"> <li>• merupakan area sensitif yang dikelilingi oleh labia</li> </ul>
Ovarium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• yang merupakan tempat pembentukan ovum (oogenesis).</li> </ul>
Oviduk (tuba falopi/tuba uterin)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• merupakan saluran yang dilalui oleh ovum dari ovarium menuju uterus. Pada bagian pangkal oviduk terdapat struktur yang disebut infundibulum, bagian ini berbentuk seperti corong atau fimbria dan berfungsi untuk menangkap sel telur yang diovolasikan.</li> </ul>
Uterus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• adalah tempat tumbuh dan berkembangnya zigot hingga menjadi bayi selama masa kehamilan.</li> </ul>
Serviks	<ul style="list-style-type: none"> <li>• merupakan bagian bawah uterus yang menyempit atau disebut juga leher rahim.</li> </ul>



Gambar 18.3. Organ reproduksi wanita  
 Sumber gambar: [www.theartofhumanbody.blogspot.com](http://www.theartofhumanbody.blogspot.com)

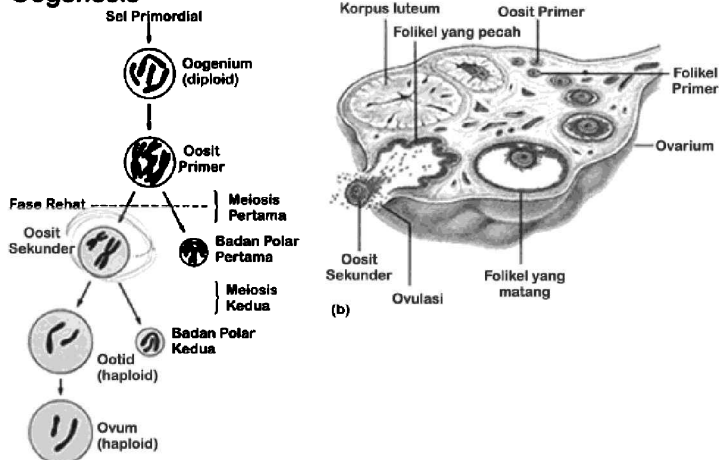
## 2. Oogenesis

Pembentukan sel telur atau oogenesis terjadi pada ovarium. Oogenesis dimulai dengan mitosis sel induk telur (oogonium). Oogonium menghasilkan oosit primer yang terjadi sebelum seorang



individu dilahirkan. Antara masa kelahiran hingga pubertas, oosit primer yang bersifat diploid melakukan replikasi DNA dan memasuki profase I. Oosit primer tidak akan menyelesaikan keseluruhan tahap Meiosis I sampai terjadi aktivasi oleh hormon FSH pada masa pubertas. Pembelahan meiosis I menghasilkan oosit sekunder yang haploid dan badan polar I. Saat masa ovulasi, oosit sekunder yang memasuki profase II akan dilepaskan dari ovarium. Namun, keseluruhan tahap pada pembelahan meiosis II yang menghasilkan satu ovum matang dan badan polar II tidak akan terjadi sampai oosit sekunder dipenetrasi oleh sel sperma.

### Oogenesis



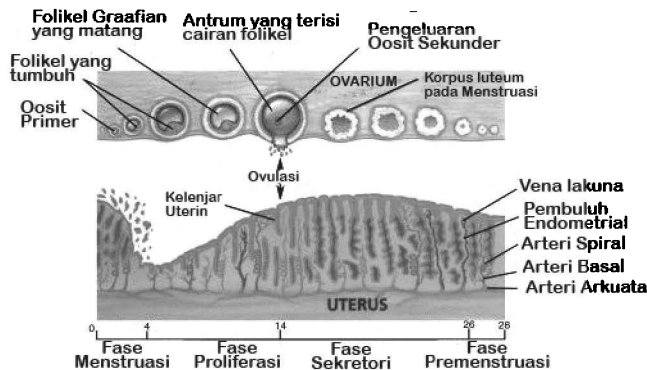
Gambar 18.4. Proses pembentukan ovum  
Sumber gambar: Pearson Education, 2003

### 3. Siklus menstruasi

Siklus menstruasi terdiri dari fase aliran menstruasi, fase proliferasi, dan fase sekresi.

- Fase aliran menstruasi merupakan fase peluruhan endometrium atau masa menstruasi, hari pertama fase aliran menandai hari 1 siklus menstruasi.
- Fase proliferasi merupakan fase pertumbuhan endometrium yang distimulasi oleh estrogen dari folikel yang sedang tumbuh.
- Fase sekresi adalah fase dimana endometrium terus menebal,

arteri membesar, dan kelenjar endometrium tumbuh. Fase ini memerlukan estrogen dan progesteron yang disekresi oleh korpus luteum setelah ovulasi. Oleh karena itu, fase sekresi siklus menstruasi terjadi bersamaan dengan fase luteal siklus ovarium. Sehingga saat korpus luteum terdisintegrasi pada akhir fase luteal, endometrium akan meluruh karena berkurangnya kadar estrogen dan progesteron. Apabila terjadi kehamilan, beberapa mekanisme tambahan mempertahankan kadar estrogen dan progesteron yang tinggi sehingga endometrium tidak luruh.



Gambar 18.5. Siklus ovarium dan siklus menstruasi.

Sumber gambar: [www.tutorvista.com](http://www.tutorvista.com)

#### 4. Kehamilan

Ovulasi melepaskan sebuah oosit sekunder yang kemudian memasuki oviduk. Fertilisasi terjadi ketika sperma berhasil mencapai oviduk dan mampu menembus serta melebur bersama ovum menghasilkan zigot. Ovum yang dibuahi oleh sperma tersebut akan bergerak menuju uterus sambil membelah mitotik secara progresif berdiferensiasi menjadi kumpulan sel berbentuk bola padat (morula). Morula terus membelah dan berdiferensiasi menjadi gastrula lalu blastokista. Sekitar 7 hari setelah fertilisasi terjadi, blastokista yang siap menempel pada endometrium. Blastosista memiliki lapisan luar (trofoblas) yang akan berkembang menjadi plasenta. Blastosit

akan menempel pada dinding uterus (implantasi) pada bagian trofoblas. Embrio berkembang membentuk lapisan embrionik yang terdiri dari lapisan luar (ektoderm) yang akan berkembang menjadi epidermis kulit dan saraf; lapisan tengah (mesoderm) yang akan membentuk rangka, otot, sistem peredaran darah, ekskresi, dan reproduksi; serta lapisan dalam (endoderm) yang akan membentuk jaringan epitelium dan saluran pencernaan. Saat umur 5 minggu, tunas tungkai (alat gerak), mata, jantung, hati, dan semua organ lain telah mulai berkembang pada embrio yang hanya berukuran sekitar 1 cm. Pertumbuhan dan perkembangan embrio yang sekarang disebut fetus akan terus berlanjut selama trimester kedua. Saat akhir trimester kedua, fetus tumbuh sampai panjangnya sekitar 30 cm. Saat waktunya, bayi akan lahir setelah 38 minggu masa kehamilan dengan berat badan berkisar 3-3,5 kg dan panjang sekitar 50 cm.

### **c. Kelainan pada Sistem Reproduksi**

Berikut ini beberapa gangguan atau kelainan yang dapat terjadi pada sistem reproduksi.

- ~ Gangguan menstruasi, terdiri dari amenore primer dan amenore sekunder.
- ~ Kanker genitalia, pada wanita dapat terjadi pada vagina, serviks, dan ovarium. Kanker serviks biasanya disebabkan oleh infeksi virus atau bakteri.
- ~ Endometriosis, keadaan saat jaringan endometrium terdapat di luar uterus (dapat tumbuh di sekitar ovarium, oviduk, atau jauh di luar uterus, misalnya di paru-paru).
- ~ Infeksi vagina dapat terjadi karena infeksi berbagai mikroorganisme dan kurang terjaganya kebersihan daerah organ reproduksi.
- ~ Infertilitas, keadaan saat ketidakmampuan sistem reproduksi wanita untuk mendukung atau memperoleh kehamilan secara alami atau ketidakmampuan sistem reproduksi pria untuk membuahi sel telur secara alami. Umumnya, kelainan ini disebabkan oleh faktor

hormonal atau adanya kelainan pada organ-organ reproduksi, baik wanita maupun pria.

- ~ Impotensi, keadaan yang ditandai dengan ketidakmampuan penis untuk ereksi (tegang), sehingga sulit untuk melakukan kopulasi (fertilisasi). Biasanya, impotensi disebabkan oleh faktor hormonal, tetapi juga dapat dipicu oleh faktor psikologis atau emosional seseorang.
- ~ Sifilis disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*. Penyakit ini dapat ditularkan melalui hubungan seksual, transfusi darah, atau luka mikroskopis.
- ~ Herpes simplex disebabkan virus *herpes simplex* tipe II yang menyerang kulit di daerah alat reproduksi luar. Gejala penyakit berupa gatal, kemerahan, perih, dan munculnya lepuhan pada kulit.

## B. SISTEM IMUNITAS

Setiap saat tubuh manusia diserang oleh berbagai patogen, seperti virus, bakteri, jamur, dan protozoa parasit. Keberadaan sistem imunlah yang membuat tubuh mampu bertahan dari serangan patogen itu. Sistem imun adalah mekanisme pertahanan tubuh yang dapat mengenali patogen dan melawannya. Sistem imun tersusun atas sel-sel, jaringan, dan organ yang membentuk imunitas, yaitu kekebalan tubuh terhadap infeksi atau penyakit. Fungsi sistem imun, yaitu (1) melindungi tubuh dari invasi patogen yang masuk ke dalam tubuh, (2) menjaga keseimbangan tubuh dengan menghancurkan jaringan atau sel yang mati atau rusak, dan (3) mengenali dan menghilangkan sel yang abnormal, termutasi, atau ganas.

Tubuh kita dapat merespons adanya patogen secara non-spesifik dan spesifik. Pertahanan tubuh secara non-spesifik seperti : kulit, membran mukosa, fagositosis, protein antimikroba dan respons peradangan. Sedangkan pertahanan tubuh spesifik melibatkan limfosit dan antibodi. Gambaran umum pertahanan tubuh dapat dilihat pada tabel berikut :

Mekanisme pertahanan non-spesifik	Mekanisme pertahanan spesifik	
Garis pertahanan pertama	Garis pertahanan kedua	Garis pertahanan ketiga
• Kulit	• Sel darah fagositik	• Limfosit
• Membran mukosa	• Protein antimikroba	• Antibodi
• Sekresi dari kulit dan membran mukosa	• Respons peradangan	

## a. Respon Imun Nonspesifik

Sistem ini merupakan pertahanan tubuh terhadap infeksi dengan respon yang sama (nonspesifik) terhadap setiap jenis patogen atau antigen. Cirinya, bekerja cepat setelah ada infeksi dan tidak ada memori (ingatan) imunitas. Respon imun nonspesifik mulai bekerja sejak reseptor mengenali patogen yang masuk di dalam tubuh atau sel yang harus dihancurkan. Respon imun nonspesifik, antara lain pertahanan fisik/mechanis, pertahanan biokimia, inflamasi, sistem komplemen, dan pertahanan seluler.

### 1. Pertahanan fisik/mechanis

Pertahanan fisik/mechanik ini, utamanya, berfungsi mencegah masuknya patogen dari lingkungan ke dalam tubuh. Pertahanan fisik dan mekanis tubuh dapat berupa:

- Adanya lapisan kulit yang menjadi penghalang masuknya patogen.
- Dihasilkannya sebum kelenjar sebaceous yang bersifat antimikroba di permukaan kulit.
- Dihasilkannya mukus/lendir untuk memerangkap patogen. Misalnya, mukus di hidung dan rambut-rambut halus yang berfungsi menyaring udara yang dihirup.
- Produksi air mata yang bersidat antimikroba dan adanya bulu mata yang berfungsi menghalau debu.

### 2. Pertahanan biokimia

Tubuh menyekresikan senyawa kimia yang bersifat

antimikrobia, contohnya lisozim yang terdapat di air mata, saliva, dan asi. Contohnya, keberadaan mikroba yang bersimbiosis dengan tubuh di saluran pencernaan. Adanya mikroba ini menjaga keseimbangan mikroflora di saluran pencernaan melalui kompetisi dengan mikroba patogen.

3. *Inflamasi*

Inflamasi merupakan reaksi tubuh oleh infeksi atau iritasi, yaitu terjadinya pembengkakan, panas, kemerahan, dan nyeri. Reaksi tubuh ini bertujuan sebagai penghalang fisik agar infeksi tidak menyebar dan mempercepat pemulihan jaringan yang rusak.

4. *Sistem Komplemen*

Sistem komplemen tersusun atas 25 protein plasma yang bekerja bersama sebagai penolong atau komplemen yang membantu proses penghancuran patogen oleh antibodi atau sel fagosit. Protein komplemen bersirkulasi di darah dalam bentuk inaktif. Ketika teraktivasi oleh adanya ikatan antibodi-antigen, protein komplemen akan membentuk suatu rantai (*cascade*) yang kemudian melubangi dinding sel patogen untuk menghancurkannya. Sistem komplemen juga membuat patogen lebih mudah dikenali oleh sel-sel fagosit.

5. *Pertahanan Seluler*

Pertahanan seluler melibatkan sel-sel imun dalam melawan patogen, yaitu sel darah putih (*leukosit*). Leukosit pada sistem imun nonspesifik, antara lain sel fagosit (makrofag, neutrofil, dan sel dendritik), sel mast, eosinofil, basofil, dan sel pembunuh/NK (*natural killer cells*). Sel-sel ini akan mengurangi patogen dengan cara menelan (*fagositosis*) ataupun menghancurkannya.

## **b. Respon Imun Spesifik**

Pada respon imun spesifik, terdapat mekanisme memori yang artinya setiap patogen akan diingat berdasarkan antigennya. Ciri respon imun spesifik, yaitu merespon antigen yang spesifik, ada jeda waktu antara masuknya patogen hingga munculnya respon yang maksimal, dan terbentuk memori imunitas.

Respon imun spesifik terbentuk karena kerja sama dua sistem imun spesifik, yaitu sistem imun spesifik humoral dan sistem imun spesifik seluler. Kedua sistem ini dijalankan oleh limfosit B yang berhubungan dengan respons humoral dan limfosit T yang berhubungan dengan respons selular.

1. *Sistem imun spesifik humoral*

Sistem imun spesifik humoral disebut juga imunitas diperantarai antibodi. Penyebutan ini karena respon imun yang terbentuk akibat adanya kerja antibodi yang menyerang patogen. Antibodi dibentuk oleh sel B plasma dan pembentukannya distimulasi oleh adanya antigen. Antigen berasal dari kata *antibody generator* yang artinya molekul yang akan berikatan oleh antibodi yang spesifik.

Proses terbentuknya respon imun spesifik humoral sebagai berikut:

- Sel B diaktivasi oleh adanya antigen spesifik yang dikenalnya. Aktivasi sel B dapat dipengaruhi oleh sel T ataupun tidak.
- Sel B yang teraktivasi akan menelan antigen secara endositosis.
- Fragmen antigen berikatan dengan protein membran plasma membentuk *antigen presenting cell* (APCs) dengan molekul MHC-II di permukaan selnya.
- Komplek MHC-II dikenali oleh sel T penolong (*helper T-cell*) yang akan menyekresikan sitokin.
- Sekresi sitokin mendorong pembelahan sel B dan pembentukan sel B plasma yang menyekresikan antibodi. Satu sel B plasma dapat menyekresikan 2000 molekul antibodi perdetik.
- Antibodi berikatan dengan antigen membentuk kompleks antigen-antibodi.
- Sel B membentuk sel B memori yang akan mengingat antigen spesifik.

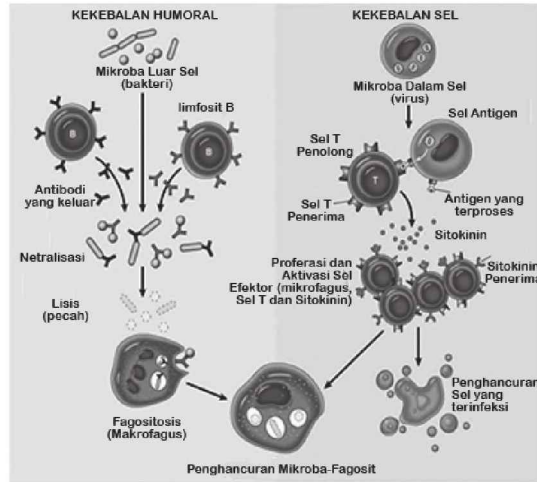
Serangkaian respon di atas merupakan respon imun primer. Apabila sel B memori sudah mengingat antigen spesifik, bila terjadi infeksi lagi, respon imun akan berlangsung lebih cepat. Respon ini disebut respon imun sekunder.

## 2. *Sistem imun spesifik seluler*

Pada sistem imun spesifik seluler, sel T berperan dalam melawan dan menghancurkan patogen. Sel T juga mengenali antigen yang spesifik pada permukaan sel yang terinfeksi. Respon imun spesifik seluler melindungi tubuh dengan cara (1) mengaktivasi sel T spesifik antigen yang dapat menyebabkan hancurnya sel patogen ataupun sel tumor, (2) mengaktivasi makrofag dan sel NK untuk menghancurkan patogen, dan (3) menstimulasi sel untuk menyekresikan sitokin yang memengaruhi terbentuknya respon imun spesifik humoral ataupun non spesifik.

Sel T dapat dibedakan menjadi sel T efektor dan sel T memori. Sel T memori dapat mengingat antigen spesifik, berusia lama, dan berperan dalam respon imun sekunder. Sel T efektor dapat dibedakan menjadi sel T penolong (*helper T-cell*) dan sel T pembunuh (*killer T-cell*). Sel T penolong akan berinteraksi dengan kompleks antigen-MCH II dan menyekresikan sitokin. Sekresi sitokin dapat mengaktivasi sel T lainnya dan sel B untuk memproduksi antibodi. Sel T penolong juga mengaktivasi makrofag agar segera bersiap memfagosit patogen ataupun sisa-sisa sel. Sel T pembunuh disebut juga sel T sitotoksik mengenali kompleks antigen-MCH I dan akan terus membelah karena pengaruh sekresi interleukin-2 oleh sel T penolong. Sel T pembunuh akan menghancurkan sel patogen ataupun sel tumor dengan melubangi sel lawannya.





Gambar 18. 6 Respon imun spesifik humoral dan seluler.

Sumber gambar: [www.stanford.edu](http://www.stanford.edu)

### c. Kekebalan Tubuh

Kekebalan tubuh dapat dibedakan menjadi:

#### 1. Kekebalan tubuh aktif

*Kekebalan tubuh aktif* diperoleh melalui rangkaian respon imun di dalam tubuh akibat adanya antigen. Apabila kekebalan tubuh ini terbentuk akibat infeksi patogen secara alami, maka disebut kekebalan tubuh aktif alami. Contohnya, seseorang menjadi kebal oleh penyakit cacar setelah pernah sakit cacar akibat tertular. Kekebalan tubuh aktif juga bisa terbentuk secara tidak alami atau disebut kekebalan tubuh aktif buatan. Contohnya, kekebalan tubuh yang terbentuk akibat adanya injeksi antigen (vaksin) ke dalam tubuh. Vaksin adalah antigen yang sengaja diberikan ke dalam tubuh manusia agar sel-sel limfosit memori mengenali antigen tersebut. Proses pemberian vaksin disebut vaksinasi. Seseorang yang sudah divaksinasi penyakit tertentu, akan mempunyai kekebalan tubuh alami terhadap penyakit tersebut. Apabila terjadi infeksi, maka respon imun berlangsung cepat karena sudah dikenali antigennya.

2. *Kekebalan tubuh pasif*

Kekebalan tubuh pasif diperoleh bila seseorang menerima antibodi dari luar dirinya. Kekebalan tubuh pasif dibedakan menjadi kekebalan tubuh pasif alami (contohnya, antibodi pada ASI Ibu yang diberikan ke bayinya) dan kekebalan tubuh pasif buatan (contohnya, pemberian serum).

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Skrotum merupakan kantung yang melingkupi testis dan menggantung di luar tubuh. Hal ini bertujuan untuk ....
  - A. menurunkan suhu testis agar pembentukan sperma dapat berlangsung optimal
  - B. menurunkan suhu tubuh agar pembentukan sperma dapat berlangsung optimal
  - C. meningkatkan suhu testis agar pembentukan sperma dapat berlangsung optimal
  - D. meningkatkan suhu tubuh agar pembentukan sperma dapat berlangsung optimal
  - E. menurunkan suhu epididimis agar pembentukan sperma dapat berlangsung optimal

**Jawaban: A**

Proses pembentukan dan pematangan sperma membutuhkan suhu sekitar  $34^{\circ}\text{C}$ , lebih rendah dari suhu tubuh yang berkisar  $37^{\circ}\text{C}$ . Oleh karena itu, skrotum menggantung di luar tubuh, dengan tujuan untuk menurunkan suhu testis, sehingga pembentukan dan pematangan sperma dapat berlangsung optimal.

2. Hasil akhir dari proses spermatogenesis yang terjadi di dalam testis adalah ....
  - A. 4 sel spermatozoa fungsional yang bersifat diploid
  - B. 4 sel spermatozoa fungsional yang bersifat haploid
  - C. 1 sel spermatozoa fungsional yang bersifat diploid
  - D. 1 sel spermatozoa fungsional yang bersifat haploid
  - E. 2 sel spermatosit sekunder bersifat haploid

**Jawaban: B**

Pada spermatogenesis, setiap sel spermatogonium yang bersifat diploid akan mengalami mitosis menghasilkan 2 spermatosit primer. Masing-masing spermatosit primer kemudian mengalami meiosis I menghasilkan 2 sel spermatosit sekunder haploid. Setiap sel spermatosit sekunder akan melakukan pembelahan meiosis II sehingga dihasilkan 4 sel spermatid. Selanjutnya, sel spermatid yang terbentuk akan mengalami pematangan, didorong menuju epididimis dan memperoleh kemampuan motilitasnya sehingga menjadi sel sperma fungsional.

3. Organ reproduksi pria yang terlibat dalam proses pembentukan dan pematangan sperma adalah ....
- |                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| 1. Vesika seminalis    | 3. Vas deferens |
| 2. Tubulus seminiferus | 4. Epididimis   |

**Jawaban: C**

Testis terdiri dari tubulus seminiferus, yaitu saluran berliku tempat berlangsungnya pembentukan sperma. Proses pematangan dan penampungan sperma setelah keluar dari tubulus seminiferus terjadi di dalam epididimis.

4. Hormon yang secara tidak langsung berperan dalam spermatogenesis adalah ....
- |                |                       |
|----------------|-----------------------|
| A. FSH         | D. Gonadotropin       |
| B. LH          | E. Hormon pertumbuhan |
| C. Testosteron |                       |

**Jawaban: D**

Hormon gonadotropin tidak berperan secara langsung berperan dalam spermatogenesis karena hormon ini berperan untuk merangsang kelenjar hipofisa anterior agar mensekresikan FSH dan LH, tidak terlibat langsung dalam menstimulasi spermatogenesis di dalam testis.

5. Struktur organ reproduksi yang memungkinkan seorang wanita dapat memelihara janin dalam tubuhnya selama masa kehamilan adalah ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. ovarium | D. serviks |
| B. oviduk  | E. uterus  |
| C. ovum    |            |

**Jawaban: E**

Uterus adalah tempat tumbuh dan berkembangnya zigot hingga menjadi bayi selama masa kehamilan.

6. Berikut ini adalah hormon yang disekresikan oleh korpus luteum ....
- |        |              |
|--------|--------------|
| 1. FSH | 3. Prolaktin |
| 2. LH  | 4. Estrogen  |

**Jawaban: D**

Korpus luteum mensekresikan estrogen dan progesteron.

7. Pada umumnya wanita melahirkan satu bayi pada setiap kelahiran.

### **SEBAB**

Hanya satu sel telur yang dilepaskan setiap ovulasi.

**Jawaban: A**

Pada setiap siklus ovarium, saat ovulasi terjadi umumnya hanya akan dilepaskan satu sel telur. Hal ini berkaitan dengan kondisi fisiologi dan anatomi tubuh manusia yang dirancang untuk hal tersebut. Faktor hormonal juga berperan penting dalam hal ini, kadar normal hormon-hormon reproduksi tubuh hanya memungkinkan pematangan dan pelepasan satu sel telur setiap ovulasi.

8. Komponen sel darah yang terlibat dalam sistem imun humoral adalah ....
- |              |              |
|--------------|--------------|
| A. limfosit  | D. trombosit |
| B. basofil   | E. neutrofil |
| C. eritrosit |              |

**Jawaban: A**

Respon imun spesifik terbentuk karena kerja sama dua sistem imun spesifik, yaitu sistem imun spesifik humoral dan sistem imun

spesifik seluler. Kedua sistem ini dijalankan oleh jenis sel leukosit, yaitu limfosit. Sel B dan sel T adalah komponen seluler utama dalam sistem imun spesifik. Sel B berperan dalam sistem imun spesifik humoral karena menghasilkan sel B plasma yang dapat membentuk antibodi. Sel T berperan dalam sistem imun spesifik seluler, yaitu menghancurkan patogen yang telah dikenali sel B. Sel T membentuk sel T pembantu, sel T pembunuh, dan sel T memori.

9. Seorang anak yang pernah terkena sakit cacar, jarang akan terkena lagi sakit cacar yang jenisnya sama untuk seumur hidupnya. Hal ini karena ....
- A. tidak ada antigen yang dapat melewati pertahanan fisik tubuh
  - B. respon imun berlangsung lebih cepat karena antigen sudah dikenali
  - C. sel B plasma sudah mengingat antigen penyebab cacar
  - D. sel T akan langsung menyerang antigen ketika memasuki tubuh
  - E. makrofag sudah mengenali antigen penyebab cacar

**Jawaban: B**

Apabila kita terinfeksi cacar, maka seumur hidup akan kebal terhadap cacar yang sejenis karena kerja sel-sel limfosit memori. Sel limfosit memori telah mengenali antigen yang spesifik, sehingga bila terjadi infeksi untuk kedua kalinya, respon imun akan berlangsung lebih cepat.

10. Pernyataan yang benar berkaitan dengan sel B adalah ....
- A. merupakan leukosit yang bersifat fagositik
  - B. dikenal juga sebagai limfosit sitotoksik
  - C. berperan menghancurkan sel patogen
  - D. diaktivasi oleh antigen spesifik
  - E. produksi antibodi dan antibiotik

**Jawaban: D**

Sel B diaktivasi oleh antigen spesifik dan berfungsi mengenali antigen serta memproduksi antibiotik.

# LATIHAN SOAL 18

1. Pada pria terdapat alat-alat reproduksi sebagai berikut:

1. Vas deferens
2. Testis
3. Uretra
4. Epididimis
5. Penis

Jalannya sperma dari mulai dibentuk sampai dikeluarkan dari tubuh (ejakulasi) adalah ....

- |              |              |
|--------------|--------------|
| A. 1-2-3-4-5 | D. 2-4-1-3-5 |
| B. 1-4-2-3-5 | E. 4-2-1-3-5 |
| C. 2-1-4-3-5 |              |

2. LH dan FSH merupakan hormon pada reproduksi manusia yang berperan pada ....

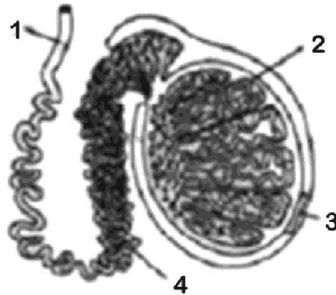
- A. gametogenesis
- B. pembentukan zigot
- C. kontraksi dinding uterus
- D. proses pembentukan endometrium
- E. gerakan sperma dalam saluran telur

3. FSH adalah hormon yang dihasilkan kelenjar hipofisis. Hormon ini berpengaruh pada sistem reproduksi, yaitu ....

- A. membantu proses pelepasan sel telur
- B. merangsang produksi hormon estrogen

- C. membantu peluruhan dinding uterus
- D. merangsang proses pertumbuhan sel telur
- E. mempengaruhi penebalan dinding uterus

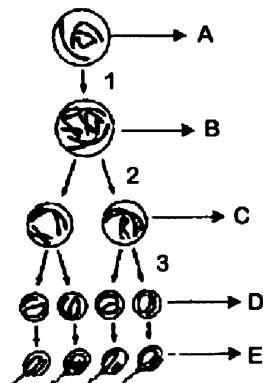
4. Perhatikan gambar alat reproduksi pria di bawah!



Sumber gambar: naskah soal UN SMA IPA Biologi tahun 2011

Tempat pembentukan sperma dan bagian diikat apabila mengikuti program vasektomi secara berurutan adalah nomor ....

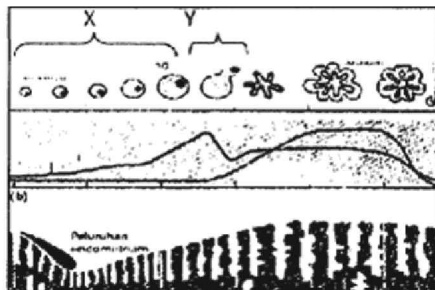
- A. 1 dan 2
  - B. 2 dan 1
  - C. 2 dan 4
  - D. 3 dan 4
  - E. 4 dan 1
5. Spermatogenesis dalam testis terjadi melalui pembelahan bertahap. Pada gambar berikut peristiwa meiosis II dan sel spermatosit sekunder adalah ....



A. 1 dan A  
B. 2 dan B  
C. 3 dan C  
D. 3 dan D  
E. 3 dan E

- ## SEBAB

9. Perhatikan proses mekanisme menstruasi berikut!



515



Hormon yang memacu proses pembentukan sel pada (X) dan hormon yang berperan pada peristiwa (Y), secara berturut-turut adalah ....

- |                     |                             |
|---------------------|-----------------------------|
| A. FSH dan LH       | D. FSH dan progesteron      |
| B. LH dan FSH       | E. progesteron dan estrogen |
| C. FSH dan estrogen |                             |

10. Pada manusia ovulasi terjadi setelah kopulasi.

**SEBAB**

Pada mamalia kopulasi merangsang terjadinya ovulasi.

11. Ovulasi yang berlangsung pada ovarium seorang wanita merupakan proses penting yang memungkinkan terjadinya fertilisasi.

**SEBAB**

Ovulasi memungkinkan tersedianya sejumlah besar sel telur yang rusak secara bersamaan untuk siap dibuahi.

12. Pada sistem reproduksi manusia, peristiwa berikut yang terjadi pada fase ovulasi adalah ....

- 1) kadar estrogen meningkat, produksi FSH dihambat
- 2) kadar estrogen meningkat, LH dihasilkan
- 3) folikel mengkerut berubah menjadi korpus luteum
- 4) endometrium menjadi tipis

13. Selama kehamilan, ovarium tidak akan membentuk folikel Graaf yang baru karena ....

- A. FSH mencegah pembentukan progesteron
- B. progesteron mencegah pembentukan FSH
- C. FSH mencegah pembentukan estrogen
- D. progesteron mencegah pembentukan estrogen
- E. estrogen mencegah pembentukan progesteron

14. Hormon yang dihasilkan oleh kelenjar pituitari dan berperan dalam siklus menstruasi pada wanita adalah ...
- A. FSH dan LH
  - B. ACTH dan LH
  - C. FSH dan ACTH
  - D. relaksin dan oksitosin
  - E. estrogen dan progesteron
15. Secara kimia atau hormonal ovulasi dapat dicegah dengan pemberian kombinasi estrogen dan progesteron dalam kadar yang tepat.

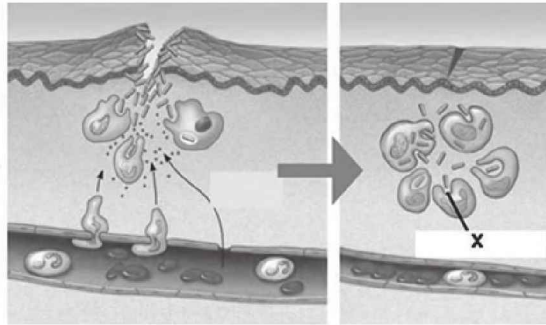
### **SEBAB**

Estrogen dan progesteron dapat menghambat produksi FSH dan LH oleh kelenjar hipofisis.

16. Persamaan antara spermatogenesis dan oogenesis adalah ....
- 1) banyaknya sel kelamin yang dihasilkan
  - 2) jumlah sel kelamin yang fungsional
  - 3) organ tempat terjadinya sel kelamin
  - 4) jumlah kromosom terdeduksi jadi setengah
17. Menyusui setelah melahirkan merupakan bentuk kontrasepsi alami. Hal tersebut terjadi karena ....
- A. hormon prolaktin merangsang kelenjar susu sehingga produksi ASI meningkat
  - B. hormon prolaktin menekan produksi FSH sehingga jumlah sel telur menurun
  - C. hormon prolaktin menekan produksi LH sehingga jumlah sperma menurun
  - D. hormon prolaktin menekan produksi estrogen sehingga siklus menstruasi terhambat
  - E. hormon prolaktin merangsang produksi progesteron sehingga terjadi oogenesis

18. Suatu oogonium akan menyelesaikan keseluruhan tahap pembelahan meiosis ketika ....
- A. mencapai masa pubertas
  - B. ovulasi
  - C. dipenetrasi oleh sperma
  - D. menstruasi
  - E. sebelum dilahirkan
19. Kelenjar endokrin yang juga berperan sebagai komponen penyusun sistem imun adalah ....
- A. tiroid
  - B. pankreas
  - C. adrenal
  - D. paratiroid
  - E. timus
20. Sistem pertahanan spesifik dan non spesifik berbeda dalam hal....
- 1) waktu dalam merespon infeksi
  - 2) terbentuknya memori imunitas
  - 3) melibatkan mekanisme pertahanan fisik
  - 4) melibatkan komponen seluler
21. Perhatikanlah berbagai komponen imun berikut!
- 1. sel T sitotoksik
  - 2. sel B plasma
  - 3. makrofag
  - 4. protein komplemen
- Komponen imun yang bersifat selular dan membunuh patogen ditunjukkan oleh nomor ....
- A. 1, 2, dan 3
  - B. 1, 3, dan 4
  - C. 2 dan 3
  - D. 1
  - E. 2 dan 4
22. Pencegahan masuknya kuman oleh lisozim di saliva merupakan pertahanan tubuh secara ....
- A. spesifik
  - B. fagositosis
  - C. nonspesifik
  - D. humoral
  - E. seluler

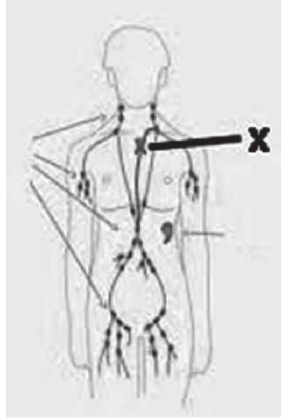
23. Sel limfosit yang menghancurkan patogen dengan menyekresikan antibodi adalah ....
- A. sel NK  
B. sel T helper  
C. sel B memori  
D. sel mast  
E. sel B plasma
24. Zat berikut ini diberikan untuk memperoleh kekebalan pasif alami, yaitu ....
- A. vaksin  
B. imunisasi  
C. kolostrum  
D. antikoagulan  
E. serum
25. Perhatikanlah gambar berikut ini!



Sumbergambar: <http://bio1152.nicerweb.com>

- Peristiwa yang terjadi pada gambar di atas adalah ....
- A. respon imun non spesifik berupa fagositosis dan inflamasi  
B. respon imun non spesifik berupa fagositosis saja  
C. respon imun spesifik humoral  
D. respon imun spesifik seluler  
E. respon imun innate berupa pertahanan mekanis

26. Perhatikan gambar berikut ini!



Sumber gambar:

[http://missinglink.ucsf.edu/lm/immunology\\_module/prologuefireworksimages/obj2slice\\_r1\\_c2.gif](http://missinglink.ucsf.edu/lm/immunology_module/prologuefireworksimages/obj2slice_r1_c2.gif)

Pernyataan yang benar berkaitan dengan gambar di atas adalah ....

- A. terjadi respon imun non spesifik seluler, yaitu sel B plasma menyekresikan antibodi
  - B. respon imun spesifik humoral dengan sel-sel B killer melepaskan antibodi yang menghancurkan antigen
  - C. adanya antigen mengaktivasi sel-sel B plasma untuk memproduksi antibodi
  - D. respon imun spesifik seluler dengan sel-sel T pembunuh yang menghancurkan antigen
  - E. respon imun innate di mana leukosit menghasil limfosit B yang memproduksi antibodi
27. Limfosit B berbeda dari limfosit T karena ....
- A. limfosit B dihasilkan di sumsum tulang belakang dan matang di timus
  - B. limfosit B membantu limfosit T dalam mengenali antigen
  - C. limfosit B dapat menyerang sel yang terinfeksi patogen
  - D. limfosit B termasuk jenis leukosit bergranula
  - E. limfosit B menghasilkan imunoglobulin

28. Penyakit AIDS merupakan penyakit yang menyerang sistem kekebalan tubuh dan disebabkan oleh infeksi human immunodeficiency virus (HIV). Bagaimana HIV dapat menekan imunitas tubuh?
- A. menyerang antibodi
  - B. menyerang limfosit
  - C. menyerang eritrosit
  - D. menyerang trombosit
  - E. menyerang protein darah
29. Metode yang paling tepat dalam mengobati orang yang tergigit ular berbisa adalah....
- A. pemberian vaksin
  - B. pemberian obat
  - C. pemberian serum antibisa
  - D. transfusi sel darah putih
  - E. transfusi sel darah merah
30. Kekebalan tubuh pasif dapat diperoleh dengan cara ....
- 1) pemberian vaksin
  - 2) pemberian serum
  - 3) pemberian ASI
  - 4) pemberian toksin





# PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN

# 19

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan proses yang berkesinambungan. Pertumbuhan adalah proses penambahan ukuran yang meliputi panjang, lebar, tinggi, volume, massa, dan jumlah. Selain itu, pertumbuhan juga bersifat kuantitatif (dapat dihitung) dan irreversible (tidak dapat kembali lagi). Sedangkan perkembangan adalah proses menuju tercapainya kedewasaan ke tingkat yang lebih kompleks, bersifat kualitatif (tidak dapat dihitung) dan reversible.

## A. TAHAPAN PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN PADA TUMBUHAN

Pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan merupakan hasil aktivitas jaringan meristem, yaitu suatu jaringan yang aktif membelah. Tahap pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan dapat dibedakan menjadi tahap perkecambahan dan pertumbuhan.

### a. Perkecambahan

Aktivitas promeristem menyebabkan terjadinya pertumbuhan embrio dan perkecambahan pada biji. Struktur embrio terdiri atas tunas embrionik yang akan membentuk calon batang dan daun (plumula), akar embrionik yang akan tumbuh menjadi akar (radikula), serta kotiledon yang berperan sebagai penyedia makanan selama daun belum tumbuh. Perkecambahan terjadi karena pertumbuhan plumula dan radikula.



Faktor-faktor yang memengaruhi perkecambahan, antara lain air, kelembaban, oksigen, dan suhu.

Perkecambahan diawali dengan peristiwa imbibisi, yaitu masuknya air ke dalam biji. Masuknya air akan memacu embrio untuk menghasilkan hormon giberelin. Hormon giberelin berfungsi untuk merangsang aleuron (selaput biji) untuk menghasilkan enzim amilase. Amilase akan menghidrolisis cadangan makanan dalam endosperm dan kotiledon, yaitu berupa amilum menjadi zat gula. Dengan adanya zat gula ini, biji mendapatkan sumber energi, sehingga dapat berkecambah.

Berdasarkan letak kotiledon ketika berkecambah, perkecambahan dapat dibedakan menjadi perkecambahan hipogeal dan epigeal.

#### 1. Perkecambahan hipogeal

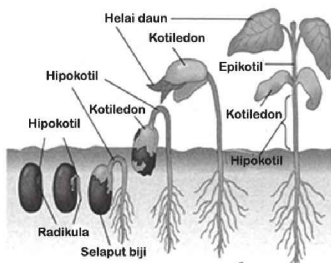
Terjadi pembentangan ruas batang teratas (epikotil), sehingga daun lembaga tertarik keatas tanah tetapi kotiledon tetap di dalam tanah. Contohnya, perkecambahan pada biji jagung dan kacang kapri.

#### 2. Perkecambahan epigeal

Terjadi apabila terjadi pembentangan ruas batang di bawah daun lembaga atau hipokotil, sehingga daun lembaga dan kotiledon terangkat ke atas tanah. Contohnya, perkecambahan pada biji buncis dan biji jarak.

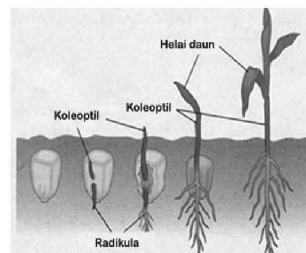
#### Epigeal

- Kotiledon terangkat keatas



#### Hipogeal

- Kotiledon tetap berada di tanah



Gambar 19.1 Tipe Perkecambahan  
Sumber gambar: Campbell, 2004

## **b. Pertumbuhan**

Pertumbuhan terutama disebabkan oleh aktivitas jaringan meristem. Jaringan meristem adalah jaringan yang aktif membelah. Berdasarkan aktivitas meristemnya, pertumbuhan dapat dibedakan menjadi pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder.

### *1. Pertumbuhan primer*

Aktivitas meristem primer menyebabkan pertumbuhan primer pada ujung batang dan ujung akar. Ujung batang dan ujung akar tempat terjadinya pertumbuhan merupakan daerah meristem apikal. Pertumbuhan primer menyebabkan batang dan akar bertambah panjang.

### *2. Pertumbuhan sekunder*

Pertumbuhan sekunder disebabkan oleh aktivitas meristem sekunder. Contohnya, meristem lateral seperti kambium. Pertumbuhan sekunder menyebabkan diameter batang menjadi bertambah besar. Pertumbuhan ini hanya terjadi pada tumbuhan berkambium, yaitu tumbuhan berbiji terbuka (*Gymnospermae*) dan tumbuhan dikotil.

## **B. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TUMBUHAN**

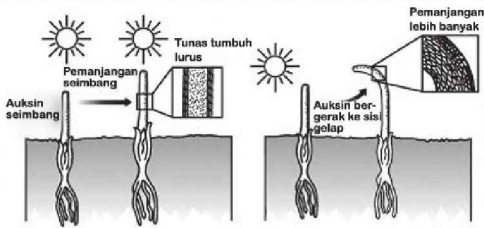
Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dapat dikategorikan ke dalam faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal mencakup gen dan hormon sedangkan faktor eksternal mencakup nutrisi/unsur hara dan faktor lingkungan, seperti air, suhu, cahaya, dan kelembaban.

### **a. Gen**

Gen adalah faktor pembawa sifat menurun yang terdapat dalam sel makhluk hidup. Gen bekerja untuk mengkodekan aktivitas dan sifat yang khusus dalam pertumbuhan dan perkembangan. Tumbuhan yang mengandung gen yang baik dan didukung lingkungan yang sesuai akan memperlihatkan pertumbuhan yang baik pula.

## b. Hormon

Hormon pada tumbuhan (fitohormon) merupakan senyawa organik yang dalam jumlah sedikit dapat membantu pertumbuhan atau proses-proses fisiologi lainnya. Macam-macam hormon pada tumbuhan dan pengaruhnya, antara lain:

No.	Hormon	Fungsi
1.	Auksin	✓ Memacu pemanjangan sel
		✓ Memacu pembengkokan batang
		
		✓ Memacu dominansi apikal
		✓ Memacu pembungaan dan pembuahan
		✓ Memacu partenokarpi → pembentukan buah tanpa fertilisasi sehingga tanpa biji
		✓ Merangsang kambium membentuk xilem dan floem
2.	Giberelin	✓ Memacu pemanjangan batang
		✓ Memacu perkecambahan
		✓ Memacu pembesaran buah
		✓ Mengakhiri dormansi pada biji
3.	Sitokinin	✓ Memacu pembelahan sel (sitokinesis)
		✓ Merangsang pembentukan akar dan batang
		✓ Menghambat proses penuaan
4.	Gas Etilen	✓ Memacu pematangan buah

5.	Asam Absisat	✓ Memacu pengguguran daun
		✓ Memacu dormansi → istirahatnya biji
		✓ Memacu menutupnya stomata
6.	Asam Traumalin	✓ Menyembuhkan luka → restitusi
7.	Kalin	memacu pertumbuhan organ
	• Filokalin	✓ Memacu pertumbuhan daun
	• Kaulokalin	✓ Memacu pertumbuhan batang
	• Rhizokalin	✓ Memacu pertumbuhan akar
	• Antokalin	✓ Memacu pertumbuhan bunga

### c. Nutrisi

Nutrisi tumbuhan terdiri atas unsur-unsur hara yang berperan dalam sintesis sel yang diperlukan selama proses pertumbuhan. Unsur hara umumnya diambil dari dalam tanah dalam bentuk ion dan kation sedangkan sebagian lagi diambil dari udara. Unsur-unsur yang dibutuhkan dalam jumlah banyak disebut unsur makro, meliputi unsur C, H, O, N, P, K, S, Ca, Fe, dan Mg. Unsur-unsur yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit disebut unsure mikro, meliputi unsur B, Mn, Mo, Zn, Cu, dan Cl. Jika salah satu kebutuhan unsur-unsur tersebut tidak terpenuhi, maka akan mengakibatkan kekurangan unsur yang disebut defisiensi. Keadaan tumbuhan yang mengalami defisiensi mengakibatkan pertumbuhan tumbuhan menjadi terhambat.

### d. Air

Air merupakan senyawa yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Air berfungsi sebagai pelarut unsur hara dalam tanah dan memelihara temperatur tanah yang berperan dalam proses pertumbuhan. Kekurangan air pada tanah menyebabkan terhambatnya proses osmosis. Proses osmosis akan terhenti atau berbalik arah yang berakibat keluarnya materi-materi dari protoplasma sel-sel tumbuhan sehingga tanaman kering dan mati.

### **e. Cahaya**

Cahaya secara langsung berpengaruh terhadap pertumbuhan setiap tanaman. Pengaruh cahaya secara langsung dapat diamati dengan membandingkan tanaman yang tumbuh dalam keadaan gelap dan terang. Saat keadaan gelap, pertumbuhan tanaman mengalami etiolasi yang ditandai dengan pertumbuhan yang abnormal (lebih panjang), pucat, daun tidak berkembang, dan batang tidak kukuh. Sebaliknya, dalam keadaan terang tumbuhan lebih pendek, batang kukuh, daun berkembang sempurna dan berwarna hijau.

### **f. Suhu**

Suhu atau temperatur berkaitan dengan aktivitas enzim dan kandungan air dalam tubuh tumbuhan. Semakin tinggi suhu, semakin besar pula laju transpirasi. Akan tetapi, kandungan air dalam tubuh tumbuhan akan semakin rendah sehingga proses pertumbuhan akan semakin lambat. Suhu yang rendah dapat memecahkan masa dormansi pucuk atau biji.

Perlakuan suhu yang rendah akan memacu pembentukan ruas yang lebih panjang daripada ruas dari tumbuhan yang tumbuh di daerah bersuhu tinggi. Perlakuan dengan suhu juga dapat merangsang perkecambahan biji. Peristiwa ini dinamakan vernalisasi.

### **g. Kelembaban**

Kelembaban berkaitan dengan laju transpirasi melalui daun dan berperan dalam pengangkutan air serta unsur hara terlarut. Bila kondisi lembap dapat dipertahankan, maka akan banyak air yang diserap tumbuhan dan lebih sedikit yang diuapkan. Kondisi ini mendukung aktivitas pemanjangan sel sehingga sel-sel lebih cepat mencapai ukuran maksimum dan tumbuh bertambah besar. Pada kondisi ini, faktor kehilangan air sangat kecil karena transpirasi yang sedikit. Adapun untuk mengatasi kelebihan air, tumbuhan beradaptasi dengan memiliki permukaan helaian daun yang lebar seperti pada tanaman teratai.

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Pernyataan berikut ini yang bukan merupakan ciri-ciri pertumbuhan adalah ....
  - A. pertumbuhan dapat diukur
  - B. pertumbuhan menyebabkan penambahan
  - C. pertumbuhan bersifat *irreversible*
  - D. pertumbuhan ditandai dengan kematangan organ reproduksi
  - E. pertumbuhan bersifat kuantitatif

**Jawaban: D**

Pertumbuhan adalah proses pertambahan ukuran yang meliputi panjang, lebar, tinggi, volume, massa, dan jumlah. Selain itu pertumbuhan juga bersifat kuantitatif (dapat dihitung) dan irreversible (tidak dapat kembali lagi).

2. Kelompok tumbuhan yang mengalami pertumbuhan sekunder, antara lain ....
  - 1) Angiospermae
  - 2) Gymnospermae
  - 3) Monokotil
  - 4) Dikotil

**Jawaban: B**

Pertumbuhan sekunder hanya terjadi pada tumbuhan berkambium, yaitu tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae) dan tumbuhan dikotil. Pertumbuhan tersebut berlangsung karena adanya aktivitas meristem sekunder di kambium. Tumbuhan monokotil tidak berkambium sehingga tidak mengalami pertumbuhan sekunder.

3. Perkecambahan dengan kotiledon tetap di dalam tanah disebut ....
  - A. hipokotil
  - B. epikotil
  - C. koleoptil
  - D. epigeal
  - E. hipogeal

**Jawaban: E**

Terdapat dua jenis perkecambahan pada biji, yaitu perkecambahan epigeal dan perkecambahan hypogeal. Pada perkecambahan epigeal, terjadi apabila terjadi pembentangan ruas batang di bawah daun lembaga atau hipokotil sehingga daun lembaga dan kotiledon terangkat ke atas tanah. Sedangkan pada perkecambahan hypogeal, terjadi pembentangan ruas batang teratas (epikotil) sehingga daun lembaga tertarik keatas tanah tetapi kotiledon tetap di dalam tanah.

4. Biji kacang hijau direndam dalam air selama 2 jam, lalu dipindahkan kedalam wadah tertutup. Beberapa hari kemudian, biji mengalami perkecambahan. Peran air pada perkecambahan biji tersebut adalah ....
- merangsang kerja auksin
  - menyerap zat makanan dalam biji
  - merangsang metabolisme embrio dalam biji untuk tumbuh
  - mengandung zat makanan untuk pertumbuhan embrio
  - menguraikan zat amilum dalam biji

**Jawaban: C**

Pada proses perkecambahan, air berfungsi mengaktifkan embrio, embrio melepaskan giberelin, aleuron mensintesis dan mengeluarkan enzim, metabolisme aktif, berkecambah.

5. Perhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan berikut ini!

- |               |               |
|---------------|---------------|
| 1. Unsur hara | 4. Suhu       |
| 2. Gen        | 5. Kelembaban |
| 3. Hormon     | 6. Cahaya     |

Faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan adalah nomor ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 3 | D. 2 dan 5 |
| B. 1 dan 4 | E. 4 dan 6 |
| C. 2 dan 3 |            |

**Jawaban: C**

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dapat dikategorikan ke dalam faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal mencakup gen dan hormon sedangkan faktor eksternal

mencakup nutrisi/unsur hara dan faktor lingkungan seperti air, suhu, cahaya, dan kelembaban.

6. Auksin yang dibentuk pada ujung kecambah akan dipengaruhi oleh cahaya. Apabila disinari oleh satu sisi saja, kecambah tersebut akan
- A. tidak tumbuh
  - B. tumbuh terus
  - C. tumbuh membengkok
  - D. tumbuh ke arah datangnya cahaya
  - E. tumbuh menjauhi datangnya cahaya

**Jawaban: D**

Hormon auksin merupakan hormon yang memacu pertumbuhan. Produksinya dipengaruhi oleh cahaya. Makin banyak cahaya, hormon berubah menjadi senyawa yang menghambat pertumbuhan. Maka, sisi yang terkena cahaya, akan membelok ke arah datangnya cahaya karena pertumbuhan bagian tersebut tidak terkena cahaya sehingga lebih cepat tumbuh daripada bagian batang yang terkena cahaya.

7. Hormon yang mempengaruhi pertumbuhan batang adalah ....
- A. Kaulokalin
  - B. Rhizokalin
  - C. Filokalin
  - D. Antokalin
  - E. Asam Traumalin

**Jawaban: E**

Pada tumbuhan, hormon yang mempengaruhi pembentukan organ disebut kalin. Berdasarkan organ yang dipengaruhi, kalin dibedakan atas:

Rhizokalin → mempengaruhi pembentukan akar

Kaulokalin → mempengaruhi pembentukan batang

Filokalin → mempengaruhi pembentukan daun

Antokalin → mempengaruhi pembentukan bunga

8. Pada kondisi lingkungan yang tidak mendukung, daun tumbuhan dapat menjadi layu. Akibatnya, tumbuhan menjalankan mekanisme penutupan stomata karena aktivitas ....



- A. Auksin
- B. Giberelin
- C. Sitokinin
- D. Asam absisat
- E. Gas etilen

**Jawaban: D**

Asam absisat merupakan senyawa inhibitor (penghambat) yang bekerja antagonis (berlawanan) dengan auksin dan giberelin. Hormon ini berfungsi untuk mempertahankan tumbuhan dari tekanan lingkungan yang buruk, misalnya kekurangan air dengan cara dormansi. Kekurangan air akan menyebabkan peningkatan kadar hormon asam absisat di sel penutup stomata. Akibatnya, stomata akan tertutup.

9. Pada daun tumbuhan akan terlihat gejala klorosis jika kekurangan unsur ....
- A. Ca
  - B. Cu
  - C. K
  - D. Mg
  - E. P

**Jawaban: D**

Klorosis merupakan defisiensi pada tumbuhan yang diakibatkan oleh kurangnya pembentukan klorofil, sehingga tanaman menjadi bulai. Mg merupakan salah satu bahan pembentukan klorofil, atau dapat dikatakan sebagai anti klorofil.

10. Air dan mineral dari tanah masuk ke dalam sel akar dengan transport aktif.

### **SEBAB**

Larutan air tanah hipotonis terdapat sel akar.

**Jawaban: D**

Air masuk dari tanah ke dalam sel akar dengan cara osmosis/difusi secara transport pasif. Mineral masuk ke dalam sel akar dengan cara transport aktif. Larutan air tanah hipotonis terhadap sel akar.

# LATIHAN SOAL 19

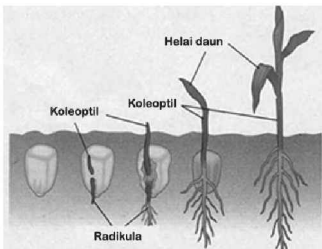
1. Sifat-sifat pertumbuhan pada tumbuhan sebagai berikut, *kecuali* ....
  - A. dapat diukur
  - B. tidak dapat kembali
  - C. irreversibel
  - D. kuantitatif
  - E. terbentuk bunga
2. Pertumbuhan primer terjadi pada bagian ....
  - 1) Ujung akar
  - 2) Ujung daun
  - 3) Ujung batang
  - 4) Meristem apikal
3. Pernyataan berikut ini yang tepat berkaitan dengan pertumbuhan sekunder pada tumbuhan adalah ....
  - A. terjadi pada semua tumbuhan berbiji
  - B. pertumbuhan memanjang pada batang dan akar
  - C. terjadi karena aktivitas kambium
  - D. menyebabkan ruas batang bertambah panjang
  - E. terjadi setelah tumbuhan berbunga
4. Rambut akar dibentuk oleh sel-sel epidermis permukaan di bagian ....
  - A. daerah pembelahan
  - B. daerah pemanjangan
  - C. daerah diferensiasi
  - D. tudung akar
  - E. meristem apikal
5. Pada pertumbuhan sekunder, terjadi hal-hal berikut, *kecuali* ....
  - A. penambahan diameter batang
  - B. penambahan jumlah xylem dan floem

- C. terbentuk lingkaran tahun
  - D. sel-sel kambium membelah secara mitosis
  - E. perubahan kambium menjadi xylem dan floem
6. Perkecambahan pada tumbuhan dimulai dari proses masuknya air ke dalam biji secara osmosis.

### SEBAB

Air merupakan faktor penting dalam pertumbuhan kecambah.

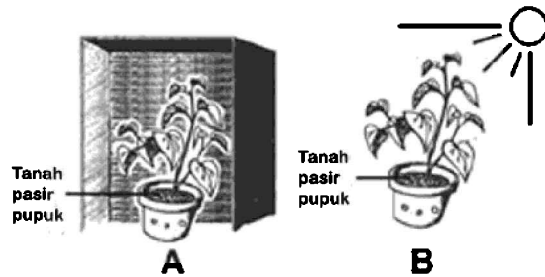
7. Pernyataan berikut yang bukan merupakan tahapan dalam proses perkecambahan adalah ....
- A. penyerapan air secara osmosis-difusi
  - B. mengaktifkan enzim amilase dan protease
  - C. meningkatnya metabolisme ATP
  - D. pecahnya kulit biji akibat pembelahan sel embrional
  - E. melunaknya biji akibat proses penyerapan air
8. Gambar di samping menunjukkan tipe perkecambahan ....



- A. epigeal
  - B. hipogeal
  - C. perigeal
  - D. normal
  - E. abnormal
9. Hormon yang dibutuhkan pada perkecambahan adalah ....
- A. auksin, sitokinin, kalin
  - B. sitokinin, giberelin, gas etilen
  - C. auksin, giberelin, sitokinin
  - D. asam absisat, asam traumalin, giberelin
  - E. auksin, kalin, giberelin

10. Pada proses perkecambahan, oksigen diperlukan untuk ....
- A. aktivasi enzim
  - B. merangsang pembelahan sel
  - C. mempercepat proses diferensiasi sel
  - D. oksidasi sel untuk menghasilkan energi
  - E. membuat makanan yang diperlukan untuk perkecambahan
11. Proses yang terjadi pada proses perkecambahan adalah ....
- 1) tahapan awal adalah imbibisi air
  - 2) embrio membebaskan hormon yang disebut giberelin sebagai sinyal terhadap aleuron
  - 3) aleuron mensintesis dan mensekresikan enzim pencernaan  $\alpha$ -amilase
  - 4) amilase akan memacu pembentukan hormon auksin
12. Endosperm merupakan hasil dari pembuahan ....
- A. inti generatif I dengan ovum
  - B. inti generatif II dengan ovum
  - C. inti vegetatif dengan ovum
  - D. inti generatif II dengan inti kandung lembaga primer
  - E. inti generatif II dengan inti kandung lembaga sekunder
13. Setelah dilakukan pemangkasan pucuk-pucuk ternyata tanaman pak Sohib menjadi rimbun karena muncul cabang-cabang batang. Hal ini disebabkan ....
- A. makanan untuk pertumbuhan ujung batang dialihkan untuk membentuk bunga
  - B. asam absisat yang dihasilkan oleh ujung batang menghambat timbulnya kuncup bunga
  - C. ujung batang menghasilkan hormon yang menghambat perkembangan tanaman
  - D. tidak adanya dominansi apikal
  - E. adanya dominansi lateral

14. Manakah pernyataan yang benar tentang bagan di bawah ini?



- Cahaya mempercepat produksi auksin pada tanaman B, sedangkan cahaya menghambat produksi auksin di tanaman A sehingga tumbuh lurus.
- Tanaman A dan B berbeda arah pertumbuhan karena intensitas cahaya yang diterima tidak sama.
- Tanaman A mendapat cahaya dari atas sehingga auksin menuju ke bawah, sedangkan tanaman B mendapat cahaya dari samping sehingga auksin ke arah samping.
- Tanaman A tumbuh lambat, sedangkan tanaman B tumbuh cepat sehingga tanaman B membelok ke arah cahaya.
- Tanaman A tetap tumbuh lurus karena sebaran auksin merata, sedangkan tanaman B tumbuh ke arah cahaya karena auksin terurai jika terkena cahaya.

15. Perhatikan hasil pengamatan tinggi kecambah berikut!

Perlakuan	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
1. Terang	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
2. Gelap	1 cm	3 cm	5 cm	8 cm	10 cm
3. Terang + tanah	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
4. Gelap + tanah	1 cm	3 cm	5 cm	8 cm	10 cm

Berdasarkan data percobaan, dapat disimpulkan ....

- cahaya tidak mempengaruhi proses pertumbuhan
- cahaya menghambat pertumbuhan kecambah
- tanah sangat dibutuhkan untuk proses perkecambahan

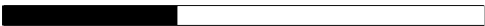




- D. cahaya merusak auksin sehingga menghambat pertumbuhan
  - E. cahaya tidak dibutuhkan pada proses fotosintesis
16. Hormon giberelin mengaktifkan enzim amilase untuk ....
- A. membentuk karbohidrat
  - B. menghidrolisis amilum
  - C. menghasilkan energi
  - D. menyimpan cadangan makanan
  - E. mencerna cadangan makanan
17. Pada musim kemarau, tumbuhan sering menggugurkan daunnya untuk menghindari kekurangan air akibat transpirasi. Hormon yang mempengaruhi peluruhan daun adalah ....
- A. auksin
  - B. sitokinin
  - C. giberelin
  - D. asam absisat
  - E. asam traumalin
18. Dalam pembuatan bonsai, sering dilakukan pemotongan akar yang menyebabkan terhambatnya produksi hormon ....
- A. auksin
  - B. sitokinin
  - C. giberelin
  - D. asam traumalin
  - E. kalin
19. Seorang pedagang buah memasukkan mangga yang masih muda ke dalam keranjang yang ditutup dengan kertas. Ternyata, mangga tersebut menjadi lebih cepat matang. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh zat ....
- A. gas etilen
  - B. asam absisat
  - C. asam traumalin
  - D. asam indol-asetat
  - E. gas hidrogen
20. Terbentuknya buah sebelum penyerbukan dan buah tanpa biji dapat diusahakan dengan penambahan ....
- A. asam indol asetat
  - B. asam absisat
  - C. gas etilen
  - D. giberelin
  - E. sitokinin

21. Asam Traumalin merupakan hormon yang berfungsi untuk ....
- A. menumbuhkan bunga
  - B. mempercepat pembuahan
  - C. mempercepat pertumbuhan akar
  - D. menyembuhkan luka
  - E. mempercepat tumbuh
22. Tumbuhan akan berbunga lebih cepat apabila ditambahkan hormon sitokinin.

### **SEBAB**

Hormon sitokinin membuat tanaman berbunga sebelum waktunya.

23. Magnesium dan besi berperan dalam ....
- A. pembentukan klorofil
  - B. transfer elektron dalam kloroplas
  - C. aktivator fotosintesis
  - D. penyusun asam nukleat
  - E. kofaktor sintesis protein
24. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pertumbuhan pada tanaman, yaitu ....
- A. oksigen, air, suhu
  - B. air, suhu, nutrisi
  - C. kelembaban, air, oksigen
  - D. cahaya, suhu, karbondioksida
  - E. nitrogen, suhu, cahaya
25. Pernyataan yang tidak benar mengenai cahaya adalah ....
- A. cahaya mempercepat pertumbuhan tumbuh-tumbuhan
  - B. cahaya diperlukan pada proses fotosintesis
  - C. tanpa cahaya terjadi peristiwa etiolasi
  - D. fotolisis memerlukan cahaya
  - E. fotosintesis memerlukan cahaya matahari terutama sinar merah dan sinar ungu

26. Tumbuhan yang berbunga pada musim semi adalah ....
- tumbuhan hari pendek
  - tumbuhan hari panjang
  - tumbuhan hari sedang
  - tumbuhan hari netral
  - tumbuhan herba
27. Tumbuhan hari pendek berbunga jika matahari bersinar ....
- < 14 jam sehari
  - > 12 jam sehari
  - 12 jam sehari
  - < 12 jam sehari
  - > 14 jam sehari
28. Tumbuhan yang pembungaannya tidak dipengaruhi oleh lamanya penyinaran disebut ....
- Long day plant*
  - Short day plant*
  - Day-neutral plant*
  - fotoperiodisme
  - fitokrom
29. Di bawah ini adalah sebuah grafik batang yang menggambarkan pemaparan periode gelap dan terang. Bagian yang berwarna hitam menunjukkan periode gelap dan bagian yang tidak berwarna (putih) menunjukkan periode terang. Berdasarkan grafik di bawah ini, tanaman yang tergolong *short-day plant* (tanaman hari pendek) akan berbunga jika ....
- 
  - 
  - 
  - 
  - 
30. Biji kacang hijau direndam dalam air selama dua jam lalu dipindahkan ke dalam wadah tertutup. Setelah beberapa hari, biji tersebut mengalami perkecambahan. Peranan air dalam hal ini sebagai ....



- A. merangsang kerja auksin
- B. menyerap zat makanan dalam biji
- C. merangsang metabolisme embrio dalam biji
- D. mengandung zat makanan untuk pertumbuhan
- E. menguraikan zat amilum dalam biji



# METABOLISME

# 20

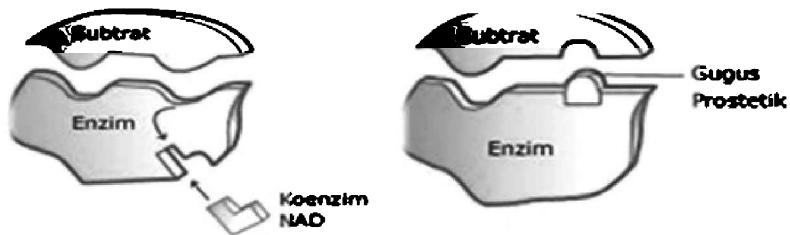
Metabolisme adalah semua reaksi dalam tubuh baik dalam membuat energi atau menggunakan energi. Metabolisme meliputi proses sintesis (anabolisme) dan penguraian (katabolisme). Semua reaksi kimia yang terjadi dalam metabolisme memerlukan enzim untuk mempercepat laju reaksi.

## A. ENZIM

Enzim berfungsi sebagai biokatalisator yaitu zat yang dapat mempercepat suatu reaksi kimia. Komponen enzim berupa protein dan non protein. Enzim dengan komponen protein dan non protein disebut holoenzim. Komponen berupa protein disebut dengan apoenzim yang bersifat termolabil (tidak tahan panas), sedangkan komponen non protein disebut dengan kofaktor. Kofaktor dapat berupa koenzim, gugus prostetik atau ion anorganik. Koenzim adalah zat berupa molekul organik non protein kompleks seperti NAD, ATP, vitamin. Gugus prostetik berupa molekul organik yang terikat kuat pada enzim seperti heme. Sedangkan ion – ion anorganik terikat lemah pada enzim dan dapat membuat fungsi enzim lebih efektif, seperti  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{Ca}^{+}$ .

Enzim memiliki struktur berupa sisi aktif dan sisi alosterik. Sisi aktif adalah sisi dimana dapat ditempel oleh substrat, agar substrat dapat direaksikan oleh enzim membentuk produk. Sisi aktif bersifat spesifik,

artinya hanya dapat ditemplei oleh substrat yang sesuai. Sedangkan sisi alosterik adalah sisi selain sisi aktif, tidak dapat ditemplei oleh substrat tetapi dapat ditemplei oleh inhibitor (penghambat).



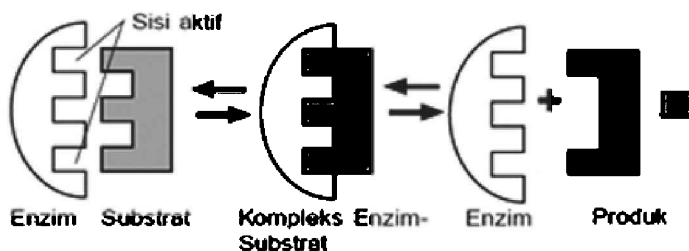
Gambar 20.1 struktur enzim  
Sumber gambar : Pustekkom Depdiknas, 2008

## a. Cara Kerja Enzim

Kerja enzim dapat dijelaskan dengan dua teori, yaitu teori gembok kunci dan teori kecocokan yang terinduksi.

### 1. Teori kunci gembok (Lock and Key)

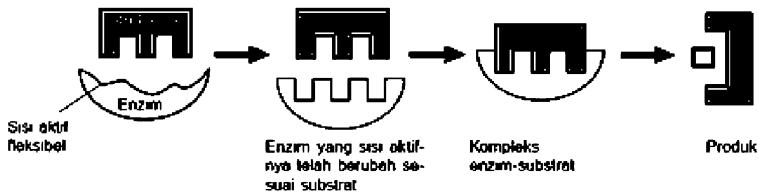
Enzim dimisalkan sebagai gembok yang memiliki bagian kecil yang berperan sebagai sisi aktif. Substrat dimisalkan sebagai kunci karena dapat berikatan secara pas dengan sisi aktif enzim.



Gambar 20.2 Cara kerja enzim teori Lock and Key  
Sumber gambar : <http://biopend02.blogspot.com>

## 2. *Teori induksi pas (Induced Fit)*

Ketika substrat terikat pada enzim, sisi aktif enzim mengalami beberapa perubahan sehingga ikatan yang terbentuk antara enzim dan substrat menjadi menjadi lebih kuat.



Gambar 20.3 Cara kerja enzim teori Induced Fit  
Sumber gambar : <http://biopend02.blogspot.com>

## b. Sifat-sifat Enzim

### 1. *Enzim adalah protein*

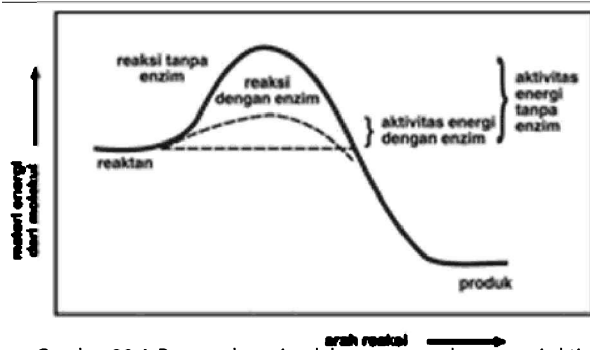
Apoenzim merupakan komponen enzim yang berupa protein sehingga enzim memiliki sifat yang sama dengan protein. Karena enzim merupakan protein, maka kerja enzim dipengaruhi oleh suhu dan pH.

### 2. *Merupakan biokatalisator*

Enzim merupakan biokatalisator karena enzim berupa senyawa organik (protein) yang berfungsi sebagai katalisator suatu reaksi kimia. Sebagai biokatalisator, enzim dapat mempercepat reaksi kimia tertentu namun tanpa ikut bereaksi.

### 3. *Mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi*

Enzim mempercepat suatu reaksi kimia dengan cara menurunkan energi aktivasi. Energi aktivasi merupakan energi yang diperlukan untuk memulai suatu reaksi kimia.



Gambar 20.4 Pengaruh enzim dalam menurunkan energi aktivasi  
Sumber gambar : [www.pratamafistum.blogspot.com](http://www.pratamafistum.blogspot.com)

#### 4. Enzim bekerja secara spesifik

Enzim bekerja spesifik pada substrat, suhu, dan pH tertentu. Suatu enzim bekerja pada substrat yang spesifik karena enzim memiliki sisi aktif yang spesifik terhadap enzim tertentu. Misalnya lipase yang berfungsi untuk mengubah substrat yang berupa lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Enzim juga memerlukan suhu dan pH yang spesifik untuk dapat bekerja secara optimum. Misalnya, ptialin bekerja pada pH netral, pepsin pada pH asam, dan tripsin pada pH basa.

#### 5. Bekerja secara reversible (bolak-balik)

Enzim tidak memengaruhi arah reaksi, sehingga dapat bekerja bolak-balik. Enzim dapat menguraikan suatu senyawa menjadi senyawa-senyawa lain dan dapat menyusun senyawa-senyawa menjadi senyawa tertentu.

### c. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim

Enzim dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Faktor-faktor tersebut adalah suhu, pH, aktivator dan inhibitor, serta konsentrasi substrat.

#### 1. Suhu

Pada suhu yang rendah, enzim tidak rusak tetapi tidak aktif. Kerja enzim sangat dipengaruhi oleh suhu. Enzim dapat bekerja pada suhu 30-40°C. Pada suhu rendah, kerja enzim lemah

sehingga reaksi kimia akan berlangsung lambat. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi, kerja enzim meningkat dan reaksi akan berlangsung lebih cepat. Namun, pada suhu diatas 40°C enzim akan mengalami denaturasi atau penggumpalan. Komponen apoenzim yang bersifat termolabil menyebabkan denaturasi yaitu rusaknya struktur enzim, sehingga enzim tidak dapat bekerja. Denaturasi enzim bersifat ireversibel. Enzim memerlukan suhu yang paling tepat untuk berlangsungnya reaksi kimia. Suhu yang paling tepat bagi enzim disebut suhu optimum. Suhu optimum enzim adalah 36°C.

## 2. *pH*

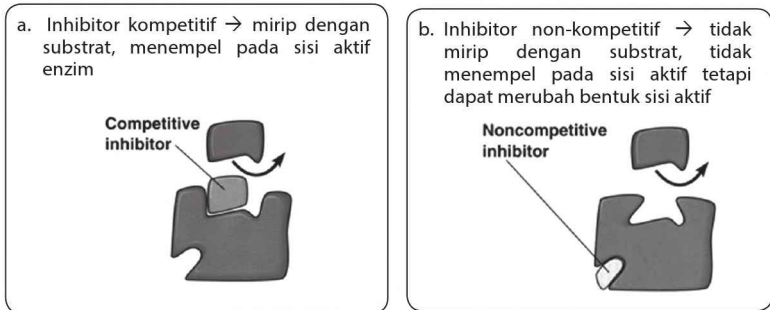
Suatu enzim bekerja pada pH optimum yang spesifik. Perubahan pH berpengaruh terhadap efektivitas sisi aktif enzim dalam membentuk kompleks enzim substrat. Tidak sesuainya pH lingkungan juga dapat menyebabkan denaturasi enzim. Denaturasi enzim menyebabkan menurunnya kerja enzim atau merusak kerja enzim. Ptialin di rongga mulut dapat bekerja optimum pada pH netral, pepsin di lambung bekerja pada pH asam, dan tripsin di duodenum bekerja optimum pada pH basa.

## 3. *Konsentrasi enzim dan substrat*

Penambahan konsentrasi substrat akan meningkatkan kecepatan reaksi kimiawi, namun pada titik tertentu tertentu kecepatan reaksi akan konstan. Hal ini dikarenakan semua sisi aktif enzim sudah dipenuhi oleh substrat atau telah jenuh dengan substrat. Sedangkan konsentrasi enzim yang diperbanyak akan menyebabkan peningkatan kecepatan reaksi kimia secara terus-menerus sesuai dengan penambahan konsentrasi enzim. Dengan kata lain, penambahan konsentrasi substrat berbanding lurus dengan kecepatan reaksi.

#### 4. *Inhibitor dan aktivator*

- Inhibitor adalah penghambat kerja enzim.



Gambar 20.5 Pengaruh enzim dalam menurunkan energi aktivasi

Sumber gambar : iws.collin.edu

- Aktivator dapat mempermudah ikatan antara enzim dengan substratnya.

## B. METABOLISME

Reaksi metabolisme meliputi reaksi katabolisme dan anabolisme. Reaksi katabolisme adalah reaksi perombakan sedangkan anabolisme adalah reaksi penyusunan.

### a. Katabolisme Karbohidrat

Katabolisme adalah proses pemecahan molekul yang kompleks menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Reaksi katabolisme termasuk kedalam reaksi eksergonik karena membebaskan energi. Katabolisme merupakan reaksi yang bersifat eksoterm karena membebaskan kalor. Contoh reaksi katabolisme adalah respirasi, baik aerob maupun anaerob (fermentasi).

Karbohidrat dipecah menjadi monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa) di sepanjang saluran pencernaan. Glukosa kemudian akan dibawa oleh darah ke sel-sel tubuh untuk dipecah melalui proses respirasi sel. Respirasi merupakan cara sel untuk mendapatkan energi dalam bentuk *Adenosin Trifosfat* (ATP) dan energi elektron tinggi berupa *Nicotinamide Adenine Dinucleotide Hidrogen* (NADH) dan *Flavin Adenine*

*Dinucleotide Hidrogen* (FADH). Berdasarkan ada tidaknya oksigen, respirasi dibedakan menjadi respirasi aerob dan anaerob.

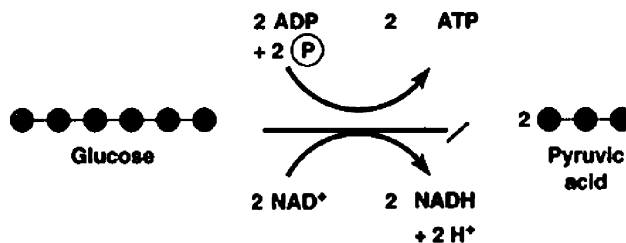
### 1. Respirasi aerob

Respirasi aerob adalah reaksi respirasi yang menggunakan oksigen dari pernapasan. Glukosa akan dipecah menjadi air, karbondioksida dan ATP. Oksigen dibutuhkan sebagai akseptor elektron terakhir dalam proses transpor elektron. Respirasi aerob terutama melibatkan organel mitokondria. Mitokondria merupakan organel yang memiliki membran ganda yaitu membran dalam dan luar, dimana membran dalam berlekuk-lekuk membentuk **kristae**. Selain itu, mitokondria memiliki rongga yang diisi oleh cairan yang disebut **matriks**.

Respirasi aerob terjadi melalui empat tahap utama, yaitu glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, siklus Krebs (siklus asam sitrat), sistem transpor elektron.

- Glikolisis

Glikolisis adalah rangkaian reaksi pemecahan glukosa menjadi asam piruvat dengan menghasilkan ATP dan NADH. Proses ini terjadi pada sitoplasma. Hasil glikolisis untuk 1 molekul glukosa adalah : 2 asam piruvat, 2 ATP, 2 NADH.



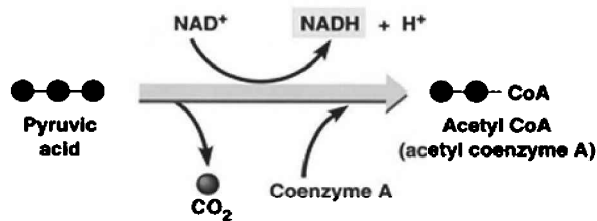
Gambar 20.6 Proses glikolisis  
Sumber gambar : Pearson Education, 2003

- Dekarboksilasi oksidatif

Dekarboksilasi oksidatif adalah reaksi pengurangan gugus karbon dari asam piruvat membentuk asetil koenzim A (KoA), terjadi pada bagian matriks mitokondria. Hasil dekarboksilasi



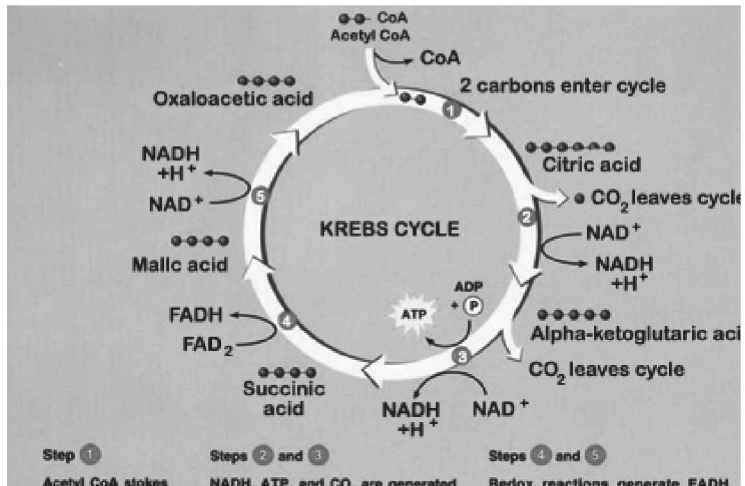
oksidatif 2 molekul asam piruvat adalah : 2 asetil KoA, 2 CO<sub>2</sub>, 2 NADH.



Gambar 20.7 Proses dekarboksilasi oksidatif  
Sumber gambar : Pearson Education, 2003

- Siklus krebs

Siklus Krebs terjadi pada matriks mitokondria. Asetil KoA hasil reaksi dekarboksilasi oksidatif yang memiliki 2 karbon akan berikatan dengan molekul yang memiliki 4 karbon yaitu oksaloasetat membentuk asam sitrat yang memiliki 6 karbon. Kemudian asam sitrat akan mengalami serangkaian reaksi berupa dekarboksilasi, oksidasi dan reduksi yang menghasilkan 4 CO<sub>2</sub>, 6 NADH, 2 FADH dan 2 ATP. Siklus Krebs dapat dilihat pada gambar berikut ini.



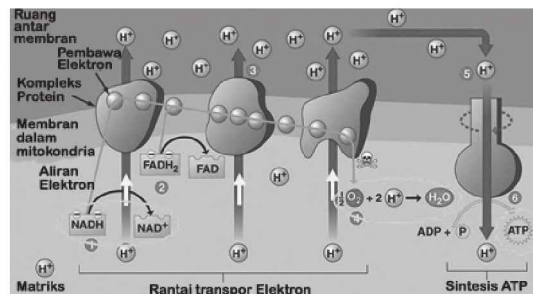
Gambar 20.8 Proses glikolisis  
Sumber gambar : Pearson Education, 2003

- **Transpor elektron**

Transpor elektron terjadi pada bagian kristae. Hidrogen yang tergabung dalam NADH dan FADH, diubah menjadi elektron dan proton. Sebagai pembawa elektron adalah sejenis protein dan gugus yang dapat berikatan dengan protein, seperti NAD, FAD, ubikuinon, dan sitokrom.

NADH dan FADH yang dihasilkan dari reaksi sebelumnya, memberikan  $H^+$  dan elektron ke sistem transpor elektron.  $H^+$  dipompa menuju ruang antar membran mitokondria, menyebabkan konsentrasi  $H^+$  di ruang antar membran menjadi tinggi. Karena adanya perbedaan konsentrasi,  $H^+$  akan berdifusi ke dalam matriks melalui enzim ATP sintase. Aliran  $H^+$  melalui ATP sintase memacu pembentukan ATP dari ADP dan  $P_i$  (Phosphat inorganik).

Sedangkan elektron dari NADH akan ditranpor ke FAD membentuk FADH, energi yang dihasilkan adalah 1 ATP. Kemudian atom hidrogen dari FADH dipakai untuk mereduksi koenzim Q. Setelah itu atom hidrogen berionisasi menjadi  $2 H^+ + 2$  elektron, elektron ini berpindah berturut-turut dari sitokrom b ke sitokrom c kemudian ke sitokrom a berturut-turut dari sitokrom b ke sitokrom c kemudian sitokrom a dan sitokrom  $a_3$ . Selama transpor elektron, dihasilkan 2 ATP. Elektron yang dilepaskan pada akhir sistem transpor elektron akan diterima oleh oksigen. Oksigen kemudian bergabung dengan  $H^+$  membentuk air. Jadi, dari 1 NADH dapat membentuk 3 ATP, sedangkan 1 FADH membentuk 2 ATP.



Gambar 20.9 Proses transpor elektron  
Sumber gambar : Pearson Education, 2003

Tabel 20.1 Tahap Respirasi Aerob

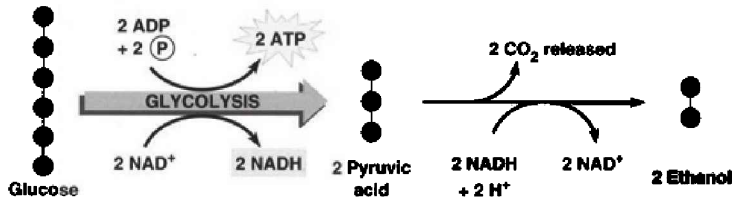
Tahapan	Tempat	Substrat	Hasil
1. Glikolisis	Sitoplasma	Glukosa	2 Asam piruvat + 2 ATP + 2 NADH
2. Dekarboksilasi oksidatif	Matriks mitokondria	Asam piruvat	2 Asetil KoA + 2 NADH + 2 CO <sub>2</sub>
3. Siklus krebs	Matriks mitokondria	Asetil CoA	6 NADH+ 2 ATP + 2 FADH + 4 CO <sub>2</sub>
4. Transpor elektron	Membran dalam mitokondria	NADH dan FADH	34 ATP + H <sub>2</sub> O
Hasil respirasi aerob 1 molekul glukosa			38 ATP + 6 H <sub>2</sub> O + 6 CO <sub>2</sub>

## 2. Respirasi anaerob

Respirasi anaerob atau fermentasi tidak menggunakan oksigen sebagai akseptor elektron. Beberapa organisme yang melakukan fermentasi adalah bakteri, fungi, serta sel otot. Substrat fermentasi adalah glukosa, sama dengan substrat pada respirasi aerob. Glukosa akan mengalami glikolisis membentuk asam piruvat. Akan tetapi, reaksi fermentasi tidak sempurna dalam memecah glukosa menjadi karbondioksida dan air. Selain itu, energi yang dihasilkan fermentasi dari 1 molekul glukosa hanya membentuk 2 ATP. Fermentasi dapat dibedakan menjadi fermentasi alkohol dan asam laktat.

- Fermentasi alkohol

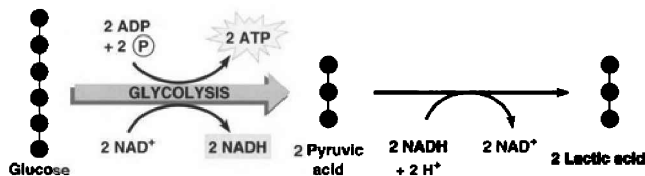
Fermentasi alkohol dilakukan oleh jamur ragi (*Saccharomyces cerevisiae*). Sebagai substrat fermentasi alkohol adalah glukosa yang dipecah menjadi asam piruvat. Asam piruvat akan mengalami dekarboksilasi membentuk asetaldehid. NADH memberikan elektron dan hidrogen pada asetaldehid, sehingga terbentuk produk akhir yaitu ethanol.



Gambar 20.10 Proses fermentasi alkohol  
Sumber gambar : Pearson Education, 2003

- Fermentasi asam laktat

Fermentasi asam laktat terjadi pada otot manusia saat melakukan kerja keras dan jumlah oksigen yang tidak mencukupi ataupun pada beberapa bakteri seperti *Lactobacillus*. Pada fermentasi asam laktat, senyawa asam piruvat hasil dari glikolisis menerima elektron dan hidrogen dari NADH. Transfer elektron dan hidrogen menghasilkan NAD<sup>+</sup> kembali. Pada saat yang sama, asam piruvat akan dikonversi menjadi asam laktat dan 2 ATP. Penimbunan asam laktat pada otot menyebabkan elastisitas otot menjadi berkurang dan menimbulkan gejala kram atau kelelahan otot.



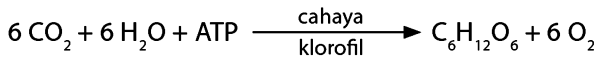
Gambar 20.11 Proses fermentasi asam laktat  
Sumber gambar : Pearson Education, 2003

## b. Anabolisme Karbohidrat

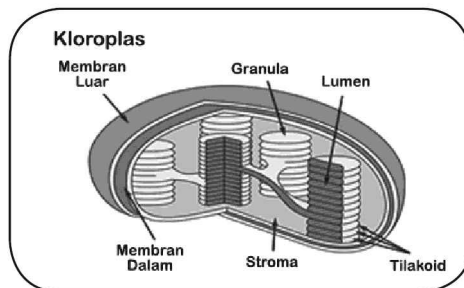
Anabolisme adalah reaksi pembentukan, dari molekul sederhana menjadi molekul yang kompleks. Reaksi anabolisme bersifat endergonik, karena membutuhkan energi, dan membutuhkan kalor (endoterm). Contoh reaksi anabolisme adalah fotosintesis dan kemosintesis.

### 1. Fotosintesis

Fotosintesis merupakan peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbondioksida) dengan bantuan klorofil dan cahaya matahari. Secara umum, reaksi kimia fotosintesis adalah :



Fotosintesis hanya dapat dilakukan oleh organisme yang memiliki pigmen fotosintesis diantaranya seperti tumbuhan dan alga. Pada tumbuhan, fotosintesis terutama terjadi pada kloroplas. Kloroplas merupakan organel bermembran ganda, dimana membran dalam mengalami pelekokan membentuk kantung yang disebut tilakoid. Tilakoid tersusun bertumpuk-tumpuk membentuk granum, jamak disebut grana. Ruang kosong dalam kloroplas disebut stroma. Struktur kloroplas dapat dilihat seperti gambar di bawah ini.



Gambar 20.12 Struktur kloroplas  
Sumber gambar: [www.artinaid.com](http://www.artinaid.com)

Fotosintesis meliputi reaksi terang dan reaksi gelap.

- Reaksi terang (reaksi Hill)  
Reaksi terang adalah reaksi yang memerlukan cahaya dan

terjadi pada bagian tilakoid. Cahaya berperan dalam proses fotolisis air, yaitu pemecahan air menjadi  $H^+$ , oksigen, dan elektron. Cahaya yang diserap klorofil adalah cahaya merah dan nila.

Reaksi terang ini melibatkan **fotosistem** yang berfungsi sebagai sistem pembawa elektron. Terdapat dua fotosistem, yaitu fotosistem I dan II. Fotosistem I terdiri dari kompleks klorofil yang menyerap cahaya dengan panjang gelombang 700 nm, sedangkan fotosistem II menyerap cahaya dengan panjang gelombang 680 nm.

Reaksi terang terbagi menjadi dua, yaitu fosforilasi siklik dan fosforilasi nonsiklik. Reaksi fotofosforilasi non siklik dimulai ketika klorofil menangkap cahaya yang mengakibatkan eksitasi elektron dari fotosistem II. Cahaya yang ditangkap kemudian digunakan untuk fotolisis air, yaitu pemecahan air yang menghasilkan ion hidrogen, oksigen dan elektron. Elektron dari fotolisis akan menggantikan elektron yang tereksitasi dari fotosistem II. Elektron dari fotosistem II kemudian akan ditransportkan melalui kompleks sitokrom menuju fotosistem I membentuk ATP dan akhirnya akan mereduksi  $NADP^+$  menjadi NADPH. Fosforilasi siklik terjadi dimana elektron dari fotosistem I ditransportkan dan akan kembali lagi menuju fotosistem I yang menghasilkan ATP. Jadi, hasil dari reaksi terang adalah ATP, NADPH dan  $O_2$ .

- Reaksi gelap (siklus Calvin-Benson)

Reaksi gelap tidak memerlukan cahaya dan berlangsung di dalam stroma kloroplas. Reaksi gelap memerlukan  $CO_2$  dari udara bebas yang akan diikat oleh ribulosa bifosfat (RuBP). Energi untuk berlangsungnya reaksi gelap diperoleh dari reaksi terang, yaitu ATP dan NADPH. Reaksi gelap berfungsi membentuk molekul glukosa yang merupakan cadangan makanan bagi tumbuhan.

Reaksi gelap terdiri atas 3 tahapan, yaitu fiksasi, reduksi dan regerasi. Tahap fiksasi ditandai dengan pengikatan  $CO_2$  oleh RuBP.

Enam molekul  $\text{CO}_2$  diikat oleh 6 RuBP membentuk 6 molekul beratom C<sub>6</sub> yang tidak stabil yang kemudian pecah menjadi 12 molekul beratom C<sub>3</sub> yang disebut PGA (3-asam fosfoglisarat). Molekul PGA 1,3 bifosfat akan mengalami fase reduksi oleh ion  $\text{H}^+$  membentuk 12 molekul PGAL (fosfogliseraldehid/ glyseraldehid- 3- Phosphate). Fase regenerasi ditandai dari pembentukan molekul glukosa dari penyatuan dua molekul PGAL. 10 molekul PGAL lainnya akan mengalami regenerasi untuk pembentukan RuBP yang akan berikatan dengan  $\text{CO}_2$  dalam reaksi gelap berikutnya.

## 2. Kemosintesis

Kemosintesis merupakan proses sintesis zat organik yang terjadi pada bakteri kemoautotrof tanpa bantuan klorofil dan cahaya matahari. Bakteri tersebut akan mengoksidasi senyawa anorganik tertentu menjadi senyawa organik.

Bakteri yang terlibat dalam proses kemosintesis, antara lain:

- Nitrosomonas dan Nitrosococcus (mengubah amonia menjadi asam nitrit)  

$$2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Energi}$$
- Nitrobacter (mengubah asam nitrit menjadi asam nitrat)  

$$2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{Energi}$$
- Thiobacillus, Begiaota (mengubah sulfur menjasi asam sulfat)  

$$2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Energi (284,4 kal)}$$

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Pada fotosintesis nonsiklik terjadi pemecahan molekul air yang membebaskan oksigen dan hidrogen yang diikat oleh molekul akseptor. Berikut ini yang merupakan akseptor hidrogen adalah ....
  - A. *Flavin Adenin Dinukleotida* ( FAD )
  - B. *Nikotiamin Adenin Dinukleotida* ( NAD )
  - C. *Nikotiamin Adenin Dinukleotida Phospat* ( NADP )

- D. *Asam Phospoenolpiruvat* (PEP)
- E. *Ribulose Diphospat* (RDP)

**Jawaban: C**

$2H^+$  dari fotolisis  $H_2O$  akan diikat oleh akseptor hydrogen NADP menjadi  $NADPH_2$ .

2. Sebelum siklus asam sitrat, asam piruvat yang diproduksi pada glikolisis diubah menjadi ....
- A. koenzim A
  - B. asetil koenzim A
  - C. oksiasi piruvat
  - D. Sitrat
  - E. etanol

**Jawaban: B**

Glukosa diubah menjadi asam piruvat, asam piruvat diubah menjadi asetil KoA melalui proses dekarboksilasi oksidatif di membrane dalam mitokondria.

3. Enzim merupakan biokatalisator pada proses – proses metabolisme dalam tubuh makhluk hidup . Karena itu enzim mempunyai sifat – sifat berikut, *kecuali* ....
- A. sifatnya sama dengan sifat protein pada umumnya
  - B. bekerja baik ekstra maupun intraseluler
  - C. banyak dihasilkan organel mitokondria
  - D. hanya bekerja pada substrat tertentu yang sesuai
  - E. segala proses kimia berjalan cepat dan memerlukan sedikit energi oleh enzim

**Jawaban: C**

Sifat – sifat enzim, antara lain:

- sifatnya sama dengan sifat protein pada umumnya
- dapat bekerja di dalam / luar sel
- hanya bekerja pada substrat tertentu
- mempercepat reaksi kimia dan memerlukan sedikit energi
- enzim umumnya dihasilkan oleh ribosom



4. Berikut adalah jenis enzim yang termasuk dalam golongan karbohidrase, *kecuali* ....
- A. katalase
  - B. hidrolase
  - C. karboksilase
  - D. sitokrom
  - E. selulose

**Jawaban: D**

Jenis-jenis enzim yang termasuk ke dalam golongan karbohidrase adalah katalase, selulose, hidrolase, dan karboksilase. Sitokrom bukan termasuk enzim. Sitokrom adalah pigmen yang dapat dioksidasi dan umum terdapat di dalam sel.

5. Daging yang dibekukan di dalam lemari es tidak membusuk. Kejadian ini dapat dijelaskan sebagai ....
- A. daging tersebut tidak mengalami metabolisme
  - B. di dalam lemari es tidak berlangsung respirasi aerobik
  - C. pada suhu rendah enzim mikroorganisme pembusuk tidak bekerja
  - D. di dalam lemari es tidak ada cahaya
  - E. di dalam lemari es tidak ada  $O_2$

**Jawaban: C**

Seperti yang telah kita ketahui, kerja enzim dipengaruhi lingkungan. Pada suhu rendah misalnya  $0^{\circ}C$  atau di bawahnya seperti pada lemari es, enzim bersifat nonaktif, tetapi tidak rusak, sehingga di dalam kulkas daging tidak membusuk. Enzim baru dapat bekerja optimal pada suhu  $30^{\circ}C$ .

6. Enzim memiliki sifat sebagai berikut, *kecuali* ....
- A. berperan sebagai biokatalisator
  - B. bekerja pada suhu dan pH tertentu
  - C. kerjanya dipengaruhi oleh ketersediaan air
  - D. terdiri dari zat protein
  - E. setiap enzim dapat bekerja untuk berbagai zat

**Jawaban : E**

Sifat enzim, antara lain:

1. berperan sebagai biokatalisator
  2. bekerja pada suhu tertentu
  3. bekerja pada pH tertentu
  4. bekerja spesifik (khas), jadi setiap enzim hanya bekerja untuk satu substrat
  5. enzim merupakan biokatalisator pada proses-proses metabolisme
7. Proses pengikatan oksigen pada respirasi dipengaruhi oleh enzim ....
- |                   |             |
|-------------------|-------------|
| A. heksokinase    | D. sitokrom |
| B. piruvat kinase | E. oksidase |
| C. asetil KoA     |             |

**Jawaban: D**

Pengikatan oksigen terjadi pada saat oksigen sebagai akseptor akhir ion hidrogen akan membentuk 6 mol  $H_2O$  dari 1 mol glukosa pada saat rantai transfer elektron. Dalam proses ini melibatkan enzim sitokrom a, b, dan c.

8. Reaksi respirasi yang berlangsung pada tahap pertama adalah ....
- |                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| A. glikolisis               | D. transpor elektron |
| B. dekarboksilasi oksidatif | E. fotosintesis      |
| C. siklus krebs             |                      |

**Jawaban: A**

Respirasi adalah reaksi penguraian makanan untuk membentuk energi atau ATP. Proses respirasi aerob terdiri dari: glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, siklus Krebs, sistem tanspor elektron

9. Pada proses respirasi aerob maupun anaerob, glikolisis menghasilkan energi sebanyak ....
- |          |          |
|----------|----------|
| A. 1 ATP | D. 4 ATP |
| B. 2 ATP | E. 5 ATP |
| C. 3 ATP |          |

**Jawaban: B**

Dalam reaksi glikolisis dihasilkan 2 ATP (dari 4 berkurang 2 ATP), 2 NADH, dan 2 mol asam piruvat.

10. Pigmen yang berfungsi menyerap energi cahaya, yaitu ....
- |              |               |
|--------------|---------------|
| A. kloroplas | D. karoten    |
| B. klorofil  | E. fukosantin |
| C. xantofil  |               |

**Jawaban: B**

Dalam fotosintesis terdapat komponen utama, yakni klorofil a. Klorofil a terdapat di dalam tilakoid dan grana kloroplas. Tanpa adanya klorofil a maka reaksi fotosintesis tidak dapat terjadi, karena energi cahaya hanya dapat diserap oleh klorofil a.

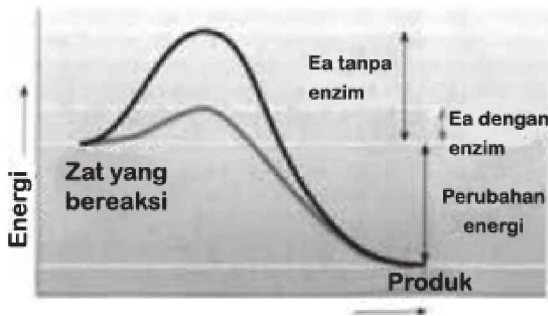
# LATIHAN SOAL 20

1. Metabolisme dibedakan menjadi dua berdasarkan kebutuhan energi dan reaksinya, yaitu ....
  - A. respirasi aerobik dan respirasi anaerobik
  - B. anabolisme dan katabolisme
  - C. fotosintesis dan respirasi
  - D. fotosintesis dan fermentasi
  - E. kemosintesis dan fotosintesis
2. Di bawah ini adalah sifat-sifat enzim, *kecuali* ....
  - A. sifatnya sama dengan sifat protein pada umumnya
  - B. bekerja baik ekstra maupun intraseluler
  - C. banyak dihasilkan organel mitokondria
  - D. hanya bekerja pada substrat tertentu yang sesuai
  - E. oleh enzim, segala proses kimia berjalan hemat, cepat, dan memerlukan sedikit energi
3. Bagian dari enzim yang merupakan komponen nonprotein berupa molekul anorganik disebut ....

A. apoenzim	D. holoenzim
B. koenzim	E. ion anorganik
C. kofaktor	
4. Inhibitor kompetitif dalam enzim mempunyai sifat ....
  - A. berikatan lemah dengan enzim bukan pada sisi aktifnya
  - B. ireversibel
  - C. merupakan zat yang mempercepat reaksi enzimatik

- D. salah satu contohnya adalah karbon monoksida (CO)
- E. strukturnya sangat berbeda dengan substrat

5. Perhatikan grafik di bawah ini!

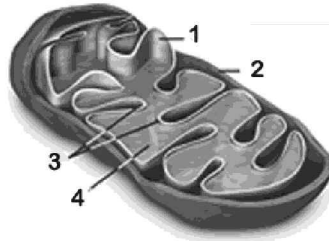


Berdasarkan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa ....

- A. enzim tidak ada hubungannya dengan energi aktivasi
  - B. enzim meningkatkan energi aktivasi
  - C. enzim mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi
  - D. energi aktivasi meningkatkan kerja enzim
  - E. enzim menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi berjalan lambat
6. Ekstrak hati yang ditetesi larutan hidrogen peroksida akan menimbulkan gas yang dapat menyalakan bara api, gas tersebut adalah ....
- A.  $O_2$  yang berasal dari penguraian air
  - B.  $CO_2$  yang berasal dari ekstrak hati
  - C. hidrogen yang berasal dari penguraian air
  - D.  $O_2$  yang berasal dari  $H_2O_2$  yang terurai
  - E.  $O_2$  dari ekstrak hati yang terurai
7. Berikut ini pernyataan yang benar tentang inhibitor nonkompetitif, yaitu ....
- A. melekat pada sisi aktif enzim
  - B. memiliki bentuk yang mirip dengan substrat

- C. dapat diatasi dengan penambahan substrat
- D. melekat pada sisi alosterik enzim
- E. tidak mengubah sisi aktif enzim

8. Perhatikan gambar mitokondria di bawah ini!

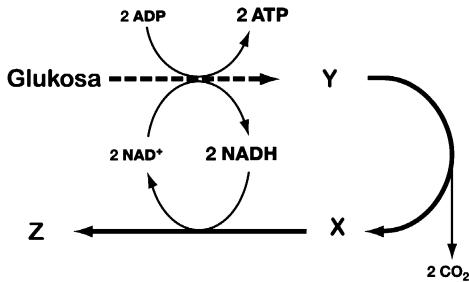


Tempat terjadinya siklus krebs dan transpor elektron adalah ....

- A. 1 dan 2
  - B. 3 dan 2
  - C. 1 dan 4
  - D. 4 dan 3
  - E. 2 dan 3
9. Berikut ini pernyataan yang benar mengenai glikolisis, *kecuali* ...
- A. pemecahan glukosa membentuk asam piruvat
  - B. terjadi di sitoplasma
  - C. pada prosesnya menghasilkan 4 ATP dan memerlukan 2 ATP
  - D. memerlukan oksigen
  - E. dihasilkan 2 NADH
10. Hasil dari 1 kali siklus krebs adalah ....
- A. 3 NADH, 1 FADH, 2 CO<sub>2</sub>, dan 1 ATP
  - B. 2 asetil CoA, 2 NADH, 2 CO<sub>2</sub>
  - C. 6 NADH, 2 FADH, 4 CO<sub>2</sub>, dan 2 ATP
  - D. 34 ATP dan air
  - E. 2 asam piruvat, 2 NADH, 2 ATP
11. Awal dari siklus Krebs adalah ....
- A. terbentuknya asetil Co-A di sitoplasma
  - B. berekasinya asetil Co-A dan asam oksalat menjadi asam sitrat
  - C. terbentuknya asam piruvat di sitoplasma

- D. terjadinya dekarboksilasi oksidatif
- E. pelepasan  $\text{CO}_2$  dari asam sitrat membentuk  $\alpha$ -ketoglutarat

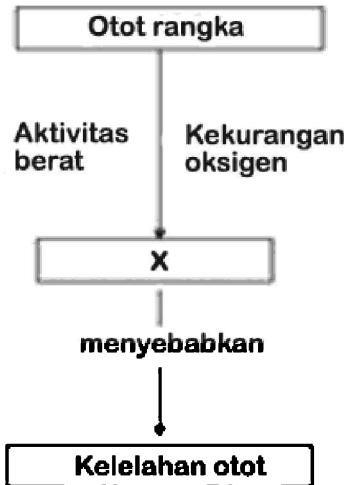
12. Perhatikan bagan berikut ini!



Bagian X dan Z adalah ....

- A. NADH dan ATP
  - B. astaldehid dan ethanol
  - C. asetil CoA dan  $\text{CO}_2$
  - D.  $\text{CO}_2$  dan etanol
  - E. etanol dan alkohol
13. Berikut ini yang membedakan fermentasi alkohol dengan fermentasi asam laktat, yaitu ....
- A. dihasilkan 2 ATP
  - B. glikolisis terjadi di sitoplasma
  - C. pada saat pembentukan asam piruvat dihasilkan 2 NADH
  - D. dihasilkan 2  $\text{CO}_2$
  - E. terjadi pada *Lactobacillus bulgaricus*
14. Karbondioksida sebagai produk samping dari respirasi anaerob yang dilakukan oleh ragi *Saccharomyces* sp berasal dari perubahan ....
- A. asam asetat menjadi alkohol
  - B. asam asetat menjadi asam piruvat
  - C. asam piruvat menjadi alkohol
  - D. asam piruvat menjadi asam asetat
  - E. glukosa menjadi asam piruvat

15. Berikut ini adalah urutan kejadian yang terjadi pada otot lurik.



Senyawa X mewakili molekul ....

- |               |                |
|---------------|----------------|
| A. hemoglobin | D. alkohol     |
| B. glikogen   | E. asam laktat |
| C. asam amino |                |

16. Proses respirasi meliputi:

1. mengubah senyawa  $C_6$  menjadi  $C_3$
2. menggunakan CoA
3.  $H^+$  bereaksi dengan  $O_2$
4. mengubah senyawa  $C_2$  menjadi  $C_6$
5. menggunakan sitokrom

Proses yang terjadi pada transport elektron adalah nomor ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 2 | D. 3 dan 5 |
| B. 2 dan 3 | E. 4 dan 5 |
| C. 2 dan 4 |            |

17. Pada proses fermentasi alkohol dihasilkan energi 2 ATP Hal ini disebabkan ....



- A. kekurangan oksigen untuk menghasilkan ATP
  - B. asam piruvat yang terbentuk tidak berubah menjadi asetil koenzim A
  - C. fermentasi berhenti saat konsentrasi alkohol di atas 15 %
  - D.  $\text{NADH}_2$  dan  $\text{FADH}_2$  tidak dapat melepaskan ion hydrogen
  - E. elektron yang digunakan untuk fermentasi memiliki energi yang rendah
18. Berikut ini pernyataan yang benar mengenai fotosintesis, *kecuali* ...
- A. Cahaya yang digunakan untuk fotosintesis adalah merah dan nila.
  - B. Reaksi terang terjadi pada membran tilakoid.
  - C. Oksigen dihasilkan dari proses fotolisis.
  - D. Fotofosforilasi siklik terjadi pada fotosistem II.
  - E. Glukosa dihasilkan pada reaksi gelap.
19. Jumlah energi total hasil respirasi aerob dari dua molekul glukosa adalah ....
- |           |           |
|-----------|-----------|
| A. 38 ATP | D. 4 ATP  |
| B. 72 ATP | E. 28 ATP |
| C. 36 ATP |           |
20. Berikut adalah persamaan reaksi glikolisis.
- $$A + B + 2\text{Pi} + 2\text{NAD}^+ + C + 2\text{H}_2\text{O} + D + E + 2\text{H}^+$$
- Senyawa A dan B serta C, D, dan E adalah ....
- A. 2 piruvat dan glukosa serta 2 ADP, 2 ATP, dan 2 NADH
  - B. glukosa dan 2 ATP serta 2 ADP, 2 NADH, dan 2 piruvat
  - C. glukosa dan 2 ADP serta 2 piruvat, 2 NADH, dan 2 ATP
  - D. 2 ATP dan 2 NADH serta glukosa, 2 piruvat, dan 2 ADP
  - E. 2 piruvat dan 2 ATP serta glukosa, 2ADP, dan 2 NADH
21. Produk dekarboksilasi oksidatif pada respirasi aerob adalah ....
- |                                  |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| A. koenzim A dan asetil KoA      | D. piruvat dan asetil KoA |
| B. koenzim A dan $\text{CO}_2$   | E. NADH dan Ko-A          |
| C. asetil Ko-A dan $\text{CO}_2$ |                           |

22. Di bawah ini adalah pernyataan yang benar mengenai metabolisme, yaitu ....
- amilum harus dijadikan glukosa dahulu sebelum direspirasi aerob maupun anaerob
  - $O_2$  hanya diperlukan pada respirasi aerob, tetapi  $H_2O$  terbentuk baik pada respirasi aerob maupun anaerob
  - jumlah makanan yang sama yang direspirasi aerob maupun anaerob, akan menghasilkan jumlah energi yang sama pula
  - $CO_2$  dan  $H_2O$  terbentuk baik pada respirasi aerob maupun anaerob
  - respirasi anaerob hanya berlangsung pada substratnya dan respirasi aerob berlangsung pada sel
23. Hasil percobaan enzim katalase menggunakan potongan hati dan  $H_2O_2$  sebagai berikut:

No	Potongan Hati +	Perlakuan	Gelembung Udara	Keterangan
1.	$H_2O_2$	suhu $30^\circ C$	+++	banyak sekali
2.	$H_2O_2$	suhu $35^\circ C$	+++	banyak
3.	$H_2O_2$	suhu $75^\circ C$	--	Kurang
4.	$H_2O_2$	pH 4	---	Tidak ada
5.	$H_2O_2$	pH 7	++	Banyak
6.	$H_2O_2$	pH 13	---	Tidak ada

Data di atas menunjukkan bahwa yang mempengaruhi kerja enzim, antara lain ....

- suhu dan pH
  - banyaknya gelembung
  - potongan hati
  - macam substrat
  - jumlah  $H_2O_2$
24. Lemak dapat disintesis dari karbohidrat melalui asetil KoA dan gliserol berasal dari ....
- asam piruvat
  - ATP
  - PGAL
  - $FADH_2$
  - NADH

25. Manakah tahapan dari reaksi di bawah ini yang terjadi baik melalui jalur respirasi aerob maupun respirasi anaerob ....
- A. glikolisis
  - B. oksidasi asam piruvat
  - C. siklus krebs
  - D. sistem pengangkutan elektron
  - E. dekarboksilasi oksidatif asam piruvat

26. Ketika sel-sel otot melakukan proses pemecahan glukosa dalam keadaan kekurangan oksigen, manakah zat berikut yang tidak diproduksi dari kegiatan tersebut?

- A. panas
- B. ATP
- C. asam laktat
- D. asetil koenzim A
- E. asam piruvat

27. Proses yang digambarkan pada persamaan reaksi di bawah ini adalah ....

Glukosa -----> asam laktat + ATP

- A. anabolisme
- B. fermentasi
- C. fotosintesis
- D. kemosintesis
- E. asimilasi

28. Oksigen yang dihasilkan pada peristiwa fotosintesis terbentuk pada proses ....

- A. reaksi Hill saat fotolisis berlangsung
- B. reaksi Blackman saat terjadi fotoposporilasi siklis
- C. reaksi gelap saat berlangsung proses fiksasi  $\text{CO}_2$
- D. reaksi terang saat berlangsung oksidasi  $\text{CO}_2$
- E. reaksi gelap saat berlangsung proses siklus Calvin

29. Berikut adalah zat-zat yang terlibat dalam proses fotosintesis.

- 1. ATP
- 2.  $\text{CO}_2$
- 3.  $\text{O}_2$
- 4.  $\text{NADPH}_2$
- 5. Glukosa

Produk yang dihasilkan dari proses reaksi terang adalah ....

- A. 1, 3, dan 5
- B. 1, 3, dan 4
- C. 2, 3, dan 4
- D. 2, 4, dan 5
- E. 3, 4, dan 5

30. Pada reaksi terang fotosintesis perjalanan elektron nonsiklik adalah ....

- A. dari P680 ke P700 dengan menghasilkan ATP dan  $\text{NADPH}_2$
- B. dari P680 ke P700 dengan menghasilkan ATP,  $\text{NADPH}_2$  dan  $\text{O}_2$
- C. dari P700 ke P680 dengan menghasilkan ATP dan  $\text{NADPH}_2$
- D. dari P700 kembali ke P700 dengan menghasilkan ATP,  $\text{NADPH}_2$ ,  
 $\text{O}_2$
- E. dari P680 kembali ke P680 dengan menghasilkan ATP,  $\text{NADPH}_2$ ,  
 $\text{O}_2$





# HEREDITAS

# 21

Hereditas dalam istilah biologi mengacu pada proses pewarisan sifat dari induk kepada keturunannya melalui gen. Pewarisan sifat ini berhubungan dengan karakter struktur tubuh, bukan perilaku.

## A. MATERI GENETIK

Materi genetik tersimpan di dalam kromosom dan dikemas dengan sangat rapi oleh protein histon. Kromosom tersusun oleh untaian DNA (Deoxyribonucleic Acid). Pada untaian DNA terdapat segmen-segmen yang mengkode polipeptida atau protein tertentu yang disebut gen, gen merupakan unit pembawa informasi suatu sifat atau karakter.

### a. Kromosom

Kromosom terdapat pada nukleus (inti sel) pada organisme eukariotik, dan terdapat dalam sitosol pada organisme prokariotik. Kromosom tampak berupa benang-benang yang terurai yang disebut **benang kromatin**. Pada saat pembelahan sel, kromatin akan menebal dan memendek disebut **kromatid**. Setiap kromosom terdiri dari:

- ~ **Sentromer** merupakan tempat melekatnya benang-benang gelendong (*spindle fiber*) yang berfungsi untuk menggerakkan kromosom selama pembelahan sel dan bagian ini tidak mengandung

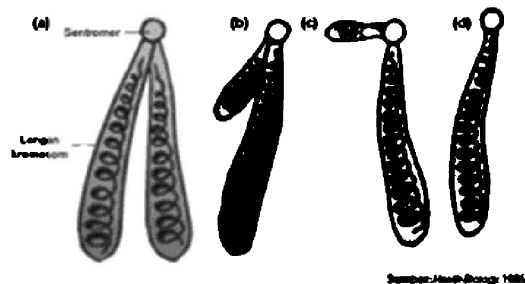
gen.

- ~ **Lengan kromosom** merupakan bagian kromosom yang dibangun oleh **kromonema**, di dalam kromonema terdapat kromomer yang disusun oleh untaian DNA atau kromatin yang berpilin dengan protein histon (**nukleosom**).

### 1. Bentuk kromosom

Bentuk kromosom dapat dibedakan menjadi empat macam berdasarkan letak sentromer dan panjang lengannya, yaitu:

- Kromosom telosentrik, letak sentromer berada di ujung kromosom sehingga kromosom ini hanya memiliki satu buah lengan saja.
- Kromosom akrosentrik, letak sentromer mendekati salah satu ujung kromosom sehingga panjang salah satu lengan menjadi jauh lebih pendek dibandingkan lengan kromosom lainnya.
- Kromosom submetasentrik, letak sentromer sedikit bergeser dari tengah kromosom sehingga panjang salah satu lengan kromosom lebih pendek.
- Kromosom metasentrik, sentromer berada di tengah kromosom sehingga panjang lengan yang relatif sama.



Sumber: MacGillivray, 1985

Gambar 21.1. Bentuk kromosom berdasarkan letak sentromer: (a) metasentrik; (b) submetasentrik; (c) akrosentrik; (d) telosentrik.

Sumber gambar: McLaren et al, 1985

### 2. Jenis kromosom

Kromosom tubuh dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu: autosom dan gonosom.

- **Autosom atau kromosom tubuh** merupakan kromosom yang

bersifat diploid dan selalu berada dalam keadaan berpasangan (**kromosom homolog**). Penulisan kromosom ini dilambangkan dengan huruf A. Sebagai contoh, manusia memiliki jumlah kromosom sel somatis 46 buah, 44 autosom dan 2 kromosom seks. Penulisan autosom dilambangkan dengan huruf A sehingga penulisan autosom sel somatis manusia adalah 44A atau 22AA.

- **Gonosom atau kromosom kelamin atau kromosom seks** merupakan kromosom yang bersifat haploid dan menentukan jenis kelamin makhluk hidup. Umumnya pada makhluk hidup, gonosom X menentukan jenis kelamin betina dan gonosom Y menentukan jenis kelamin jantan. Pada manusia terdapat dua jenis gonosom, yaitu X dan Y. Susunan gonosom wanita XX dan gonosom pria XY. Oleh karena itu, penulisan kromosom sel somatis (2n) adalah 44A + XY (pria) atau 44A + XX (wanita). Adapun untuk sel gamet (n) adalah 22A + X atau 22A + Y.

## **b. Gen**

Gen adalah segmen DNA yang mengandung informasi genetik, tersusun dari asam nukleat (nukleoprotein) dan menempati suatu lokus pada kromosom. Gen berperan dalam menyampaikan informasi genetik dari generasi ke generasi, menentukan sifat dan karakter keturunan suatu organisme, dan mengatur metabolisme dan perkembangan tubuh. Pada kromosom homolog, gen memiliki pasangan yang terletak pada lokus yang bersesuaian yang disebut alel.

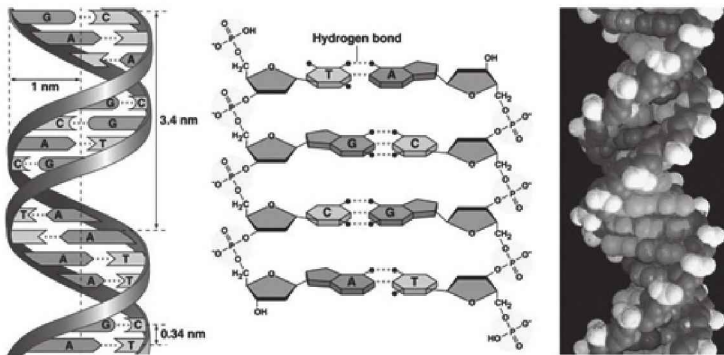
## **c. DNA (Deoxyribonucleic Acid)**

DNA merupakan senyawa kimia penyusun gen yang membawa informasi genetik dari suatu generasi ke generasi selanjutnya. Selain itu, DNA merupakan senyawa kimia yang berfungsi sebagai komponen utama dalam sintesis protein dan pengendali aktivitas hidup suatu organisme



## 1. Struktur kimia DNA

DNA memiliki struktur berupa rantai *double helix* yang tersusun secara antiparalel (tidak searah). DNA disusun oleh **nukleotida** yaitu **gula pentosa** (deoksiribosa), **fosfat**, dan basa nitrogen. **Basa nitrogen** dibedakan menjadi dua macam, yaitu **purin** terdiri dari adenin (A) dan guanin (G) serta **pirimidin** terdiri dari timin (T) dan sitosin (S). Basa purin **adenin** berpasangan dengan basa pirimidin **timin**, sementara basa purin **guanin** berpasangan dengan basa pirimidin sitosin.



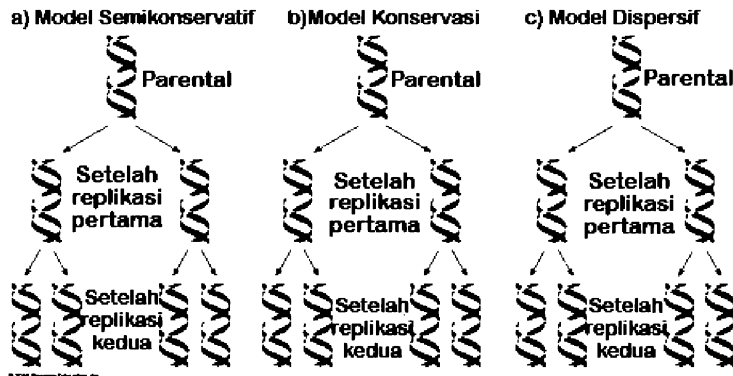
Gambar 21.2 Struktur DNA  
Sumber gambar: Campbell, 2004

## 2. Replikasi DNA

Replikasi DNA adalah kemampuan DNA untuk menggandakan diri menghasilkan molekul DNA yang sama persis dengan DNA induk. Terdapat tiga model mengenai mekanisme replikasi DNA, yaitu:

- **Replikasi Semikonservatif.** Model yang dikemukakan oleh Watson dan Crick ini menyatakan bahwa setiap molekul untai ganda DNA baru hasil replikasi terdiri dari satu untai-tunggal DNA induk dan satu untai-tunggal DNA hasil sintesis.
- **Replikasi Konservatif.** Molekul DNA untai-ganda induk tetap bergabung sedangkan kedua untai DNA baru hasil replikasi terdiri dari molekul baru hasil sintesis.

- **Replikasi Dispersif.** Model ini menyatakan bahwa molekul DNA induk mengalami fragmentasi sehingga DNA baru hasil replikasi terdiri dari gabungan molekul lama (berasal dari DNA induk) dan molekul baru hasil sintesis.



Gambar 21.3. Model mekanisme replikasi DNA.

Sumber gambar: Pearson Education, 2010

#### d. RNA (Ribonucleic Acid)

RNA berupa untai tunggal dan tidak berpilin yang terdiri dari fosfat, gula pentosa (ribosa), dan basa nitrogen. Seperti pada DNA, basa nitrogen penyusun RNA terdiri dari basa purin dan pirimidin. Basa purin terdiri dari adenin (A) dan guanin (G), hanya saja basa pirimidin pada RNA terdiri dari sitosin (C) dan urasil (U). Berdasarkan peranannya dalam sintesis protein, RNA dapat dibedakan menjadi:

- ~ **RNA duta (RNAd)** atau *messenger* RNA (mRNA) merupakan untai RNA hasil transkripsi DNA. RNA duta bertugas untuk membawa informasi genetik berupa kode-kode genetik dari dalam inti menuju ribosom serta berperan sebagai pola cetakan untuk menerjemahkan kode genetik menjadi asam amino sehingga dapat membentuk polipeptida.
- ~ **RNA ribosom (RNAr)** atau *ribosomal* RNA (rRNA) merupakan komponen struktural utama penyusun ribosom, 30–46% dari setiap subunit ribosom disusun oleh molekul RNAr. RNA ribosom berfungsi sebagai mesin perakitan polipeptida dalam sintesis protein.

~ **RNA transfer (RNAt)** merupakan RNA yang berperan dalam proses pengangkutan asam-asam amino menuju ribosom sesuai dengan kode genetik yang tersusun dalam RNA duta sehingga kode genetik tersebut dapat diterjemahkan menjadi polipeptida dengan urutan asam-asam amino tertentu.

## e. Kode Genetik

Kode genetik atau kodon mengacu kepada urutan tiga basa nitrogen yang berada di sepanjang deretan nukleotida pada RNAd yang mengkode asam amino tertentu. Kombinasi tiga basa nitrogen pengkode suatu asam aminodisebut juga kodon triplet. Kombinasi kodon triplet dapat dilihat pada tabel 21.1 di bawah ini.

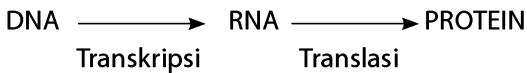
Tabel 21.1 Kode genetik atau kodon triplet

		1st base									
		U		C		A		G			
2nd base	U	UUU	Phenylalanine	UCU	Serine	UAU	Tyrosine	UGU	Cysteine	U	3rd base
		UUC	Phenylalanine	UCC	Serine	UAC	Tyrosine	UGC	Cysteine	C	
		UUA	Leucine	UCA	Serine	UAA	Stop	UGA	Stop	A	
		UUG	Leucine	UCG	Serine	UAG	Stop	UGG	Tryptophan	G	
	C	CUU	Leucine	CCU	Proline	CAU	Histidine	CGU	Arginine	U	
		CUC	Leucine	CCC	Proline	CAC	Histidine	CGC	Arginine	C	
		CUA	Leucine	CCA	Proline	CAA	Glutamine	CGA	Arginine	A	
		CUG	Leucine	CCG	Proline	CAG	Glutamine	CGG	Arginine	G	
	A	AUU	Isoleucine	ACU	Threonine	AAU	Asparagine	AGU	Serine	U	
		AUC	Isoleucine	ACC	Threonine	AAC	Asparagine	AGC	Serine	C	
		AUA	Isoleucine	ACA	Threonine	AAA	Lysine	AGA	Arginine	A	
		AUG	Methionine (Start)	ACG	Threonine	AAG	Lysine	AGG	Arginine	G	
	G	GUU	Valine	GCU	Alanine	GAU	Aspartic Acid	GGU	Glycine	U	
		GUC	Valine	GCC	Alanine	GAC	Aspartic Acid	GGC	Glycine	C	
		GUA	Valine	GCA	Alanine	GAA	Glutamic Acid	GGA	Glycine	A	
		GUG	Valine	GCG	Alanine	GAG	Glutamic Acid	GGG	Glycine	G	
		Nonpolar, aliphatic		Polar, uncharged		Aromatic		Positively charged		Negatively charged	

Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Kodon>

## B. SINTESIS PROTEIN

Sintesis protein merupakan proses penerjemahan informasi genetik menjadi protein yang berperan sebagai komponen struktural sel dan juga metabolisme tubuh. Melalui sintesis protein ini, DNA berperan membawa dan mengendalikan sifat atau karakter suatu organisme. Proses sintesis protein dapat dibedakan menjadi dua tahap, yaitu transkripsi dan translasi.



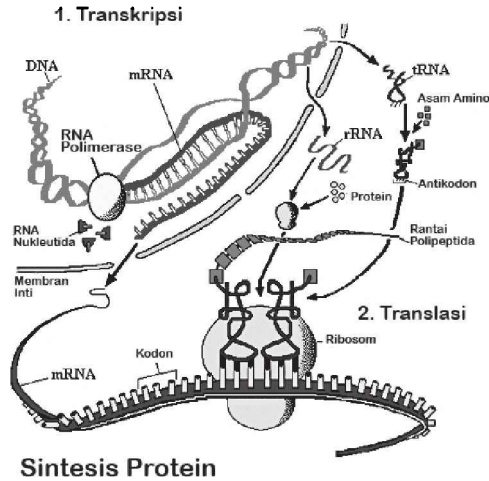
### a. Transkripsi

Transkripsi merupakan proses pembentukan RNA yang diarahkan oleh DNA. Tahap ini terjadi di dalam inti sel.

### b. Translasi

Translasi merupakan proses penerjemahan urutan nukleotida pada molekul RNA menjadi rangkaian asam-asam amino penyusun suatu polipeptida atau protein. Tahap ini terjadi di sitoplasma. Proses ini juga dibagi menjadi tiga tahap, yaitu inisiasi, elongasi, dan terminasi.

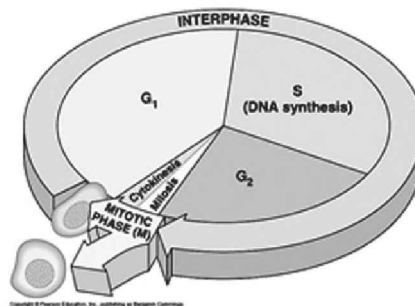
- ~ **Inisiasi** merupakan tahap awal translasi yang ditandai penyatuan RNA<sub>d</sub>, RNA<sub>t</sub> inisiator, subunit ribosom kecil yang diikuti oleh perlekatan subunit ribosom besar membentuk kompleks inisiasi translasi.
- ~ **Elongasi** merupakan tahap penambahan asam-asam amino satu per satu pada asam amino pertama. RNA<sub>t</sub> memiliki triplet yang berkomplemen kodon dan disebut antikodon. Setiap RNA<sub>t</sub> hanya dapat mengikat satu jenis asam amino sesuai yang dikodekan oleh kodon.
- ~ **Terminasi** terjadi ketika kodon stop (UAA, AUG, atau UGA) mencapai ribosom dan memberi sinyal berupa protein yang disebut faktor pelepasan atau release factor untuk menghentikan translasi.



Gambar 21.4. Tahap sintesis protein.  
Sumber gambar : sumber tikanurliatibio2008.wordpress.com

## C. PEMBELAHAN SEL

Pembelahan sel merupakan mekanisme pewarisan sifat atau karakter dari sel induk ke sel anakan pada level seluler. Sebelum memasuki fase pembelahan, sel berada pada fase interfase, yaitu fase persiapan dimana sel mempersiapkan energi dan perangkat sel sehingga dalam keadaan siap memasuki fase mitotik. Fase mitotik merupakan fase pembelahan, berdasarkan mekanisme, tujuan, dan tempat terjadinya, pembelahan sel dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu mitosis dan meiosis.

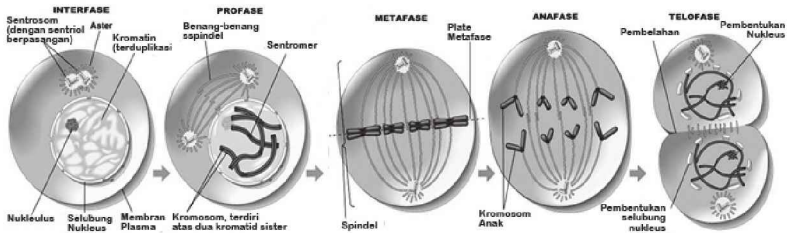


Gambar 21.5. Siklus sel somatik  
Sumber gambar : Pearson Education, 2004

## a. Mitosis

Mitosis merupakan proses pembelahan yang bertujuan untuk memperbanyak sel tubuh untuk pertumbuhan atau perbaikan sel, pembelahan ini terjadi pada sel tubuh atau sel somatik. Pembelahan suatu sel dengan cara mitosis akan menghasilkan dua sel anakan yang identik dengan sel induk. Pada mitosis terjadi satu kali pembelahan dengan beberapa tahapan, yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase.

- ~ **Profase** merupakan fase awal yang ditandai memendek dan menebalnya benang-benang kromatin, lalu terjadi penggabungan kromosom menjadi dua kromatid saudara yang masih melekat pada satu sentromer. Membran inti dan nukleolus atau anak inti menjadi kabur dan hilang pada akhir profase. Sentrosom memisah menjadi dua sentriol. Di antara keduanya, mulai terbentuk benang spindel atau benang gelendong.
- ~ **Metafase** merupakan fase yang ditandai berjajarnya kromosom pada bidang ekuator.
- ~ **Anafase** merupakan fase yang ditandai Bergeraknya dua kromatid saudara (kromosom) ke arah kutub yang berlawanan akibat membelahnya sentromer yang disebabkan oleh kontraksi dari benang gelendong, terjadi penyebaran kromosom dan DNA yang seragam terjadi di dalam sel. Pada akhir anafase, sekat sel mulai terbentuk dekat bidang ekuator.
- ~ **Telofase** merupakan fase yang ditandai dengan menghilangnya benang-benang spindel, kromosom berubah kembali menjadi benang-benang kromatin, serta terjadi pembentukan kembali membran inti dan nukleolus. Pada akhir fase ini terjadi sitokinesis (pembagian sitoplasma) sehingga dihasilkan dua sel yang identik dengan sel induk.



Gambar 21.6. Tahapan dalam pembelahan mitosis.  
Sumber gambar: Campbell, 2004

## b. Meiosis

Meiosis merupakan proses pembelahan yang bertujuan untuk mereduksi jumlah kromosom sehingga jumlah kromosom selalu tetap pada generasi berikutnya, pembelahan ini terjadi pada sel kelamin atau sel gamet. Pembelahan suatu sel dengan cara meiosis akan menghasilkan empat sel anakan dengan karakter yang berbeda dari sel induk. Jumlah kromosom sel anak menjadi setengah dari jumlah kromosom induk atau haploid ( $n$ ) sehingga pembelahan ini disebut juga pembelahan reduksi. Pada mitosis terjadi dua kali pembelahan, yaitu meiosis I dan meiosis II.

### 1. Meiosis I

Tahap ini merupakan proses pembelahan pertama yang terdiri profase I, metafase I, anafase I, dan telofase I.

- Profase I, tahap ini terdapat lima subfase seperti tertera pada tabel 21.3 dibawah ini.

Tabel 21.2 Tahapan proses pada profase I

Subfase	Proses yang berlangsung
Leptoten	terjadipenebalan dan pemendekan benang-benang kromatin membentuk benang halus leptonema sehingga kromosom tampak seperti massa yang tidak teratur
Zigoten	Proses penebalan benang kromatin terus berlangsung dan kromosom mulai berpasangan dengan kromosom homolognya. Terbentuk serabut protein sinapteinemal kompleks yang berperan dalam melekatkan kromosom homolog

Pakiten	Kromosom membentuk kromatid sehingga pada masing-masing bivalen (dua pasang kromosom homolog) terlihat empat kromatid yang disebut tetrad
Diploten	Kromatid pada kromosom homolog saling berkaitan pada suatu titik yang disebut kiasma (jamak: kiasmata) yang memungkinkan terjadinya pertukaran materi genetik (DNA) atau pindah silang ( <i>crossing over</i> )
Diakinesis	Terbentuk benang-benang spindel atau gelendong mikrotubulus, membran inti dan nukleolus mulai menghilang

- Metafase I, ditandai dengan berjalannya kromatid hasil duplikasi kromosom homolog pada daerah ekuator. Kromosom masih bersifat diploid pada metafase I.
- Anafase I, ditandai dengan benang spindel atau gelendong mikrotubulus yang mulai menarik kromosom homolog sehingga pasangan kromosom homolog terpisah dan bergerak menuju kutub yang berlawanan. Namun, kromatid saudara masih terikat pada sentromernya dan bergerak sebagai satu unit tunggal.
- Telofase I, ditandai dengan menghilangnya benang-benang spindel, kromosom kembali menjadi benang-benang kromatin, pembentukan kembali membran inti dan nukleolus, lalu diikuti dengan sitokinesis.

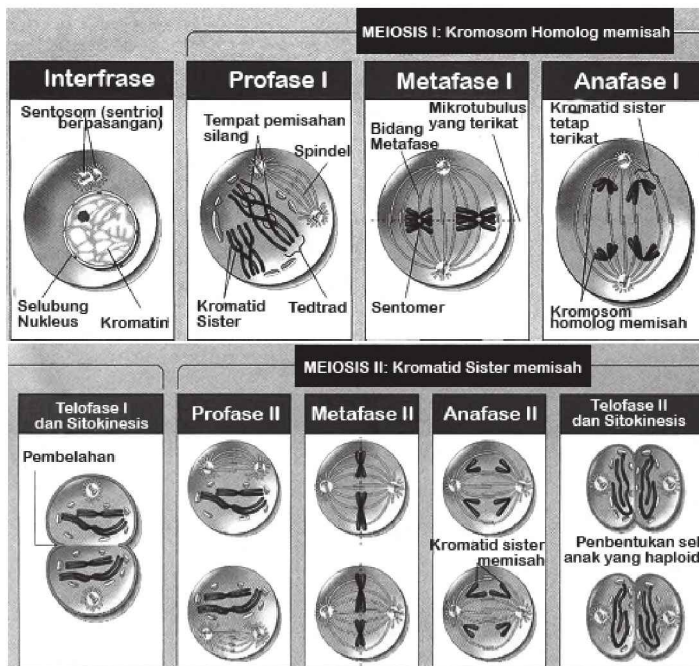
## 2. *Meiosis II*

Tahap ini merupakan kelanjutan dari tahap meiosis I, masing-masing sel anakan hasil pembelahan meiosis I akan kembali membelah sehingga pada akhir meiosis II dihasilkan empat sel anakan. Pada pembelahan ini juga terjadi reduksi jumlah kromosom sehingga jumlah kromosom keempat sel anakan ini bersifat haploid ( $n$ ). Tahap meiosis II terdiri dari profase II, metafase II, anafase II, dan telofase II.

- Profase II, ditandai dengan mulai Bergeraknya kromatid saudara ke bidang ekuator, benang spindel mulai terbentuk, serta membran inti dan nukleolus mulai menghilang.



- Metafase II, ditandai dengan berjajarnya setiap kromosom yang berisi dua kromatid saudara pada bidang ekuator, benang-benang spindel melekat pada kinetokor masing-masing kromatid.
- Anafase II, ditandai dengan benang spindel yang mulai menarik kromatid ke arah berlawanan sehingga kromosom memisahkan kedua kromatidnya untuk bergerak menuju kutub yang berbeda.
- Telofase II, ditandai dengan kromatid yang sekarang merupakan kromosom individual mencapai kutub pembelahan, kemudian dilingkupi oleh membran inti. Pada akhir telofase II juga terjadi sitokinesis.



Gambar 21.7. Tahapan dalam pembelahan meiosis.

Sumber gambar: Campbell, 2004

### 3. *Gametogenesis*

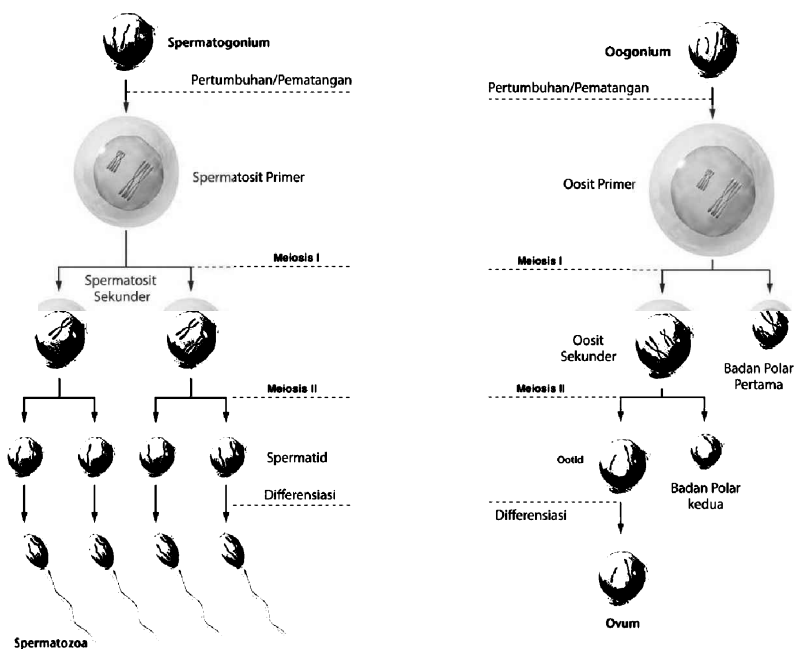
Gametogenesis adalah proses pembentukan sel gamet, baik gamet jantan maupun betina pada hewan maupun tumbuhan. Pembentukan sel gamet melibatkan pembelahan sel secara meiosis.

- **Spermatogenesis**

**Spermatogenesis** adalah proses pembentukan sel sperma yang terjadi di organ testis. Pada tubulus seminiferus testis terdapat sel-sel induk sperma atau spermatogonium yang bersifat diploid. Sel spermatogonium yang membelah secara mitosis akan menghasilkan spermatosit primer. Satu spermatosit primer kemudian mengalami meiosis I menghasilkan dua sel spermatosit sekunder haploid. Masing-masing sel spermatosit sekunder akan melakukan pembelahan meiosis II sehingga dihasilkan empat sel spermatid. Selanjutnya, sel spermatid yang terbentuk akan mengalami pematangan untuk menjadi sel sperma fungsional.

- **Oogenesis**

**Oogenesis** adalah proses pembentukan sel telur yang terjadi pada ovarium. Sel telur atau ovum berkembang dari sel induk telur atau oogonium yang bersifat diploid. Proses mitosis oogonium telah terjadi sebelum individu dilahirkan, pembelahan ini menghasilkan oosit primer. Di antara masa kelahiran hingga pubertas, oosit primer ( $2n$ ) mereplikasi DNA dan memasuki profase I. Oosit primer tidak akan melanjutkan keseluruhan tahap Meiosis I hingga diaktivasi oleh hormon FSH pada masa pubertas. Pembelahan meiosis I menghasilkan oosit sekunder yang haploid ( $n$ ) dan sel yang lebih kecil yang disebut badan polar I. Oosit sekunder yang memasuki profase II akan dilepaskan dari ovarium pada masa ovulasi. Meiosis II yang menghasilkan satu ovum matang dan badan polar II tidak akan terjadi sampai oosit sekunder dipenetrasi oleh sel sperma. Pada individu betina, oogenesis hanya menghasilkan satu ovum fungsional.



Gambar 21.8. Perbandingan antara spermatogenesis dan oogenesis.  
 Sumber gambar: Sherwood, 2010

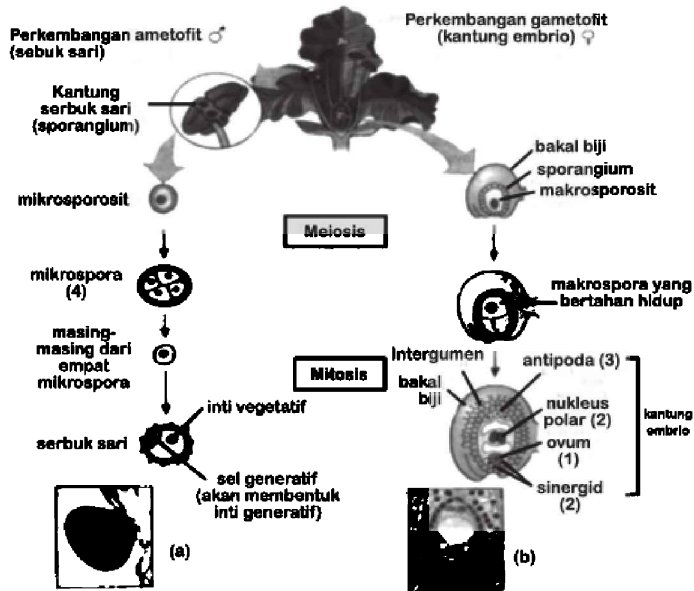
- **Mikrogametogenesis**

Pembentukan gamet jantan pada tumbuhan terjadi pada bagian stamen atau benang sari. Benang sari terdiri atas kepala sari (antera) dan tangkai sari (filamen). Setiap kepala sari umumnya memiliki empat kantung serbuk sari (sporangium) yang di dalamnya banyak ditemukan sel induk mikrospora. Mikrogametogenesis dimulai dengan **mikrosporogenesis**, yaitu pembelahan meiosis sel induk mikrospora menghasilkan empat sel mikrospora haploid yang masih berlekatan satu sama lain. Sel mikrospora haploid akan saling memisah dan mengalami **mikrogametogenesis**, yaitu proses pematangan mikrospora menjadi serbuk sari fungsional. Proses pematangan melibatkan pembelahan mitosis sel mikrospora dan terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama, terjadi pembelahan inti dan

sitoplasma sel mikrospora membentuk sel tabung (sel vegetatif) dan sel generatif. Dua sel yang berada dalam satu dinding sel ini merupakan bentuk serbuk sari matang. Tahap ke dua terjadi saat polinasi, sel tabung akan membentuk jalan tabung bagi sel generatif. Sementara sel generatif akan membelah secara mitosis menjadi dua sel generatif haploid, kedua sel ini berperan dalam proses pembuahan ganda.

- **Megagametogenesis**

Ovarium yang terdapat pada pistilum merupakan tempat terjadinya pembentukan sel telur pada tumbuhan angiospermae. Pada ovarium terdapat ovulum atau kantung embrio yang mengandung sel induk megaspora. Megagametosis diawali dengan **megasporogenesis**, yaitu pembelahan meiosis pada sel induk megaspora yang menghasilkan empat sel megaspora haploid. Tiga sel megaspora mengalami degradasi, sedangkan satu megaspora tetap hidup dan akan mengalami pembelahan lebih lanjut atau **megagametogenesis**. Pada proses ini satu sel megaspora akan mengalami tiga kali mitosis tanpa diikuti sitokinesis menghasilkan satu sel telur dengan 8 inti sel. Sel dengan 8 inti sel ini disebut juga **kandung lembaga** yang memiliki satu lubang kecil (mikropil) tempat masuknya gamet jantan. Kedelapan inti sel ini terkumpul dalam dua kelompok pada ujung yang berlawanan. Kemudian satu inti dari setiap kelompok bergerak ke tengah sel. membentuk inti kutub atau inti polar. Terdapat tiga inti dekat mikropil. Dua di antaranya disebut **sinergid** dan satu inti lain merupakan **inti telur**. Tiga inti pada tempat yang berlawanan dengan mikropil disebut **antipoda**.



Gambar 21.9. Mikrogametogenesis dan megagametogenesis.  
Sumber gambar: Campbell, 2004

## D. Pewarisan Sifat

Pewarisan sifat dari induk kepada keturunannya mengikuti aturan-aturan yang disebut **pola-pola hereditas**. Gregor Mendel (1822-1884) adalah ilmuwan yang dianggap sebagai peletak dasar prinsip-prinsip hereditas. Mendel mengemukakan beberapa hipotesis mengenai pewarisan materi genetik, di antaranya adalah Hukum Segregasi dan Hukum Perpaduan Bebas.

- ~ **Hukum Segregasi atau Hukum Mendel I** (Prinsip segregasi atau pemisahan secara bebas) menyatakan bahwa "Pada pembentukan gamet, pasangan gen atau alel akan disegregasikan ke dalam dua sel gamet".
- ~ **Hukum Perpaduan Bebas atau Hukum Mendel II** (Prinsip Berpasangan secara Bebas) menyatakan bahwa "Pada pembentukan gamet, gen-gen yang memisah dari suatu pasangan akan secara bebas berpasangan atau berkelompok dengan gen-gen lain yang

berasal dari pasangan lain”.

Beberapa istilah yang perlu diketahui untuk dapat memahami prinsip-prinsip yang berlaku dalam persilangan tertera pada tabel 21.4 di bawah ini.

Tabel 21.3 Beberapa istilah dalam persilangan

Istilah	Definisi
<b>Genotipe</b>	komposisi persilangan gen atau sifat yang tidak tampak dari luar dan dilambangkan dengan huruf, contoh MM yang mengkode sifat dominan pada warna bunga
<b>Fenotipe</b>	sifat yang tampak dari luar sebagai akibat interaksi antara faktor genotipe dengan lingkungannya, contoh warna pada bunga dan bentuk biji
<b>Dominan</b>	sifat yang muncul atau terlihat pada keturunan, dilambangkan oleh huruf kapital, contoh M mewakili sifat warna merah yang dominan terhadap sifat warna putih (m)
<b>Resesif</b>	sifat yang tertutupi oleh sifat dominan sehingga tidak tampak pada keturunan, dilambangkan oleh huruf kecil, contoh m mewakili sifat warna putih resesif terhadap sifat warna merah (M)
<b>Intermediet</b>	genotipe yang menunjukkan sifat antara, misalnya merah muda merupakan sifat antara merah dan putih
<b>Parental (P)</b>	induk yang melakukan persilangan
<b>Filial (F)</b>	keturunan hasil persilangan, angka setelah huruf F menunjukkan generasi ke-, contoh F2 adalah keturunan kedua
<b>Homozigot</b>	bentuk dari gen yang sama pada pasangan kromosom homolog, contoh gen M mempunyai alel m maka homozigot dominan disimbolkan KK dan homozigot resesif disimbolkan kk
<b>Heterozigot</b>	individu yang mempunyai pasangan gen dengan alel yang tidak sama, contoh gen M mempunyai alel m maka heterozigot disimbolkan Mm
<b>Alel</b>	bentuk alternatif suatu gen yang menempati lokus yang sama dengan pasangan kromosom homolog, contoh gen M memiliki alel m sehingga gen dan alel dapat ditulis MM, Mm atau mm

## a. Persilangan

Hibridisasi atau persilangan merupakan proses penggabungan materi genetik yang mewakili sifat tertentu pada saat terjadi penggabungan sel gamet. Hibridisasi diberi nama sesuai jumlah sifat beda yang dilibatkan dalam persilangan, yaitu **monohibrid** (satu sifat beda), **dihibrid** (dua sifat beda), **trihibrid** (tiga sifat beda), sampai dengan polihibrid (banyak sifat beda). Pada peristiwa persilangan juga dikenal istilah persilangan resiprok, persilangan *backcross*, dan persilangan *testcross*.

- ~ **Persilangan resiprok** mengandung pengertian bahwa penurunan sifat dalam setiap persilangan berlaku sama pada baik pada jenis kelamin jantan maupun betina, hal ini berarti individu jantan ataupun betina mendapatkan kesempatan sama dalam pewarisan sifat.
- ~ **Persilangan backcross** adalah perkawinan antara keturunan pertama ( $F_1$ ) dengan salah satu induknya, baik induk homozigot dominan maupun resesif, persilangan ini bertujuan untuk mengetahui genotipe induknya.
- ~ **Persilangan testcross** adalah perkawinan antara  $F_1$  dengan induk yang bersifat homozigot resesif, perkawinan ini bertujuan untuk mengetahui jenis individu yang diuji, tergolong homozigot atau heterozigot. Jika hasil persilangan ini menunjukkan bahwa 100% berfenotipe sama maka individu yang diuji adalah homozigot, sedangkan jika tidak maka individu yang diuji adalah heterozigot.

### 1. Persilangan satu sifat beda (Monohibrid)

Persilangan monohibrid adalah proses persilangan yang hanya memperhatikan satu sifat beda. Pada persilangan ini, sifat yang muncul dapat berupa dominan sempurna ataupun intermediet.

- **Dominan Sempurna** merupakan sifat yang tampak pada fenotipe keturunannya karena dapat menutupi sifat resesif. Contoh: kacang kapri berbunga merah (MM) disilangkan dengan kacang kapri berbunga putih (mm) menghasilkan kacang kapri berbunga merah. Bila keturunan pertama ( $F_1$ ) melakukan penyerbukan antar sesamanya maka perbandingan rasio genotipe dan rasio fenotipenya sebagai berikut.

Parental ( $P_1$ ) : MM (merah) x mm (putih)

Gamet : M m

Filial ( $F_1$ ) : Mm (merah)

$P_2$  ( $F_1 \times F_1$ ) : Mm (merah) x Mm (merah)

Gamet : M, m M, m

Filial ( $F_2$ ) :

Gamet	M	m
M	MM (merah)	Mm (merah)
m	Mm (merah)	mm (putih)

Rasio fenotipe  $F_2$  : merah : putih = 3 : 1

Rasio genotipe  $F_2$  : MM : Mm : mm = 1 : 2 : 1

- Intermediet merupakan sifat antara dominan dan resesif, contoh: persilangan tumbuhan berbunga merah (MM) dengan tumbuhan berbunga putih (mm) akan menghasilkan  $F_1$  berwarna merah muda (intermediet). Jika  $F_1$  disilangkan dengan sesamanya maka perbandingan genotipe dan fenotipe  $F_2$  sebagai berikut.

Parental ( $P_1$ ) : MM (merah) x mm (putih)

Gamet : M m

Filial ( $F_1$ ) : Mm (merah muda)

$P_2$  ( $F_1 \times F_1$ ) : Mm (merah muda) x Mm (merah muda)

Gamet : M, m M, m



Filial ( $F_2$ ) :

Gamet	M	m
M	MM (merah)	Mm (merah muda)
m	Mm (merah muda)	mm (putih)

## 2. Persilangan dua sifat beda (Dihybrid)

Persilangan dihibrid adalah proses persilangan yang memperhatikan dua sifat beda, contoh tanaman kacang kapri berbiji bulat kuning (BBKK) dengan kacang kapri berbiji kisut hijau (bbkk) menghasilkan  $F_1$ -nya yang seluruhnya berbiji bulat kuning. Selanjutnya,  $F_1$  disilangkan sesamanya maka diperoleh rasio fenotipe pada  $F_2$  sebagai berikut.

**Parental ( $P_1$ )** : **BBKK** x **bbkk**  
(bulat kuning) (kisut hijau)

**Gamet** : **BK** **bk**

**Filial ( $F_1$ )** : **BbKk**  
(bulat kuning)

**$P_2 (F_1 \times F_1)$**  : **BbKk** x **BbKk**  
(bulat kuning) (bulat kuning)

**Gamet** : **BK, Bk, bK, bk** **BK, Bk, bK, bk**

**Filial ( $F_2$ )** :

Gamet	BK	Bk	bK	bk
BK	BBKK	BBKk	BbKK	BbKk
Bk	BBKk	BBkk	BbKk	Bbkk
bK	BbKK	BbKk	bbKK	bbKk
Bk	BbKk	Bbkk	bbKk	bbkk

Rasio fenotipe  $F_2$  : bulat kuning : bulat hijau : kisut kuning : kisut hijau = 9 : 3 : 3 : 1

Rasio genotipe  $F_2$  : BBKK : BBKk : BBkk : BbKK : BbKk : Bbkk : bbKK : bbKk : bbkk = 1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1

- Penyimpangan Semu Hukum Mendel

Pada kasus tertentu, suatu persilangan dapat menghasilkan rasio fenotif yang berbeda dengan pola dasar dihibrid menurut hukum Mendel, yaitu 9 : 3 : 3 : 1. Perbandingan fenotipe yang tidak sesuai dengan prinsip persilangan Mendel ini disebut penyimpangan semu hukum Mendel. Walaupun tampak berbeda, sebenarnya rasio fenotif yang diperoleh merupakan modifikasi dari penjumlahan rasio fenotif hukum Mendel.

- ❖ Polimeri

Polimeri merupakan peristiwa dipengaruhi oleh satu sifat oleh banyak gen yang berdiri sendiri dan terjadi secara akumulatif. Perhatikan persilangan antara gandum berkulit merah (homozigot dominan) dengan gandum berkulit putih (homozigot resesif) akan menghasilkan  $F_1$  yang seluruhnya berkulit merah. Selanjutnya, jika  $F_1$  disilangkan dengan sesamanya maka akan dihasilkan  $F_2$  dengan rasio gandum berkulit merah : berkulit putih = 15:1 (perbandingan 15:1 merupakan modifikasi dari hukum Mendel, yaitu (9+3+3) : 1).

Parental ( $P_1$ ) :  $M_1M_1M_2M_2$  x  $m_1m_1m_2m_2$   
(merah) (putih)

Gamet :  $M_1M_2$   $m_1m_2$

Filial ( $F_1$ ) :  $M_1m_1M_2m_2$   
(merah)

$P_2$  ( $F_1$  X  $F_1$ ) :  $M_1m_1M_2m_2$  x  $M_1m_1M_2m_2$   
(merah) (merah)

Gamet :  $M_1M_2, M_1m_2, m_1M_2, m_1m_2, M_1M_2, M_1m_2, m_1M_2, m_1m_2$

Filial ( $F_2$ ) :

Gamet	$M_1M_2$	$M_1m_2$	$m_1M_2$	$m_1m_2$
$M_1M_2$	$M_1M_1M_2M_2$	$M_1M_1M_2m_2$	$M_1m_1M_2M_2$	$M_1m_1M_2m_2$
$M_1m_2$	$M_1M_1M_2m_2$	$M_1M_1m_2m_2$	$M_1m_1M_2m_2$	$M_1m_1m_2m_2$
$m_1M_2$	$M_1m_1M_2M_2$	$M_1m_1M_2m_2$	$m_1m_1M_2M_2$	$m_1m_1M_2m_2$
$m_1m_2$	$M_1m_1M_2m_2$	$M_1m_1m_2m_2$	$m_1m_1M_2m_2$	$m_1m_1m_2m_2$

Rasio fenotipe  $F_2$  : merah ( $M_1---$ ) : putih ( $m_1m_1m_2m_2$ ) = 15 : 1

## ❖ Kriptomeri

Kriptomeri merupakan suatu peristiwa dimana suatu faktor tidak tampak pengaruhnya bila berdiri sendiri, faktor tersebut akan tampak pengaruhnya ketika ada faktor lain yang menyertainya atau menjadi komplemennya. Kriptomeri terjadi pada proses pembentukan warna bunga *Linaria maroccana* yang ditentukan oleh kandungan antosianin dan keadaan pH sel. Pigmen antosianin berwarna merah jika berada dalam sitoplasma sel yang bersifat asam, berwarna ungu pada sitoplasma yang bersifat basa, dan berwarna putih ketika tidak mengandung antosianin. Jika bunga *Linaria maroccana* berbunga merah galur murni disilangkan dengan bunga putih galur murni, maka akan diperoleh F<sub>1</sub> yang semuanya berbunga ungu. Jika sesama F<sub>1</sub> disilangkan, maka akan dihasilkan fenotipe F<sub>2</sub> dengan perbandingan bunga ungu : merah : putih = 9 : 3 : 4 (perbandingan tersebut modifikasi dari hukum Mendel, yaitu 9:3 : (3+1)).

Parental (P<sub>1</sub>) : AAbb x aaBB  
(merah) (putih)

Gamet : Ab aB

Filial (F<sub>1</sub>) : AaBb  
(ungu)

$P_2 (F_1 \times F_1)$  : AaBb (ungu) x AaBb (ungu)  
 Gamet : AB, Ab, aB, ab AB, Ab, aB, ab  
 Filial ( $F_2$ ) :

Gamet	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AaBb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Rasio fenotipe  $F_2$  : ungu (A-B-) : merah(A-bb) : putih (aa--) =  
 9 : 3 : 4

### 3. Epistasis-Hipostasis

Epistasis-hipostasis merupakan suatu peristiwa dimana suatu gen dominan menutupi pengaruh gen dominan lain yang bukan alelnya. **Epistasis** adalah sebuah atau sepasang gen yang menutupi atau mengalahkan ekspresi gen lain yang tidak selokus, sedangkan **hipostasis** adalah gen yang tertutupi oleh sebuah atau sepasang gen lain yang tidakselokus (bukan alel). Peristiwa epistasis-hipostasis pada tumbuhan terjadi pada warna sekam gandum, terdapat tiga warna sekam gandum, yaitu hitam, kuning, dan putih. Sifat pigmen hitam dominan terhadap warna kuning. Persilangan gandum biji hitam dominan homozigot dengan gandum biji kuning dominan homozigot akan menghasilkan seluruh  $F_1$  berupa gandum berkulit hitam. Jika sesama  $F_1$  disilangkan, maka akan dihasilkan fenotipe  $F_2$  dengan perbandingan gandum biji hitam : biji kuning : biji putih = 12 : 3 : 1 (perbandingan tersebut modifikasi dari hukum Mendel, yaitu (9+3) : 3 : 1).

Parental ( $P_1$ ) : HHkk (hitam) x hhKK (putih)  
 Gamet : Hk hK  
 Filial ( $F_1$ ) : HhKk (hitam)  
 $P_2$  ( $F_1 \times F_1$ ) : HhKk (hitam) x HhKk (hitam)  
 Gamet : HK, Hk, hK, hk HK, Hk, hK, hk  
 Filial ( $F_2$ ) :

Gamet	HK	Hk	hK	hk
HK	HHKK	HHKk	HhKK	HhKk
Hk	HHKk	HHkk	HhKk	Hhkk
hK	HhKK	HhKk	hhKK	hhKk
hk	HhKk	Hhkk	hhKk	hhkk

Rasio fenotipe  $F_2$  : hitam (H---) : kuning(hhK-) : putih (hhkk) = 12 : 3 : 1

#### 4. Komplementer

Komplementer merupakan bentuk kerjasama dua gen dominan yang saling melengkapi untuk memunculkan suatu karakter. Jika salah satu gen tidak ada, pemunculan fenotipe tersebut menjadi terhalang atau tidak sempurna. Contoh peristiwa ini adalah pada pembentukan warna bunga *Athyris odoratus*, warna ungu pada bunga akan tampak pada fenotipe jika gen penghasil pigmen (C) dan penghasil enzim pengaktif pigmen (P) muncul. Jika salah satu atau kedua gen tidak muncul, warna bunga menjadi putih seperti terlihat pada bagan berikut.

Parental ( $P_1$ ) : CCpp (putih) x ccPP (putih)  
 Gamet : Cp cP

Filial ( $F_1$ ) : CcPp (ungu)  
 $P_2$  ( $F_1 \times F_1$ ) : CcPp (ungu) x CcPp (ungu)  
 Gamet : CP, Cp, cP, cp CP, Cp, cP, cp  
 Filial ( $F_2$ ) :

Gamet	CP	Cp	cP	cp
CP	CCPP	CCPp	CcPP	CcPp
Cp	CCPp	CCpp	CcPp	Ccpp
cP	CcPP	CcPp	ccPP	ccPp
cp	CcPp	Ccpp	ccPp	ccpp

Rasio fenotipe  $F_2$  : ungu (A-B-) :putih (C-pp, ccP-, ccpp) = 9 : 7

#### 5. *Interaksi Gen*

Interaksi gen menunjukkan peristiwa dimana suatu sifat tidak ditentukan oleh satu gen tunggal pada autosom, tetapi alel-alel dari gen yang berbeda dapat berinteraksi atau saling memengaruhi dalam memunculkan sifat fenotipe. Peristiwa ini ditemukan bentuk pial ayam, pada ayam dijumpai empat macam bentuk pial (jengger), antara lain: **jengger berbentuk biji (pea)** dengan genotipe rrP-; **jengger dengan bilah (single)** dengan genotipe rrpp; **jengger berbentuk gerigi (ros)** dengan genotipe R-pp; dan **jengger berbentuk sumpel (walnut)** dengan genotipe R-P-. Sifat pial bilah adalah resesif, baik terhadap pial gerigi (ros) maupun terhadap pial biji (pea). Persilangan ayam berpial gerigi (ros) dengan ayam berpial pea (biji) menghasilkan fenotipe baru pada keturunan  $F_1$ -nya, yaitu seluruhnya berpial walnut (sumpel). Pial walnut muncul karena interaksi dua pasang alel (gen) yang dominan. Sementara pial bilah terbentuk karena adanya interaksi dua pasang alel (gen) yang resesif.

Parental ( $P_1$ ) : RRpp (ros) x rrPP (biji)  
 Gamet : Rp rP  
 Filial ( $F_1$ ) : RrPp (100% walnut)  
 $P_2$  ( $F_1 \times F_1$ ) : RrPp (walnut) x RrPp (walnut)  
 Gamet : RP, Rp, rP, rp x RP, Rp, rP, rp  
 Filial ( $F_2$ ) :

Gamet	RP	Rp	rP	rp
RP	RRPP	RRPp	RrPP	RrPp
Rp	RRPp	RRpp	RrPp	Rrpp
rP	RrPP	RrPp	rrPP	rrPp
rp	RrPp	Rrpp	rrPp	rrpp

Rasio fenotipe  $F_2$  : walnut (R-P-) : ros (R-pp) : biji (rrP-) : bilah (rrpp)  
 = 9 : 3 : 3 : 1

## E. PAUTAN GENETIK [GENETIC LINKAGE]

Alel-alel pada dua atau lebih lokus dalam satu berkas kromosom yang sama (kromatid) memiliki kecenderungan untuk bersegregasi bersama-sama yang, inilah yang disebut dengan pautan genetik.

## F. PINDAH SILANG [CROSSING OVER]

Pada saat meiosis berlangsung, kromatid yang berdekatan dengan kromosom homolog tidak selalu sejajar berpasangan dan beraturan, tetapi juga dapat saling berpilin satu sama lain. Keadaan ini memungkinkan terjadinya pertukaran satu atau lebih gen pada kromosom yang saling berhomolog tersebut. Pertukaran substansi genetik pada saat pembelahan meiosis tersebut dikenal dengan istilah **pindah silang** atau **crossing over**. Peristiwa pindah silang berperan dalam menghasilkan variasi individu sehingga keturunan yang dihasilkan tidak hanya terdiri

dari kombinasi parental, tetapi juga terdapat rekombinan atau kombinasi baru yang menghasilkan karakter berbeda dari kombinasi parental. Prosentase terbentuknya kombinasi baru saat terjadi pindah silang disebut **Nilai Pindah Silang (NPS)** yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{NPS} = \frac{\text{KB}}{\text{KB} + \text{KP}} \times 100 \%$$

Keterangan :

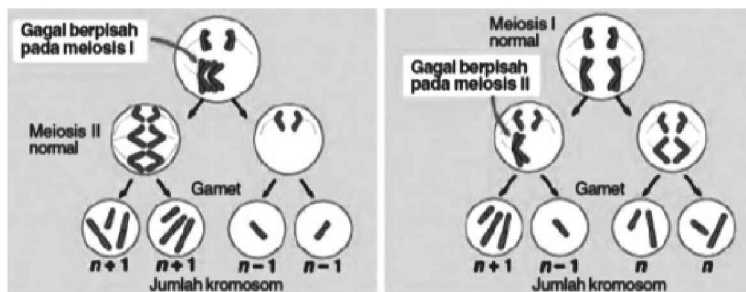
NPS = nilai pindah silang

KP = kombinasi parental (KP) yang merupakan hasil peristiwa pautan

KB = kombinasi baru atau rekombinan (RK) yang merupakan hasil peristiwa pindah silang

## G. GAGAL BERPISAH

Pada tahap anafase dari pembelahan sel, terjadi pemisahan kromosom atau kromatid sehingga materi genetik akan terbagi secara seragam pada sel anakan. Namun, proses pemisahan tersebut dapat berlangsung dengan tidak semestinya sehingga kromosom mengalami peristiwa yang disebut **gagal berpisah**. Gagal berpisahnya suatu kromosom dapat menyebabkan jumlah kromosom menjadi berubah sehingga gamet atau individu yang dihasilkan memiliki kelainan jumlah kromosom.



Gambar 21.10. Peristiwa gagal berpisah pada saat meiosis.

Sumber gambar : Campbell, 2004



## H. PAUTAN SEKS ATAU TAUTAN SEKS

Suatu gen dapat terpaut pada kromosom seks jantan (Y) atau betina (X) disebut **pautan seks** atau **tautan seks**. Gen atau sifat ini bergantung pada kromosom seks sehingga menimbulkan sifat individu yang khas dan hanya dimiliki oleh betina saja atau jantan saja. Pautan seks menunjukkan adanya pewarisan sifat oleh gen yang terdapat pada kromosom seks, contoh warna mata yang terpaut kromosom X pada lalat buah (*Drosophila melanogaster*) dan hemofilia yang terpaut kromosom X pada manusia.

## I. GEN LETAL

**Gen letal** adalah gen yang ketika diekspresikan akan menyebabkan kematian pada suatu individu, kematian pada individu tersebut dapat terjadi pada awal masa kehidupan, perkembangan embrio, setelah kelahiran, atau menjelang dewasa. Gen letal dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- ~ **Gen letal dominan** adalah gen letal yang dapat menyebabkan kematian apabila suatu individu memiliki gen dalam bentuk homozigot dominan.
- ~ **Gen letal resesif** adalah gen letal yang dapat menyebabkan kematian apabila suatu individu memiliki gen dalam bentuk homozigot resesif.

## J. PEWARISAN SIFAT PADA MANUSIA

Pewarisan sifat pada manusia juga mengikuti pola-pola hereditas yang telah dijelaskan sebelumnya. Selain karakteristik fisik yang tampak, cacat atau kelainan tertentu dan golongan darah juga diwariskan kepada keturunan.

### a. Pewarisan Golongan Darah pada Manusia

Telah banyak ditemukan sistem penggolongan darah manusia. Namun, penggolongan darah manusia yang umum digunakan sampai saat ini adalah penggolongan darah sistem ABO. Penggolongan darah pada sistem ini dilakukan berdasarkan ada tidaknya antigen (*aglutinogen*)





- **Hemofilia** merupakan kelainan genetik yang terkait kromosom X. Kelainan genetik ini disebabkan oleh kekurangan faktor pembekuan darah. Gen pembeku darah terdapat pada kromosom X nonhomolog dan bersifat dominan dengan simbol H (mampu memproduksi pembeku darah), gen resesifnya dengan simbol h (tidak mampu memproduksi faktor pembeku darah). Pada bagan di bawah ini dapat dilihat kemungkinan keturunan dengan hemofili pada pernikahan antara pria normal dengan wanita normal pembawa atau *carrier*.

	Normal	Hemofilia
Perempuan	$X^H X^H$ atau $X^H X^h$ (carrier)	$X^h X^h$
Laki-laki	$X^H Y$	$X^h y$

**Parental ( $P_1$ )** :  $X^H X^h$ ♀ x  $XY$ ♂  
(normal carrier) (normal)

**Gamet** :  $X^h, X$  X, Y

**Filial ( $F_1$ )** :  $X^H X$  (25% wanita normal *carrier*),  $X^h Y$  (25% pria hemofilia),  $XX$  (25% wanita normal),  $XY$  (25% pria normal)

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Berikut ini adalah Pernyataan yang tepat mengenai gen, *kecuali* ....
  - A. setiap gen menempati lokus spesifik pada kromosom
  - B. merupakan bagian dari DNA
  - C. mengandung informasi genetik
  - D. kerja gen tidak ditentukan oleh basa nitrogen penyusunnya
  - E. dapat menduplikasi diri

**Jawaban: D**

Gen merupakan segmen DNA yang mengkode sifat tertentu (dalam bentuk protein). Oleh karena itu, gen merupakan substansi dasar

hereditas yang mengandung informasi genetik, tersusun dari asam nukleat (nukleo protein) dan menempati suatu lokus pada kromosom, dapat menduplikasi diri saat terjadi pembelahan sel, mempunyai tugas khusus sesuai fungsinya, dan kerja gen ditentukan oleh kombinasi basa nitrogen penyusunnya.

2. Sintesis protein terdiri dari dua tahap, yaitu transkripsi dan translasi. Berikut ini merupakan pernyataan yang benar terkait transkripsi, *kecuali ....*
- A. terjadi di dalam inti sel
  - B. menghasilkan RNA duta
  - C. memerlukan ribosom dalam prosesnya
  - D. membutuhkan untai DNA sebagai cetakan
  - E. membutuhkan RNA polimerase

**Jawaban: C**

Transkripsi tidak membutuhkan ribosom, ribosom diperlukan untuk proses translasi.

3. Perhatikan urutan basa pada untai DNA berikut ini!

5`-GATCGAAT-3`

Jika segmen DNA tersebut mengalami transkripsi, maka akan dihasilkan segmen RNAd dengan urutan basa ....

- A. 5`-GAUCGAAU-3`
- B. 5`-CTAGCTTA-3`
- C. 5`-CTAGCTTA-3`
- D. 3`-CUAGCUUA-5`
- E. 3`-GATCGAAT-5`

**Jawaban: A**

5`-GATCGAAT-3` segmen DNA antisense

5`-GAUCGAAU-3` segmen RNAd hasil transkripsi (basa Timin diganti oleh basa Urasil).

4. Berikut ini yang bukan merupakan sifat sel anak yang dihasilkan dari pembelahan mitosis ....
- 1) sifat identik dengan sel induk
  - 2) sifat berbeda dengan sel induk

- 3) bersifat diploid
- 4) bersifat haploid

**Jawaban: B**

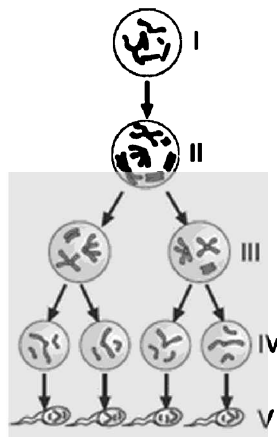
Pembelahan suatu sel dengan cara mitosis akan menghasilkan dua sel anakan yang identik dengan sel induk dengan jumlah kromosom diploid.

5. Peristiwa pindah silang (*crossing over*) pada pembelahan meiosis terjadi pada tahap .....
- |               |               |
|---------------|---------------|
| A. profase I  | D. telofase I |
| B. metafase I | E. profase II |
| C. anafase I  |               |

**Jawaban: A**

Pada subfase diploten dari profase I, kromatid pada kromosom homolog saling berkaitan atau berpasangan pada suatu titik yang disebut kiasma (jamak: kiasmata). Struktur kiasma ini memungkinkan terjadinya pindah silang (*crossing over*), yaitu pertukaran materi genetik (DNA) dari homolog satu ke homolog lainnya sehingga terbentuk variasi genetik pada sel anakan.

6. Perhatikan gambar berikut ini!



(Sumber gambar: <http://www.proprofs.com/quiz-school/story.php?title=remedi-bio-xii-uh-3b>)

Pembelahan mitosis dan meiosis II ditunjukkan oleh pembelahan ....

- A. I ke II dan II ke III
- B. I ke II dan III ke IV
- C. I ke II dan IV ke V
- D. II ke III dan III ke IV
- E. II ke III dan IV ke V

**Jawaban: B**

Untuk dapat membentuk sel sperma, sel spermatogonium perlu membelah secara mitosis dan menghasilkan spermatosit primer. Setelah spermatosit primer kemudian mengalami meiosis I menghasilkan dua sel spermatosit sekunder haploid. Masing-masing sel spermatosit sekunder hasil akan melakukan pembelahan meiosis II sehingga dihasilkan empat sel spermatid. Sel spermatid yang terbentuk mengalami pematangan untuk menjadi sel sperma yang fungsional.

7. Rambut keriting dominan terhadap lurus. Jika dari suatu perkawinan dihasilkan fenotipe  $F_1$  dengan perbandingan rambut keriting dan lurus 1 : 1, maka genotipe parentalnya adalah ....
- A. Hh dan Hh
  - B. Hh dan hh
  - C. HH dan Hh
  - D. hh dan hh
  - E. HH dan hh

**Jawaban: B**

Persilangan *backcross* adalah perkawinan antara keturunan pertama ( $F_1$ ) dengan salah satu induknya, baik induk homozigot dominan maupun resesif, persilangan ini bertujuan untuk mengetahui genotipe induknya.

Parental ( $P_1$ ) :	Hh	x	hh
	(keriting)		(lurus)
Gamet :	H,h		h
Filial ( $F_1$ ) :	Hh (keriting) : hh (lurus) = 1:1		

- Jawaban: D**

9. Kemungkinan pernikahan seorang pria buta warna dengan wanita normal akan menghasilkan anak laki-laki buta warna adalah...

A. 0 %  
B. 25%  
C. 50%  
D. 75%  
E. 100%

**Jawaban: A**

Filial ( $F_1$ ) : 50%XXcb (wanita pembawa sifat/*carrier*): 50% XY  
(pria normal)



10. Diketahui bahwa MMkk adalah genotip untuk bunga warna merah, dan mmKK adalah bunga warna kuning. Pada persilangan antara kedua genotip tersebut,  $F_1$  semuanya memiliki bunga berwarna merah, sedangkan pada  $F_2$  perbandingan fenotip antara merah: kuning : putih 12 : 3 : 1. Berdasarkan keterangan di atas, maka pernyataan yang benar mengenai peristiwa tersebut adalah ....
- 1) faktor M adalah dominan, dan bersifat epistasis
  - 2) faktor K adalah dominan, dan bersifat hipostasis
  - 3) faktor M bersifat dominan terhadap alel pasangannya
  - 4) Faktor M dan K keduanya dominan, dan tidak saling menutupi

**Jawaban: A**

Perbandingan hasil persilangan  $F_2$  pada peristiwa epistasis-hipostasis adalah 12:3:1, dimana:

- ✓ Epistasis : Gen dominan yang menutupi gen dominan yang lain
- ✓ Hipostasis : gen dominan yang ditutupi gen dominan lain

# LATIHAN SOAL 21

1. Replikasi DNA terjadi pada tahap ....
  - A. interfase
  - B. profase
  - C. metafase
  - D. anafase
  - E. telofase
2. Pernyataan yang tepat mengenai materi genetik adalah ....
  - A. DNA terdapat di dalam gen yang terletak di dalam suatu lokus kromosom
  - B. gen adalah fragmen DNA yang mengkode protein tertentu
  - C. RNA yang dikemas dengan rapi oleh protein histon disebut nukleosom
  - D. seluruh bagian untai DNA merupakan urutan basa nitrogen yang mengkode protein
  - E. kromosom merupakan bagian dari gen yang mengkode sifat tertentu
3. Pada sel tubuh dan sel kelamin terdapat autosom dan gonosom. Pada ovum manusia terdapat...
  - A. 22 autosom + X
  - B. 22 autosom + Y
  - C. 22 autosom + XX
  - D. 22 autosom + YY
  - E. 44 autosom + Y
4. Berdasarkan penurunan sifat golongan darah system ABO, seorang laki-laki yang dituduh sebagai ayah dari seorang bayi bergolongan darah O yang lahir dari seorang wanita ber-golongan darah A, dapat menolak tuduhan tersebut kalau ia bergolongan darah ....

- 1) O
- 2) B
- 3) A
- 4) AB

5. Dari tabel berikut, pernyataan yang benar tentang perbedaan DNA dan RNA adalah ....

	Ciri-ciri	DNA	RNA
A.	bentuk	rantai tunggal	rantai ganda
B.	fungsi	sintesis protein	pewarisan sifat
C.	letak	ribosom	nukleus
D.	basa nitrogen	A,G,U,S	A,G,T,S
E.	gula	deoksiribosa	ribosa

6. Berikut ini tahap-tahap sintesis protein.

1. DNA membentuk RNA duta di dalam inti sel
2. asam-asam amino diangkut oleh tRNA dari sitoplasma
3. RNA duta keluar dari inti sel
4. terbentuk polipeptida
5. asam-asam amino terangkai di dalam ribosom

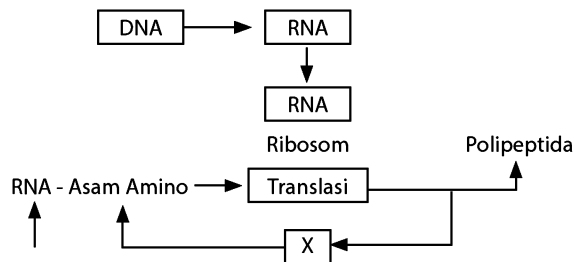
Urutan tahapan sintesis protein adalah ....

- A. 1-2-3-4-5
- B. 1-3-2-4-5
- C. 1-3-2-5-4
- D. 2-3-1-4-5
- E. 2-4-5-1-3

7. Pada tanaman mangga, rasa manis (M) dominan terhadap asam (m) dan pohon tinggi (T) dominan terhadap rendah (t). Jika tanaman galur murni rasa manis pohon rendah dikawinkan dengan galur murni rasa asam pohon tinggi dan turunannya (F<sub>1</sub>) dikawinkan dengan sesamanya, persentase tanaman mangga rasa manis pohon rendah F<sub>2</sub> adalah ....

- A. 6,25%
- B. 12,5%
- C. 18,75%
- D. 25%
- E. 56,25%

8. Seorang perempuan normal yang ayahnya buta warna menikah dengan laki-laki normal. Kemungkinan anak-anak perempuannya adalah ....
- seluruhnya buta warna
  - 50% buta warna, 50% normal
  - 50% buta warna, 50% *carrier*
  - 50% normal, 50% *carrier*
  - seluruhnya *carrier*
9. Perhatikan diagram langkah sintesis protein berikut ini!

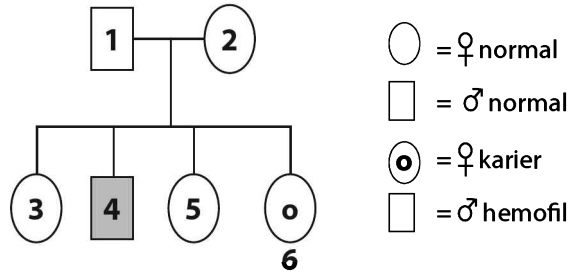


Sumber gambar: naskah soal UN Biologi SMA tahun 2012

Bagian X pada diagram di atas menunjukkan ....

- DNA
  - tRNA
  - mRNA
  - rRNA
  - Rantai sense
10. Individu bergenotip AaBb, gen A dan B pautan telah terjadi pindah silang antara gen B dengan b maka kemungkinan gamet yang dihasilkan adalah ....
- AB dan ab
  - AB, ab, Ab, dan aB
  - ab dan aB
  - AB, Ab dan ab
  - Ab dan aB

11. Perhatikan peta silsilah keturunan hemofili berikut!



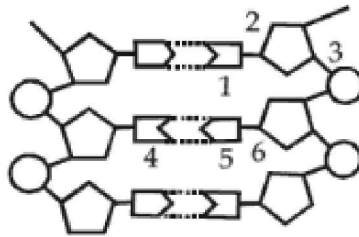
Sumber gambar: naskah soal UN Biologi SMA tahun 2012

Dari peta silsilah di atas, 1 dan 2 berfenotip ....

- A. normal dan hermofili  
 B. normal dan carrier  
 C. keduanya carrier  
 D. hermofili dan carrier  
 E. keduanya hermofili
12. Pada tanaman ercis sifat bulat dominan terhadap kisut dan kuning dominan terhadap hijau. Bila tanaman berbiji bulat kuning (BbKK) disilangkan dengan bulat hijau (Bbkk) akan dihasilkan ercis dengan ratio keturunan ....
- A. bulat kuning : kisut hijau = 15 : 1  
 B. kisut kuning : bulat hijau = 1 : 3  
 C. bulat kuning : kisut kuning = 3 : 1  
 D. kisut kuning : bulat hijau = 3 : 1  
 E. kisut kuning : bulat kuning = 1 : 1
13. Warna bulu hitam pada kucing dikendalikan oleh gen H yang dominan terhadap gen bulu putih (h). Perkawinan dua ekor kucing menghasilkan keturunan dengan ratio fenotip hitam : putih = 1 : 1. Genotip kedua induk masing-masing adalah ....
- A. HH dan HH  
 B. HH dan hh  
 C. Hh dan Hh  
 D. Hh dan hh  
 E. hh dan hh

14. Seorang siswa mengamati sel ujung akar bawang merah yang sedang aktif membelah. Siswa menemukan sebuah sel yang kromosomnya menebal, membran intinya tidak tampak, memiliki dua sentriol yang tampak menuju ke kutub yang berbeda. Keadaan ini menunjukkan bahwa sel sedang proses pembelahan pada fase ....
- A. interfase
  - B. anafase
  - C. telofase
  - D. metafase
  - E. profase
15. Sebuah sel yang terdapat di testis memiliki jumlah kromosom setengah dari jumlah kromosom (n) sel induknya dan masing-masing kromosom terdiri dari 4 lengan. Sel tersebut adalah....
- A. spermatogonium
  - B. spematosit primer
  - C. spermatosit sekunder
  - D. spermatid
  - E. spermatozoa
16. Peristiwa epistasis-hipostasis dominan gen hitam (H) espitasis, gen kuning(k) hipostasis jika disilangkan tanaman HhKk (biji hitam) dengan tanaman hhKk (biji kuning) maka akan dihasilkan ....
- A. hitam : kuning = 3 : 1
  - B. hitam : kuning = 1 : 1
  - C. hitam kuning putih = 2 : 1 : 1
  - D. hitam kuning putih = 4 : 3 : 1
  - E. hitam kuning putih = 3 : 1 : 1
17. Seorang wanita bergolongan darah rhesus positif heterozigot menikah dengan laki-laki rhesus negatif maka ....
- A. anak pertama akan mengalami erithroblastosis fetalis
  - B. anak kedua, 100% mengalami erithroblastosis fetalis
  - C. anak pertamanya 50% rhesus negatif
  - D. anak kedua mengalami sickle cell anemia
  - E. anak pertama mengalami sickle cell anemia

18. Marco berbadan tinggi kulit normal ( $TtAa$ ) menikah dengan Indah yang mempunyai genotip sama. Kemungkinan keluarga tersebut memperoleh keturunan badan pendek dan albino adalah ....
- A. 50%                                      D. 6,25%
- B. 25%                                        E. 0%
- C. 12,5%
19. Perhatikan gambar model DNA berikut ini!



Sumber gambar: naskah soal UN Biologi SMA tahun 2009

Nukleotida dibentuk oleh bagian nomor ....

- A. 1, 2, dan 3  
B. 1, 4, dan 5  
C. 2, 3, dan 6  
D. 3, 4, dan 5  
E. 4, 5, dan 6
20. Tahapan-tahapan sintesis protein :
1. RNAd meninggalkan DNA menuju sitoplasma.
  2. DNA melakukan transkripsi membentuk RNAd.
  3. asam amino berderet saling berikatan.
  4. terbentuk polipeptida.
  5. RNAt membawa asam amino yang sesuai kodon.

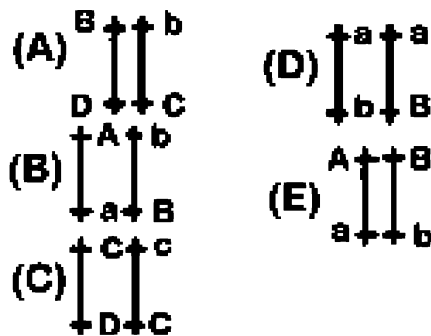
Urutan pada fase translasi adalah ....

- A. 1-2-4  
B. 1-3-4  
C. 2-1-4  
D. 3-4-5  
E. 5-3-4

21. Perbandingan antara mitosis dan meiosis yang tepat adalah ....

	<b>Mitosis</b>	<b>Meiosis</b>
A.	dihasilkan 4 sel anak	dihasilkan 2 sel anak
B.	terjadi pada gametik	terjadi pada somatik
C.	kromosom sel anak identik dengan induk	kromosom sel anak setengah dari kromosom induk
D.	1x interfase	2x interfase
E.	bertujuan untuk reduksi kromosom	bertujuan untuk regenerasi

22. Pasangan gen pada kromosom homolog yang menempati lokus yang bersesuaian dan mempengaruhi sifat yang sama pada organisme disebut alel. Manakah di antara diagram di bawah ini yang menunjukkan pasangan alel pada individu?



23. Berapa macam genotip F1 yang terbentuk dari persilangan induk yang bergenotip AAbbCCDD dengan aabbccdd?

- |      |       |
|------|-------|
| A. 1 | D. 8  |
| B. 2 | E. 16 |
| C. 3 |       |



24. Pada lalat buah *Drosophila melanogaster*:

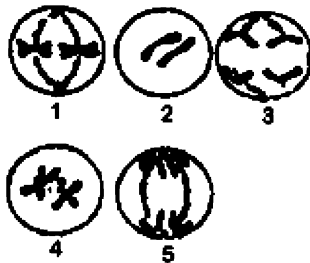
Warna bulu kelabu (K) dominan terhadap warna bulu hitam (k). Sayap panjang (P) dominan terhadap sayap pendek (p). Persilangan antara lalat kelabu panjang (KkPp) dengan hitam pendek menghasilkan keturunan sebagai berikut:

- kelabu panjang = 412 ekor
- kelabu pendek = 76 ekor
- hitam panjang = 84 ekor
- hitam pendek = 428 ekor

Dipastikan bahwa penyebabnya karena adanya peristiwa pindah silang dengan nilai pindah silang (NPS atau FR) sebesar ....

- |         |         |
|---------|---------|
| A. 10%  | D. 32 % |
| B. 16%  | E. 42 % |
| C. 28 % |         |

25. Perhatikan gambar berikut ini!



Sumber gambar: naskah soal UN Biologi SMA tahun 2008

Gambar sel-sel dalam proses mitosis, urutan pembelahan sel yang tepat ....

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| A. 1 – 3 – 4 – 5 – 2 | D. 4 – 2 – 1 – 3 – 5 |
| B. 2 – 1 – 3 – 4 – 5 | E. 4 – 5 – 1 – 3 – 2 |
| C. 2 – 4 – 1 – 3 – 5 |                      |

26. Badan polar terbentuk melalui pembelahan meiosis ketika oogenesis.

**SEBAB**

Badan polar memiliki jumlah kromosom yang sama dengan bakal sel telur.

27. Kemungkinan untuk memperoleh keturunan dengan genotip aabbcc dari perkawinan ♂ AaBbCc X ♀ AaBbCc adalah ....
- |        |         |
|--------|---------|
| A. 1/2 | D. 1/16 |
| B. 1/4 | E. 1/64 |
| C. 3/4 |         |

28. Pindah silang (*crossing over*) terjadi pada sel yang mengalami mitosis dan meiosis.

**SEBAB**

Pindah silang selalu terjadi pada kromosom homolog pada setiap pembelahan sel.

29. Hemofilia adalah kelainan genetik yang disebabkan oleh gen resesif yang terpaut kromosom X. Seorang anak laki-laki hemofilia dapat dapat lahir dari perkawinan ....
- 1) ayah normal, ibu normal heterozigot
  - 2) ayah normal, ibu hemofilia *carrier*
  - 3) ayah normal, ibu normal *carrier*
  - 4) ayah hemofilia, ibu normal homozigot

30. Apabila gen C dan D berpautan, genotipe CcDd hanya akan menghasilkan dua macam gamet.

**SEBAB**

Gen yang berpautan akan disegregasikan bersama-sama.





# MUTASI DAN EVOLUSI

# 22

## A. MUTASI

Mutasi adalah suatu perubahan yang terjadi pada substansi genetik, baik pada tingkat gen atau maupun pada tingkat kromosom. Peristiwa terjadinya mutasi disebut mutagenesis, individu yang mengalami mutasi disebut **mutan**, dan faktor-faktor yang menyebabkan mutasi disebut **mutagen**. Mutasi dapat terjadi secara alami maupun buatan atau disengaja. Mutasi dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain:

- ~ Faktor internal, seperti kesalahan dalam proses replikasi, pembelahan sel, atau disebabkan adanya unsur dalam substansi genetik yang berubah secara acak.
- ~ Faktor eksternal yang berasal dari lingkungan berupa:
  - ✓ **Bahan fisik**, seperti sinar radioaktif seperti sinar-X, sinar ultraviolet, dan sinar infra merah.
  - ✓ **Bahan kimia**, seperti pestisida, formaldehid, etil metan sulfonat, etiletan sulfonat, dan hidroksilamin.
  - ✓ **Bahan biologis**, seperti virus dan mikroorganisme tertentu.

### a. Mutasi Titik (Point Mutation)

Mutasi titik merupakan mutasi yang terjadi karena adanya perubahan pada satu pasang basa DNA. Jika perubahan terjadi pada segmen DNA

yang mengkode protein tertentu maka mutasi titik tersebut disebut juga dengan mutasi gen. perubahan basa nitrogen pada rantai DNA tidak selalu mempengaruhi hasil sintesis protein atau ekspresi fenotipe, mutasi semacam ini disebut **mutasi bisu** (*silent mutation*). Ada dua mekanisme mutasi titik, yaitu:

- **Mekanisme substitusi pasangan basa** merupakan mekanisme yang melibatkan pergantian pasangan basa nitrogen pada suatu rantai *polinukleotida*. Pergantian basa nitrogen yang tidak sejenis disebut **transversi**, sedangkan pergantian basa nitrogen yang sejenis disebut transisi.
- **Mekanisme penyisipan atau pengurangan pasangan basa** merupakan mekanisme yang melibatkan adanya penambahan pasangan basa (insersi) atau pengurangan pasangan basa (delesi).

## b. Mutasi Kromosom

Mutasi dapat terjadi pada tingkat kromosom atau dikenal dengan aberasi kromosom. Mutasi pada kromosom ini biasanya diakibatkan oleh kesalahan pada waktu meiosis melalui peristiwa pautan, pindah silang, atau gagal berpisah. Mutasi kromosom dapat dibedakan menjadi dua, yaitu mutasi yang diakibatkan oleh perubahan struktur kromosom dan perubahan jumlah kromosom.

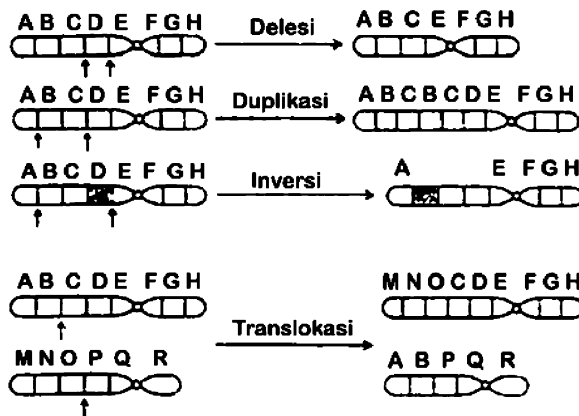
### 1. Perubahan struktur kromosom

Mutasi ini disebabkan terjadinya perubahan struktur kromosom akibat delesi, inversi, duplikasi, translokasi kromosom, dan katenasi.

- **Delesi kromosom** merupakan peristiwa pengurangan suatu kromosom akibat pindahnya sebagian kromosom menuju kromosom lain karena adanya patahan kromosom.
- **Inversi kromosom** menyebabkan perubahan letak segmen kromosom sehingga kromosom mutan mempunyai ruas dengan urutan gen yang merupakan kebalikan dari urutan gen pada kromosom normal.
- **Duplikasi kromosom** menyebabkan terjadinya penambahan segmen kromosom pada struktur kromosom yang ada sehingga

muatan kromosom menjadi lebih panjang karena terdapat pengulangan segmen hasil duplikasi.

- **Translokasi kromosom** adalah mutasi yang terjadi akibat perpindahan segmen kromosom ke tempat berbeda dalam satu kromosom atau antar kromosom berbeda.
- **Katenasi** terjadi ketika ujung-ujung dua kromosom non homolog saling bertemu membentuk lingkaran.



Gambar 22.1. Macam mutasi struktur kromosom.

Sumber gambar: <http://drzpost.com/reading-175-Pengertian-dan-Penyebab-Mutasi.html>

## 2. Perubahan jumlah kromosom

Terdapat dua jenis perubahan jumlah kromosom, yaitu aneuploidi dan euploidi.

- **Aneuploidi** merujuk kepada organisme yang mengalami penambahan atau pengurangan satu atau lebih kromosom pada genomnya. Kegagalan dan ketidakseimbangan segregasi kromosom dalam proses meiosis adalah faktor utama penyebab mutasi ini. Kelainan yang muncul akibat mutasi ini, diantaranya Sindrom Down (trisomi kromosom 21), Sindrom Edward (trisomi kromosom 18), Sindrom Patau (trisomi kromosom 13), Sindrom tripel X (47, XXX), Sindrom Klinefelter (47, XXY), Sindrom Turner (45, XO; monosomi pada kromosom seks). Bentuk-bentuk

aneuploidi dan kelainan yang disebabkan oleh aneuploidi dapat dilihat pada tabel 21.9.

**Tabel 21.9 Bentuk-Bentuk Aneuploidi**

Bentuk	Rumus	Definisi
Monosomi	$2n-1$	Organisme yang mengalami kekurangan satu kromosom
Trisomi	$2n+1$	Organisme yang mengalami kelebihan satu kromosom
Tetrasomi	$2n+2$	Organisme yang mengalami kelebihan dua kromosom
Nulisomi	$2n-2$	Organisme yang mengalami kekurangan dua kromosom

- **Euploidi** merupakan mutasi yang melibatkan pengurangan atau penambahan jumlah kromosom pada tingkatploidi atau genom sehingga jumlah kromosom merupakan kelipatan jumlah kromosom pada satu genom. Bentuk-bentuk euploidi dapat dilihat pada tabel 21.10 berikut ini.

**Tabel 21.10. Bentuk-Bentuk Euploidi**

Bentuk	Rumus	Keterangan
Monoploidi	$n$	Organisme yang kehilangan satu set kromosom (genom) dalam sel somatiknya
Triploidi	$3n$	Organisme yang memiliki tiga set kromosom (genom) dalam sel somatiknya
Tetraploidi	$4n$	Organisme yang memiliki empat set kromosom (genom) dalam sel somatiknya
Poliploidi	$xn$	Organisme yang memiliki banyak set kromosom (genom) dalam sel somatiknya. Poliploidi dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autopoliploidi adalah poliploidi yang terjadi pada kromosom homolog</li> <li>• Alopolibloidi adalah poliploidi yang terjadi pada kromosom non homolog</li> </ul>

## B. EVOLUSI

Makhluk hidup memiliki struktur morfologi yang beranekaragam. Ada beberapa yang memiliki persamaan, namun banyak pula yang berlainan sama sekali. Perbedaan tersebut dapat dipelajari dengan melihat pola hubungan kekerabatan. Pola hubungan kekerabatan dapat menunjukkan tingkatan makhluk hidup yang memiliki struktur sederhana hingga yang kompleks. Pola hubungan kekerabatan makhluk hidup selanjutnya akan dibahas dalam proses evolusi.

Secara bahasa evolusi berasal dari kata *to evolve* (Bahasa Inggris) yang berarti berubah secara perlahan, sedangkan dalam Bahasa Latin disebut *evolut* yang berarti menggulir. Teori evolusi dapat mengajarkan kita dalam memahami beberapa hal, di antaranya ialah mengetahui proses kepunahan; kemampuan proses bertahan hidup; dan terjadinya perubahan secara kontinu dalam waktu yang lama.

### a. Teori awal kehidupan

#### 1. *Abiogenesis klasik*

Abiogenesis klasik umumnya dikenal dengan istilah teori *generation spontanea*. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya pendapat bahwa makhluk hidup berasal dari benda mati. Contohnya adalah tikus yang berasal dari tumpukan jerami. Terdapat beberapa ilmuwan yang menguatkan teori *generation spontanea*, antara lain:

- Aristoteles. *Generatio spontanae* pertama yang dicetuskan pada tahun 300 SM.
- Anthony van Leeuwenhoek. Penelitian dilakukan dengan penggunaan mikroskop pada tahun 1677 dan berhasil menemukan kuman yang berasal dari rendaman jerami dan sisa makanan.

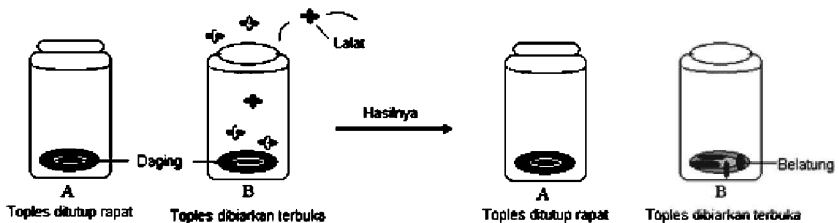
#### 2. *Biogenesis*

Teori biogenesis lahir sebagai tanggapan atas berkembangnya teori abiogenesis sebelumnya. Teori biogenesis muncul sejak abad ke-19 dengan ditunjang oleh penemuan



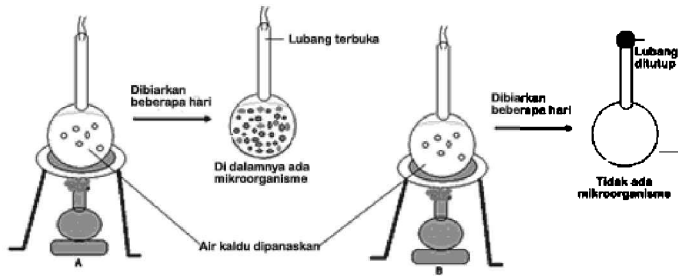
peralatan penelitian yang lebih modern. Terdapat beberapa ilmuwan yang melakukan penelitian guna mendukung teori biogenesis, antara lain:

- Fransisco Redi (1626-1697)  
 Penelitian dilakukan dengan menggunakan daging yang diletakkan ke dalam stoples yang terbuka, tertutup kain kasa, dan tertutup rapat. Berdasarkan penelitian tersebut terungkap bahwa belatung hanya terdapat pada bagian dalam stoples yang terbuka dan berada di atas tutup kain kasa. Hal tersebut menunjukkan bahwa belatung berasal dari lalat dan bukan berasal dari daging.



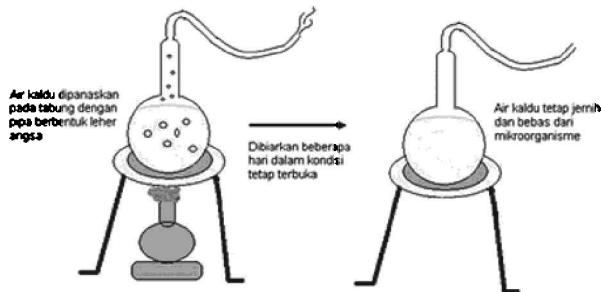
Gambar 22.2 Percobaan Fransesco Redi  
 Sumber gambar : [www.biologiklaten.wordpress.com](http://www.biologiklaten.wordpress.com)

- Lazzaro Spallanzani (1729-1799)  
 Penelitian dilakukan dengan menggunakan air kaldu dalam stoples yang terbuka dan tertutup rapat. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya perubahan warna menjadi keruh pada stoples yang terbuka, sedangkan pada stoples yang tertutup warna masih tetap jernih. Hal tersebut menandakan bahwa perubahan warna pada stoples yang terbuka disebabkan karena adanya kuman dari udara yang masuk terbawa ke dalam stoples.



Gambar 22.3 Percobaan Lazzaro Spallanzani  
 Sumber gambar : [www.biologiklaten.wordpress.com](http://www.biologiklaten.wordpress.com)  
 Louis Pasteur (1822-1895)

Penelitian dilakukan dengan menggunakan air kaldu yang diletakan pada tabung berbentuk labu angsa. Tabung labu angsa tersebut terdapat dua perlakuan, yang satu air kaldu berada di posisi bawah tanpa menyentuh udara luar dan yang lainnya posisi tabung labu angsa dimiringkan sehingga air kaldu dapat menyentuh udara luar. Setelah didiamkan beberapa lama, air kaldu pada tabung labu angsa yang dimiringkan berubah menjadi keruh. Perubahan tersebut menunjukkan adanya kuman dari udara yang masuk ke dalam air kaldu yang langsung berhubungan dengan udara langsung.



Gambar 22.4 Percobaan Louis Pasteur  
 Sumber gambar : [www.biologiklaten.wordpress.com](http://www.biologiklaten.wordpress.com)

Berdasarkan penelitian tiga ilmuan di atas, munculah tiga teori yang populer dalam menyingkap asal mula makhluk hidup, yaitu:

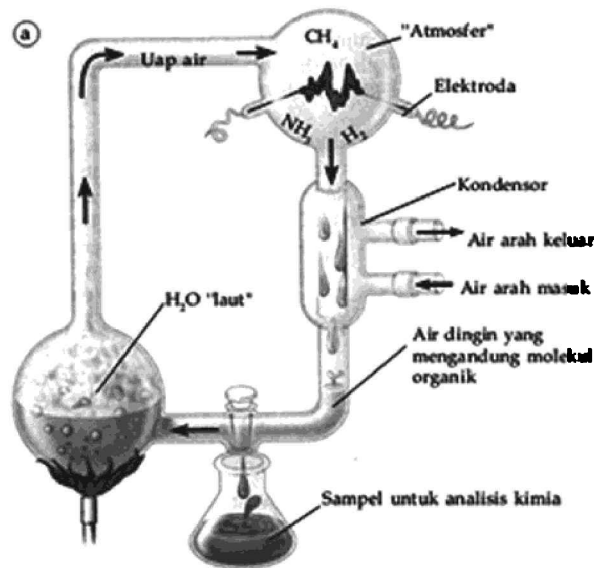
- *Omne vivum ex ovo* (semua makhluk hidup berasal dari telur)
- *Omne ovum ex vivo* (semua telur berasal dari makhluk hidup sebelumnya)
- *Omne vivum ex vivo* (semua makhluk hidup berasal dari makhluk hidup sebelumnya)

### 3. *Abiogenesis modern*

Adanya teori abiogenesis yang dibantah dengan lahirnya teori biogenesis menjadikan penelitian dalam rangka menyingkap asal muasal makhluk hidup menjadi menarik untuk dilakukan. Dengan berbekal sumber informasi dari penelitian sebelumnya serta semakin canggihnya alat penelitian maka dilakukanlah uji coba yang lebih komperhensif dalam rangka menjawab misteri tentang asal usul kehidupan. Oleh karena itu, pada awal abad ke-20 muncul beberapa peneliti yang mencetuskan ide tentang kebenaran teori abiogenesis. Peneliti yang menguatkan ide teori abiogenesis modern, yaitu:

- Oparin dan Haldane (1920an)  
 Penelitian dilakukan dengan membuat postulat sop purba. Oparin dan Haldane menyatakan bahwa sop purba tersebut tersusun dari metana ( $\text{CH}_4$ ), ammonia ( $\text{NH}_3$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Postulat sop purba Oparin dan Haldane memang belum sempat diuji oleh mereka dikarenakan cukup sulit untuk mendapatkan komposisi yang tepat untuk menirukan sop purba pada zaman jutaan tahun lalu. Namun demikian, postulat sop purba Oparin dan Haldane dapat dibuktikan oleh penelitian lanjutan yang dilakukan oleh Miller dan Urey.
- Miller dan Urey (1953)  
 Stanley Miller dan Harold Urey melakukan uji coba terhadap postulat sop purba Oparin dan Haldane. Miller dan Urey mencoba untuk menyusun komposisi metana ( $\text{CH}_4$ ), ammonia ( $\text{NH}_3$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ), air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) serta ditambahkan asam sianida dan loncatan listrik. Hasil yang diperoleh Miller dan Urey, yaitu suatu senyawa organik yang terbentuk dari senyawa anorganik sop purba tersebut. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa senyawa organik tersebut yang kelak akan membentuk

unit dasar asam amino yang berperan penting dalam proses metabolisme dan pewarisan sifat.



Gambar 22.5 Percobaan Stanley Miller  
Sumber gambar : [www.biosejati.wordpress.com](http://www.biosejati.wordpress.com)

## b. Teori Evolusi

Proses evolusi ditandai dengan adanya perubahan yang terjadi pada makhluk hidup dan berlangsung dalam waktu yang lama. Adanya perubahan pada proses evolusi tersebut memungkinkan terjadi peningkatan keanekaragaman makhluk hidup yang ada di muka bumi ini. Perubahan dapat terjadi pada bagian morfologi, anatomi, maupun fisiologi dari makhluk hidup dalam tingkatan populasi spesies. Untuk dapat memahami terjadinya proses evolusi, lahirlah beberapa teori yang dicetuskan para peneliti dengan berbagai macam pendapat yang kuat. Berikut teori yang berkaitan dengan evolusi:

### 1. Teori evolusi pra-Darwin

No	Nama Teori	Isi Teori	Tokoh
1	Kosmozoa	Makhluk hidup yang berada di bumi berasal dari planet lain	Julian Huxley
2	Katastropisme	Keanekaragaman makhluk hidup dihasilkan oleh nenek moyang yang umum, dan muncul atau punahnya makhluk hidup disebabkan oleh bencana alam.	George Cuvier
3	Gradualisme	Perubahan geologis berlangsung pelan-pelan tetapi pasti.	James Hutton
4	Lamarck	Sifat fenotip karena adaptasi dengan lingkungan dapat diwariskan secara genetik. Bagian tubuh yang tidak digunakan akan mengalami retardasi (tidak berkembang), bagian alat tubuh yang dipergunakan akan berkembang lebih kuat dan lebih besar.	Lamarck

### 2. Teori evolusi Darwin

Karya Darwin ditulis dalam buku yang berjudul "On the origin of species by means of natural selection" (terbentuknya spesies baru karena seleksi alam). Teori ini dipengaruhi oleh adanya manuskrip dari Wallace yang meneliti di daerah Timur Indonesia dan Malthus melalui teori deret ukur dan hitung populasi. Selain itu, Darwin juga melakukan penelitian di Galapagos yang menunjukkan adanya perbedaan tipe paruh pada burung finch (tipe pemakan biji, serangga umum, dan serangga di kaktus). Isi teori seleksi alam, yaitu:

- Spesies yang sekarang berasal dari spesies yang hidup di masa lampau
- Evolusi terjadi melalui seleksi alam

Ajaran Darwin tentang evolusi juga didasarkan pada pokok-pokok pikiran sebagai berikut:

- Tidak ada dua individu yang sama (adanya variasi)

- Setiap populasi cenderung bertambah banyak
- Untuk berkembangbiak perlu makanan dan ruang yang cukup
- Bertambahnya populasi tidak berjalan terus menerus

### c. Bukti adanya evolusi

Terjadinya proses evolusi memang tidak dapat diuji secara empiris di dalam laboratorium. Hal tersebut disebabkan karena evolusi berlangsung dalam rentang waktu yang sangat lama. Oleh karena itu, evolusi dapat dijelaskan dengan beberapa bukti lapangan yang dapat menguatkan terjadinya proses evolusi.

#### 1. Variasi individu

- Tidak ada individu yang sama, meskipun dalam satu keturunan. Adanya variasi individu ini terjadi karena adanya rekombinasi genetik

#### 2. Homologi

- Homologi → struktur yang mempunyai asal-usul sama, tetapi memiliki fungsi yang berbeda.

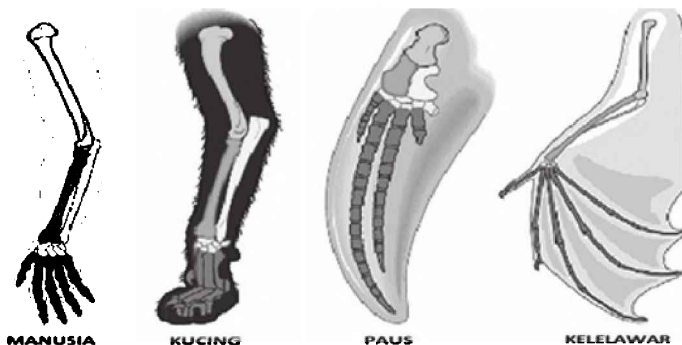
Contoh:

- ❖ Tangan manusia dengan sayap burung
- ❖ Kaki depan kuda dengan sirip depan hiu

- Analogi → struktur berbeda, tetapi memiliki fungsi yang sama.

Contoh:

Sayap kupu-kupu dengan sayap burung



Gambar 22.6 Homologi organ

Sumber gambar : [www.biologigonz.blogspot.com](http://www.biologigonz.blogspot.com)

3. *Domestifikasi*

- pembudidayaan hewan atau tumbuhan liar.
- Contohnya, anjing (*Canis familiaris*) yang merupakan spesies hasil domestikasi dari serigala atau anjing liar (*Canis lupus*)

4. *Rudimentasi*

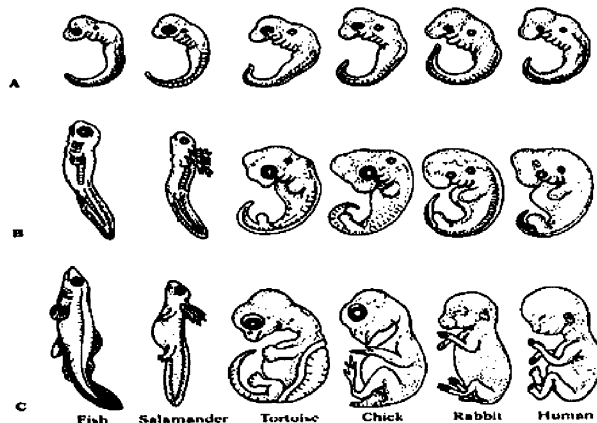
- Sisa-sisa organ atau struktur tubuh hasil rudimentasi juga merupakan bukti evolusi.
- Contohnya, sisa sedikit selaput pada dasar jari, reduksi jari kuda, tulang ekor, umbi cacing, tulang ekor, dan telinga yang dapat digerakkan.

5. *Fosil*

- Sisa-sisa hewan atau tumbuhan yang telah membatu atau jejak-jejak organisme pada batu-batuan.
- Fosil terlengkap sebagai bukti evolusi adalah fosil kuda, hasil temuan Marsh dan Osborn. Urutan evolusi kuda dari yang tertua hingga kuda sekarang: *Eohippus/Hyracotherium* → *Messohippus* → *Merychippus* → *Pliohippus* → *Equus*.

6. *Kesamaan embrio (embriologi perbandingan)*

Semua vertebrata menunjukkan kesamaan bentuk pada perkembangan yaitu mulai dari zigot sampai gastrula.



Gambar 22.7 Embriologi perbandingan Vertebrata

Sumber gambar : [www.raesitamd.blogspot.com](http://www.raesitamd.blogspot.com)

#### 7. *Radiasi Adaptasi*

- Terbentuk/munculnya spesies karena adaptasi.
- Contohnya, munculnya reptil besar dan mamalia. Keberadaan reptil timbul pada waktu daratan sudah dapat dihuni. Karena tidak adanya predator, maka semua macam variasi dapat bertahan. hal ini dapat terlihat dari ukuran dinosaurus yang luar biasa besarnya. Karena suatu sebab, terjadi kepunahan dinosaurus sehingga mamalia mulai menguasai dunia. Dalam hal ini terjadi suksesi dan pergantian populasi

### **d. Proses spesiasi**

Spesiasi merupakan proses pembentukan spesies baru dari spesies sebelumnya. Oleh karena itu, spesiasi dapat menjadi bukti kuat bahwa telah terjadi perubahan pada spesies awal penghuni muka bumi ini. Spesiasi dapat terjadi dengan adanya perubahan lingkungan, keanekaragaman suatu kelompok makhluk hidup, dan terdapatnya niche (relung) yang kosong. Proses spesiasi dapat kita pahami dengan memahami konsep isolasi reproduksi dan isolasi geografi.

#### 1. *Isolasi reproduksi*

Isolasi reproduksi berkaitan dengan kemampuan makhluk hidup untuk dapat meneruskan kelangsungan hidupnya dengan adanya pewarisan sifat ke generasi selanjutnya. Isolasi reproduksi dapat terjadi saat prakawin dan pascakawin. Isolasi reproduksi prakawin terjadi karena adanya perbedaan musim kawin maupun perbedaan pola perilaku seksual antara makhluk hidup.

Isolasi reproduksi pascakawin terjadi setelah proses kopulasi berlangsung. Namun, tidak dapat terjadinya pembuahan sempurna. Spesiasi pasca-kawin meliputi letalitas dan sterilitas. Letalitas merupakan kejadian dari suatu perkawinan yang tidak dapat mencapai usia reproduksi. Sterilitas adalah kondisi dimana suatu individu tidak dapat menghasilkan keturunan.



## 2. *Isolasi geografi*

Isolasi geografi berkaitan dengan adanya batas alam suatu wilayah. Batas alam tersebut dapat menjadi pembatas bagi suatu populasi untuk melakukan distribusi migrasinya. Terdapat beberapa proses isolasi geografi, yaitu:

- **Spesiasi simpatri**  
Proses ini terjadi pada area geografi yang sama dari suatu spesies yang saling berkerabat dekat. Populasi kecil tersebut tidak dapat melakukan interfertilisasi dikarenakan adanya perbedaan aspek genetik, morfologi, tingkah laku, dan fisiologi.
- **Spesiasi alopatri**  
Proses ini terjadi pada area geografi yang berjauhan dari suatu spesies yang saling berkerabat dekat. Perbedaan iklim-cuaca dan kondisi sumberdaya alam yang ada menjadikan terjadinya variasi frekuensi alel, sehingga tidak terjadinya interaksi antar populasi.
- **Spesiasi parapatri**  
Proses ini terjadi karena pada area geografi yang bersebelahan dari suatu spesies yang saling berkerabat dekat. Meskipun terdapat zona pembatas, masih dapat melakukan hubungan perkawinan antara populasi walaupun hanya dalam jumlah kecil. Umumnya, kedua wilayah yang saling berdekatan tersebut akan ditemukan morfologi antar populasi yang memiliki kesamaan karakter.
- **Spesiasi peripatri**  
Proses ini terjadi pada area geografi yang berada di tepi (*edge*) dari suatu populasi spesies yang saling berkerabat dekat. Dengan adanya perubahan dari populasi yang berada di pusat, menjadikan populasi yang berada di tepi dapat menjadi subspecies tersendiri.

## e. **Hukum Hardy-Weinberg**

Hukum Hardy-Weinberg merupakan hukum yang menjelaskan bahwa frekuensi alel dan genotip suatu populasi akan bersifat konstan

dari generasi ke generasi dengan kondisi tertentu. Kondisi tersebut, antara lain:

- ~ ukuran populasi harus dalam jumlah besar
- ~ populasi tersebut berada dalam wilayah yang terisolasi (tidak berpindah)
- ~ jumlah mutasi gen yang terjadi pada alel bersifat setimbang
- ~ kemampuan reproduksi antar individu sama
- ~ perkawinan secara acak.

Berikut persamaan Hardy-Weinberg:

$$(p + q)^2 = 1$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

p = frekuensi alel dominan di dalam populasi

q = frekuensi alel resesif di dalam populasi

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Mutasi gen dapat mempengaruhi terjadinya perubahan ....
  - A. enotipe saja
  - B. fenotipe saja
  - C. genotipe dan fenotipe
  - D. perubahan pada genotip, tetapi tidak selalu pada fenotipe
  - E. perubahan fenotipe, tetapi pada genotipe

**Jawaban: D**

Perubahan basa nitrogen pada rantai DNA ada kalanya tidak mempengaruhi hasil sintesis protein atau ekspresi fenotipe maka mutasi tersebut disebut **mutasi bisu (*silent mutation*)**. Hal ini disebabkan karena adanya kodon sinonim (kodon dengan tiga urutan basa yang berbeda, tetapi menghasilkan asam amino yang sama), contoh jika basa nitrogen pada DNA adalah GGG mengalami transisi pada basa terakhir menjadi GGA sehingga kodon pada RNA yang seharusnya CCC berubah menjadi CCU. Substitusi yang terjadi tidak akan mengubah asam amino yang dikode, karena CCC dan CCU mengkode asam amino prolin.

2. Pernyataan yang tepat terkait dengan silent mutation adalah ....
- A. merupakan mutasi yang menyebabkan perubahan hasil sintesis protein
  - B. mutasi yang menyebabkan suatu gen menjadi tidak dapat diekspresikan
  - C. mutasi yang menyebabkan perubahan urutan basa nitrogen pada DNA, tetapi tidak mempengaruhi ekspresi fenotip
  - D. mutasi yang menyebabkan perubahan urutan asam-amino pada polipeptida yang disintesis
  - E. mutasi yang menyebabkan terjadinya penambahan atau pengurangan jumlah kromosom

**Jawaban: C**

Perubahan urutan basa nitrogen pada rantai DNA tidak selalu mempengaruhi hasil sintesis protein atau ekspresi fenotipe, mutasi semacam ini disebut **mutasi bisu (*silent mutation*)**.

3. Perhatikan urutan pasangan basa pada untai DNA berikut ini!

GCT AGG TAC GGG CTC → GCT ACG TAC GGG CTC CTC

Mutasi apakah yang terjadi pada untai DNA tersebut ....

- A. transisi dan insersi
- B. transversi dan insersi
- C. katenasi dan insersi
- D. transisi dan delesi
- E. transversi dan delesi

**Jawaban: B**

Segmen AGG berubah menjadi ACG, terjadi **transversi** atau pergantian basa nitrogen yang tidak sejenis, yaitu basa purin guanin (G) oleh basa pirimidin sitosin (C). Setelah itu, terjadi insersi atau penambahan pasangan basa pada ujung untai DNA asal, penambahan basa CTC.

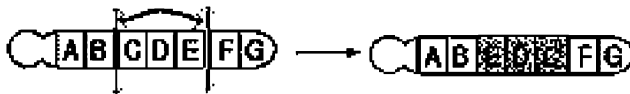
4. Mutasi yang menyebabkan jumlah kromosom suatu organisme menjadi  $2n-1$  disebut ....

- |             |               |
|-------------|---------------|
| 1) euploidi | 3) Trisomi    |
| 2) Monosomi | 4) Aneuploidi |

**Jawaban: D**

Aneuploidi merujuk kepada organisme yang mengalami penambahan atau pengurangan satu atau lebih kromosom pada genomnya. Monosomi ( $2n-1$ ) adalah bentuk mutasi aneuploidi dimana suatu organisme mengalami kekurangan satu kromosom.

5. Perhatikan gambar di bawah ini!



Sumber gambar: <http://www.accessexcellence.org/RC/VL/GG/mutation.php>

Mutasi yang terjadi pada kromosom tersebut adalah ....

- |              |                |
|--------------|----------------|
| A. delesi    | D. translokasi |
| B. duplikasi | E. katenasi    |
| C. inversi   |                |

**Jawaban: C**

Inversi kromosom menyebabkan perubahan letak gen akibat terpilinnya kromosom sehingga terjadi penataan kembali struktur kromosom akibatnya kromosom mutan mempunyai ruas yang urutan basanya merupakan kebalikan dari urutan basa kromosom yang seharusnya.

6. Teori Abiogenesis klasik dikembangkan pada abad 16 oleh ....
- A. Aristoteles
  - B. George Mendel
  - C. Antony van Leuwenhouk
  - D. Louis Pasteur
  - E. Fransico Redi

**Jawaban: C**

Anthony van Leuwenhoek mulai meneliti pada tahun 1677 dengan penggunaan mikroskop.

7. Aktivitas apa saja yang diperlukan untuk terjadinya seleksi alam, *kecuali* ....
- A. mempertahankan banyak keturunan yang dapat bertahan hidup
  - B. reproduksi differensiasi
  - C. hasrat bawaan untuk berubah (*innate desire to charge*)
  - D. persaingan inter maupun intraspesifik
  - E. kemampuan mewarisi sifat ke generasi selanjutnya

**Jawaban: C**

Seleksi alam dipengaruhi oleh adaptasi lingkungan, kemampuan bereproduksi, dan interaksi dengan lingkungan.

8. Proses seleksi alam akan berdampak pada adanya perubahan genetik pada individual.

### **SEBAB**

Perubahan secara evolusioner akan menghasilkan generasi yang lebih baik.

**Jawaban: E**

Proses seleksi alam akan berdampak pada perubahan genetik pada tingkat populasi dan tidak selamanya menghasilkan generasi yang lebih baik.

9. Kelompok senyawa kimia yang merupakan supurba adalah ....
- A. metana, ammonia, dan nitrogen
  - B. hidrogen, metana, dan ammonia
  - C. hidrogen, air, dan nitrogen
  - D. metana, air, dan karbondioksida
  - E. metana, hidrogen, dan oksigen

**Jawaban: B**

Oparin dan Haldane pada tahun 1920an membuat postulat tentang supurba yang terdiri dari senyawa metana, ammonia, hidrogen, dan air.

10. *Genetic drift* merupakan agensi evolutif yang tidak dapat diabaikan pengaruhnya dalam proses evolusi, mengingat bahwa dalam peristiwa tersebut ....
- A. selalu dapat menyebabkan terjadinya keanekaragaman
  - B. selalu dapat menyebabkan terjadinya spesiasi
  - C. terjadi pengurangan gen pada populasi karena ada gen yang hilang diikuti dengan adanya spesiasi
  - D. terjadi penambahan gen pada populasi karena ada gen yang masuk tanpa adanya variasi
  - E. bersifat netral dan merupakan asal mula terjadinya variabilitas genetik

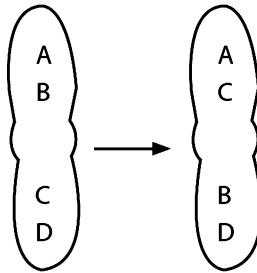
**Jawaban: A**

Di dalam *genetic drift* dapat terjadi penyimpangan (mutasi) gen, sehingga akan meningkatkan variasi gen yang akan dihasilkan.

# LATIHAN SOAL 22

1. Pernyataan yang tepat berhubungan dengan mutasi adalah ....
  - 1) dapat terjadi pada gen/DNA dan kromosom
  - 2) tidak selalu diwariskan pada keturunannya
  - 3) dapat terjadi secara alamiah atau induksi
  - 4) makhluk hidup hasil mutasi memiliki sifat lebih baik dari induknya
2. Mutasi merupakan dasar terbentuknya variasi makhluk hidup yang mengarah pada proses evolusi. Mutasi dibawah ini yang bersifat tidak dapat diwariskan adalah ....
  - A. perubahan struktur materi genetik suatu organisme
  - B. paparan radiasi sinar UV pada testis
  - C. perubahan urutan gen dalam kromosom autosom
  - D. penambahan jumlah gen dalam kromosom
  - E. cacat pada mata akibat paparan radiasi sinar rontgen
3. Berikut ini termasuk mutagen yang bersifat kimiawi adalah ....
  - A. kolkhisin
  - B. virus
  - C. pemanasan
  - D. sinar UV
  - E. alkohol
4. Salah satu rantai DNA memiliki susunan basa nitrogen :ATG-GST-SSA. Jika saat replikasi basa sitosinnya mengalami mutasi transisi maka susunan basa nitrogen pada rantai komplemennya adalah ....
  - A. TAS-SAA-AAT
  - B. ATG-SGA-GSA
  - C. TAG-GGA-GGT
  - D. TSS-SAS-SSA
  - E. ATS-GSA-SGA

5. Perhatikan peristiwa mutasi kromosom berikut!



Sumber gambar: naskah soal UN Biologi SMA tahun 2009

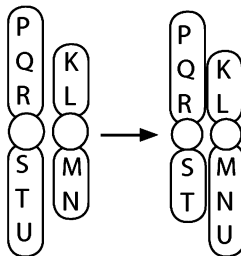
Macam mutasi tersebut adalah ....

- |                |            |
|----------------|------------|
| A. translokasi | D. inversi |
| B. duplikasi   | E. delesi  |
| C. katenasi    |            |

6. Pernyataan yang terkait dengan Down Syndrome adalah ....

- 1) berwajah mongoloid
- 2) kasus genetika kromosom trisomi 21
- 3) memiliki intelegensia di bawah rata-rata
- 4) kromosom seks gagal berpisah saat meiosis

7. Jenis mutasi kromosom yang terjadi pada diagram di bawah adalah ....



Sumber gambar: naskah soal UN Biologi SMA tahun 2013

- |                |             |
|----------------|-------------|
| A. inversi     | D. delesi   |
| B. duplikasi   | E. katenasi |
| C. translokasi |             |



8. Berikut ini ciri-ciri kelainan akibat mutasi.

1. ovarium tidak berkembang
2. ukuran tubuh pendek
3. payudara berkembang
4. steril
5. testis mengecil

Yang merupakan ciri sindrom Klinefelter, yaitu ....

- |                |                |
|----------------|----------------|
| A. 1, 2, dan 3 | D. 1, 2, dan 4 |
| B. 3, 4, dan 5 | E. 2, 4, dan 5 |
| C. 2, 3, dan 4 |                |

9. Sindrom Jacob berkariotipe 44A+XYY diakibatkan oleh ....

- A. pautan pada kromosom seks
- B. nondisjunction kromosom Y pada meiosis 2
- C. pindah silang pada kromosom X
- D. linkage pada kromosom Y
- E. nondisjunction kromosom Y pada meiosis I

10. Kerugian penggunaan radiasi pada penemuan bibit unggul tanaman poliploid adalah ....

- A. menimbulkan letal pada sifat tanaman
- B. tanaman menjadi resisten terhadap hama
- C. punahnya plasma nuftah tertentu
- D. tanaman menjadi steril
- E. menghasilkan tanaman yang variatif

11. Pernyataan yang sesuai dengan *generatio spontanae* adalah ....

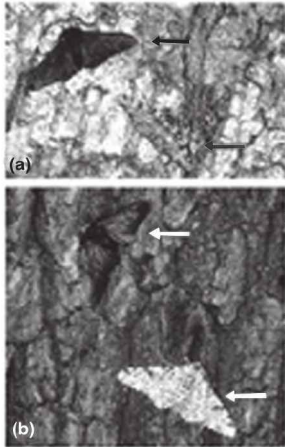
- A. makhluk hidup berasal dari benda mati
- B. mikroorganisme dihasilkan oleh mikroorganisme
- C. kehidupan berasal dari mikroorganisme
- D. organisme tingkat tinggi berasal dari organisme tingkat rendah
- E. satu bentuk kehidupan membangun satu kehidupan yang lain

12. Perhatikan pernyataan berikut ini!
- i. sama-sama mekanisme evolusi
  - ii. sama-sama proses acak
  - iii. sama-sama menyebabkan adaptasi
  - iv. sama-sama memengaruhi genotip populasi

Pernyataan yang benar mengenai *genetic flow* maupun natural selection adalah ....

- A. i dan ii
  - B. ii dan iii
  - C. ii dan iv
  - D. i dan iv
  - E. iii dan iv
13. Teori seleksi alam mencakup hal-hal di bawah ini, *kecuali* ....
- A. kesuksesan reproduksi
  - B. interaksi lingkungan dan variasi organisme
  - C. perubahan iklim dan mutasi
  - D. adaptasi terhadap lingkungan
  - E. kemampuan bertahan hidup
14. Radiasi adaptif menyebabkan perkembangan yang sifatnya divergen. Sedangkan kepunahan jenis akan mengakibatkan ....
- A. arah divergensi
  - B. berkurangnya kecepatan radiasi adaptif
  - C. perubahan dari evolusi konvergen ke evolusi paralel
  - D. perubahan dari evolusi konvergen ke evolusi divergen
  - E. peningkatan kecepatan radiasi adaptif

15. Perhatikan gambar berikut ini!



*Biston betularia* di atas mengalami ....

- A. adaptasi
  - B. kamuflase
  - C. simbiosis
  - D. seleksi alam
  - E. mutasi
16. Buku yang terkenal dalam ilmu evolusi dan dikarang oleh Charles Darwin adalah ....
- A. *The origin of island*
  - B. *Biology Evolution*
  - C. *The origin of spesies*
  - D. *Animal and Plante evolution*
  - E. *Human and Apes evolution*
17. Ilmuan yang melakukan penelitian untuk membuktikan bahwa lalat bukan berasal dari daging adalah ....
- A. Lazzaro Spallanzani
  - B. Louis Pasteur
  - C. Antony van Leuwenhoek
  - D. Fransisco Redi
  - E. Lammарck

18. Asal usul manusia yang tepat dengan konsep reproduksi secara vivipar termasuk ke dalam teori ....
- A. *Omne vivum ex ovo*
  - B. *Omne ovum ex vivo*
  - C. *Omne vivum ex vivo*
  - D. *Omne ovum ex ovo*
  - E. *Omne ovo ex ovum*
19. Miller dan Urey berhasil mensimulasikan pembentukan sop purba menjadi senyawa organik dengan menggunakan ....
- A. simulasi komputasi
  - B. loncatan listrik
  - C. reaksi nuklir
  - D. teknologi nano partikel
  - E. rekayasa genetika
20. Manakah pernyataan berikut yang benar tentang evolusi, *kecuali* ....
- A. selalu berubah menjadi lebih baik
  - B. berlangsung dalam rentang waktu yang lama
  - C. terjadi pada tingkat populasi
  - D. dapat terjadi di habitat apapun
  - E. terjadinya perubahan morfologi
21. Sop purba yang bereaksi dengan kilatan listrik dalam penelitian akan menghasilkan senyawa biotik awal yang disebut ....
- A. prokariot
  - B. protrombin
  - C. progenot
  - D. protoplasma
  - E. protobion
22. Ide awal munculnya teori evolusi karena Darwin mengamati fenomena ....
- A. berubahnya kera menjadi manusia
  - B. terjadinya bencana alam
  - C. adanya makhluk hidup yang tidak dapat kawin
  - D. perbedaan paruh burung *finch*
  - E. kesamaan anatomi manusia dengan animalia

23. Seleksi alam terjadi karena adanya, *kecuali* ....
- A. perbedaan musim
  - B. perbedaan kemampuan reproduksi
  - C. perbedaan beradaptasi
  - D. interaksi dengan lingkungan
  - E. interaksi dengan populasi lain
24. Syarat agar tidak terjadi spesiasi ialah ....
- A. adanya niche yang kosong
  - B. terjadinya proses kanibalisme
  - C. terdapat variasi kelompok makhluk hidup
  - D. adanya perubahan lingkungan
  - E. terdapatnya sumber daya pakan yang belum dikonsumsi
25. Tidak dapat terjadinya perkawinan antara Orang Utan Sumatera dan Orang Utan Kalimantan secara alami disebabkan karena adanya ....
- A. isolasi reproduksi
  - B. isolasi morfologi
  - C. isolasi tingkah laku
  - D. isolasi geografi
  - E. isolasi genetik
26. Proses spesiasi yang terjadi pada area geografi yang sama dari suatu spesies yang saling berdekatan disebut ....
- A. spesiasi simpatri
  - B. spesiasi alopatri
  - C. spesiasi parapatric
  - D. spesiasi peripatri
  - E. spesiasi alami
27. Adanya spesies *Macaca maurus* di Sulawesi Selatan dan *Macaca tonkeana* di Sulawesi Tengah dapat dijelaskan dengan konsep spesiasi ....
- A. simpatri
  - B. alopatri
  - C. parapatric
  - D. peripatri
  - E. ilmiah

28. Hukum Hardy-Weinberg tidak dapat terjadi kecuali pada kondisi ....
- A. mutasi tidak seimbang
  - B. perkawinan tidak acak
  - C. populasi relatif kecil
  - D. tidak ada migrasi populasi
  - E. sapat bereproduksi secara normal
29. Menurut Lamarck, evolusi terjadi sebagai hasil dari ....
- A. seleksi alam
  - B. pengaruh lingkungan
  - C. overproduksi
  - D. persilangan hibrid
  - E. latihan dan sifat fenotip yang diturunkan
30. Jika jumlah laki-laki penderita buta warna sebanyak 8%, berapa frekuensi perempuan yang normal homozigot?
- A. 0.92
  - B. 0,064
  - C. 0,0064
  - D. 0,9936
  - E. 0,84





# BIOTEKNOLOGI

# 23

Penerapan ilmu Biologi pada kehidupan sehari-hari telah dilakukan sejak zaman dahulu. Kita mengenal aneka jenis panganan hasil fermentasi yang menjadi bagian dari warisan budaya khas di Indonesia. Kini, kita juga sering mendengar aneka produk hasil GMO (*genetic modified organisms*) yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat dunia. Penerapan ilmu biologi yang dipadukan dengan ilmu lainnya dan teknologi merupakan bioteknologi. Ciri-ciri pelaksanaan bioteknologi, yaitu:

- Pemanfaatan agen biologi berupa mikroorganisme, tumbuhan, atau hewan yang dalam proses yang berlangsung.
- Pendayagunaan teknologi dalam skala rumah tangga ataupun industri.
- Produksi yang dihasilkan adalah hasil ekstraksi dan pemurnian.

Berdasarkan ciri-ciri di atas, bioteknologi adalah teknologi yang memanfaatkan organisme untuk menghasilkan produk maupun jasa yang bermanfaat bagi manusia. Bioteknologi dapat dibedakan menjadi bioteknologi konvensional dan modern. Bioteknologi konvensional adalah pelaksanaan teknologi dengan peralatan yang sederhana tanpa rekayasa genetika



## A. BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL

Ciri-ciri pelaksanaan bioteknologi konvensional, yaitu:

- ~ Dilakukan tanpa menggunakan prinsip ilmiah, misalnya, proses relatif belum steril.
- ~ Metode berdasarkan pengalaman yang diwariskan turun-temurun. Tidak ada metode yang pasti standar.
- ~ Umumnya, produksi skala kecil.
- ~ Teknologi sederhana.
- ~ Produk yang sama tidak bisa dijamin sama kualitasnya.
- ~ Penggunaan organisme apa adanya, tanpa ada rekayasa genetis.

Bidang	Contoh Produk	Agen Hayati
Makanan	• Yoghurt	• <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i>
	• Keju	• <i>Lactobacillus lactis</i>
	• Mentega dari lemak susu	• <i>Streptococcus lactis</i>
	• Tempe	• <i>Rhizopus oryzae</i>
	• Oncom	• <i>Neurospora sitophila</i>
	• Kecap	• <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Aspergillus soyae</i>
	• Tauco	• <i>Aspergillus wenti</i>
	• Tape	• <i>Saccharomyces cereviceae</i>
	• Roti dan Brem	• <i>Saccharomyces cereviceae</i>
	• PST (protein sel tunggal)	• <i>Torula</i> , <i>Candida utilis</i> , <i>Chlorella</i> , <i>Spirulina</i> , <i>Fusarium gramineanum</i> , <i>Saccharomyces cereviceae</i> , <i>Trichoderma reesei</i>
	• <i>Nata de coco</i>	• <i>Acetobacter xylinum</i>
Minuman	• Alkoholisasi, Bir	• <i>Saccharomyces cereviceae</i>
	• Minuman Anggur	• <i>Saccharomyces ellipsoides</i>

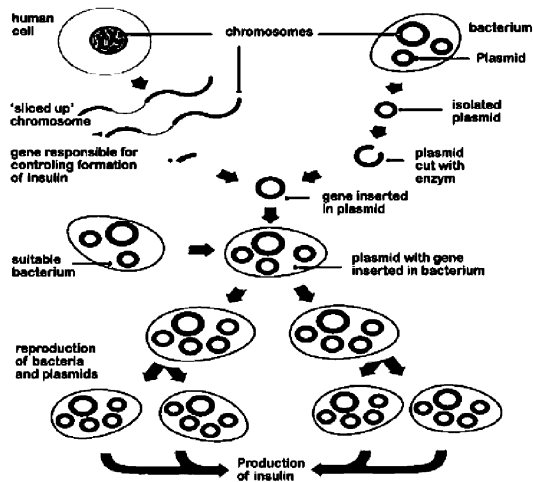
Industri	• MSG (monosodium glutamat)	• <i>Corynebacterium glutamicum</i>
	• Asam Sitrat	• <i>Aspergillus niger</i>
Kesehatan/ Kedokteran	• Antibiotik	• <i>Penicillium notatum</i> , <i>Penicillium crysogenum</i>
	• Vaksin	
Jasa	• Gas Bio	• <i>Methanobacterium</i>
	• Penambangan	• <i>Thiobacillus ferrooxidans</i>
	• Pemberantasan hama	• <i>Bacillus thuringiensis</i>
	• Penanggulangan pencemaran minyak	• <i>Pseudomonas sp</i>

## B. BIOTEKNOLOGI MODERN

Bioteknologi modern adalah penerapan bioteknologi dengan teknik rekayasa genetika yang terarah, sehingga hasilnya bisa dikendalikan dengan baik. Teknik rekayasa genetika merupakan teknik manipulasi materi genetis, yaitu DNA. Teknik ini semakin berkembang seiring dengan semakin diketahuinya DNA organisme.

### a. Rekayasa Genetika (Cangkok Gen)

Rekayasa genetika adalah proses manipulasi gen untuk mendapatkan sifat baru yang diinginkan. Gen dari suatu organisme dapat digabungkan dengan gen dari organisme yang berbeda. Proses ini melibatkan vektor, yaitu pembawa gen seperti plasmid bakteri dan enzim. Enzim yang digunakan dalam rekayasa genetika adalah : restriksi endonuklease yang berperan sebagai enzim pemotong gen dan ligase yang berperan sebagai enzim penyambung gen. Contohnya, pembuatan hormon insulin untuk penderita diabetes mellitus.

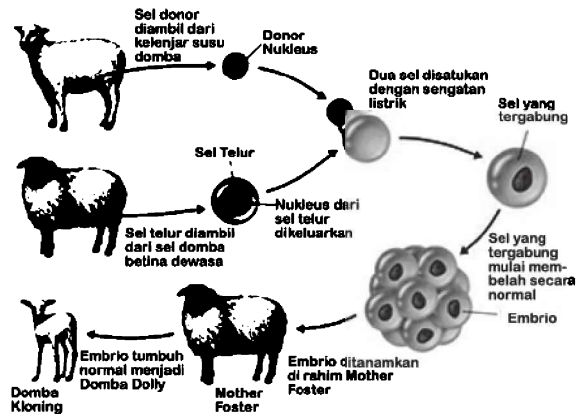


Gambar 23.1 proses rekayasa genetika

Sumber gambar : [www.bbc.uk](http://www.bbc.uk)

## b. Kloning (Transplantasi Inti)

Kloning bertujuan untuk menghasilkan individu yang identik. Prinsip dari kloning adalah mentransferkan nukleus dari sel tubuh yang bersifat diploid ( $2n$ ) ke dalam sel telur yang telah dihilangkan nukleusnya. Organisme pertama hasil kloning, yaitu domba Dolly.

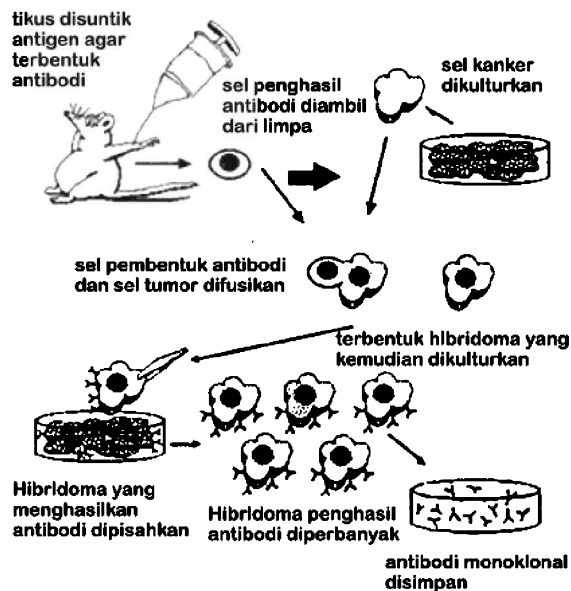


Gambar 23.2 proses kloning

Sumber gambar : [honchemistry.wikispase.com](http://honchemistry.wikispase.com)

### c. Hibridoma

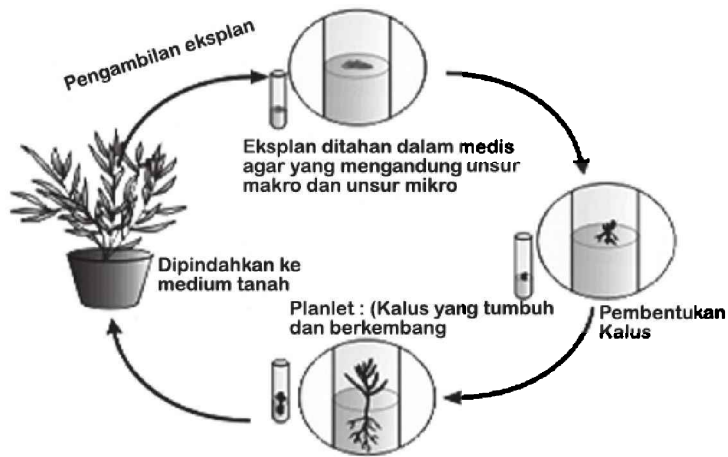
Prosedur yang paling menonjol dalam tehnik hibridoma, yaitu fusi sel. Fusi sel berfungsi menggabungkan kandungan dua sel yang berbeda dan akan membentuk sel bastar tunggal. Sel bastar sering mengekspresikan sifat-sifat pembawaan tertentu dari kedua sel induknya. Fusi sel terjadi dengan perantara senyawa kimia seperti glikolpolietilen atau dimetisulfoksida dan dilakukan dengan menggunakan fusi listrik. Contoh hasil proses hibridoma, antibodi monoklonal dan tanaman pomato.



Gambar 23.3 Hibridoma  
Sumber gambar : [www.edu-bio.blogspot.com](http://www.edu-bio.blogspot.com)

### d. Kultur Jaringan (Tissue Culture)

Kultur jaringan adalah perbanyakan tanaman dengan memanfaatkan sifat totipotensi tumbuhan. Totipotensi adalah kemampuan jaringan tumbuhan untuk berkembang menjadi tumbuhan yang utuh. Keuntungan kultur jaringan, antara lain menghasilkan tanaman dalam jumlah banyak, sifat seragam, dan waktu yang singkat.



Gambar 23.4 Kultur jaringan  
 Sumber gambar : [www.vivinalfyana.blogspot.com](http://www.vivinalfyana.blogspot.com)

#### e. Protein Sel Tunggal (PST)

Protein sel tunggal (PST) adalah pemanfaatan organisme bersel tunggal atau banyak tetapi sederhana sebagai sumber protein. Kelebihan menggunakan organisme bersel tunggal untuk PST, antara lain tinggi protein, laju pertumbuhan cepat, tidak tergantung iklim dan musim. Organisme untuk PST, contohnya *Torula*, *Candida utilis*, *Chlorella*, *Spirulina*, *Fusarium graminearum*, *Saccharomyces cereviceae*, dan *Trichoderma reesei*.

## C. DAMPAK NEGATIF BIOTEKNOLOGI

Bioteknologi memeberikan banyak manfaat bagi manusia, tetapi ada dampak negatif yang dapat ditimbulkan dari adanya bioteknologi, seperti:

- ✓ makanan transgenik meskipun aman dikonsumsi, tetapi ada beberapa pendapat juga dapat menimbulkan keracunan, resiko kanker dan alergi makanan

- ✓ cloning masih menjadi perdebatan, karena seolah-olah bermain-main dengan Tuhan
- ✓ melupakan/menganak tirikan organisme non-bioteknologi
- ✓ mempercepat evolusi

## CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Berikut adalah beberapa ciri dari suatu proses bioteknologi, *kecuali* ....
  - A. menggunakan mikroorganisme sebagai agen biologi
  - B. penggunaan agen biologi dilakukan dengan suatu cara atau metode tertentu
  - C. proses yang ada pada bioteknologi bertahap, rumit, dan kompleks
  - D. dihasilkannya produk yang termodifikasi
  - E. hanya melibatkan satu disiplin ilmu

**Jawaban: E**

Bioteknologi adalah penerapan berbagai disiplin ilmu sehingga menghasilkan teknologi yang bermanfaat melalui penggunaan agen biologi, misalnya, mikroorganisme. Bioteknologi pun harus dilakukan dalam suatu proses berdasarkan metode tertentu. Produk yang dihasilkan merupakan produk modifikasi dari makhluk hidup. Oleh karena itu, bukan ciri bioteknologi adalah hanya melibatkan satu disiplin ilmu.

2. Perbedaan antara bioteknologi konvensional dengan modern yang tepat adalah ...

	Bioteknologi Konvensional	Bioteknologi Modern
A.	dilakukan dalam skala industri.	dilakukan dalam skala rumah tangga.
B.	kualitas produk bisa berubah-ubah.	kualitas produk terjamin stabilitasnya.
C.	terjadi perubahan genetis.	tanpa adanya perubahan genetis.

D.	melibatkan mikroorganisme.	tanpa mikroorganisme, hanya organisme berukuran besar.
E.	membutuhkan ruangan yang steril dan peralatan yang rumit.	Ruangan bebas dan peralatan sederhana.

**Jawaban: B**

Bioteknologi konvensional memiliki ciri, yaitu:

- Dilakukan dalam skala rumah tangga
- Ruang yang tidak terlalu steril dan peralatan sederhana.
- Prosesnya melibatkan mikroorganisme.
- Tak ada perubahan genetis.
- Kualitas produknya bisa berubah-ubah.

Bioteknologi modern memiliki ciri, yaitu:

- Produk terjamin kualitasnya.
- Dibuat dengan adanya modifikasi genetis.
- Membutuhkan ruangan yang steril, peralatan yang rumit.
- Dilakukan dalam skala industri.
- Menggunakan berbagai organisme, baik organisme besar maupun mikroba.

3. Perhatikanlah daftar produk bioteknologi berikut ini!

1. Antibiotik penisilin.
2. Sel hibridoma.
3. Toksin dari *Bacillus thuringiensis*.
4. Antibodi monoklonal.
5. Yoghurt.

Produk bioteknologi konvensional ditunjukkan oleh nomor ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 3 | D. 3 dan 4 |
| B. 2 dan 3 | E. 4 dan 5 |
| C. 2 dan 5 |            |

**Jawaban: A**

Produk bioteknologi konvensional merupakan produk bioteknologi tanpa modifikasi (rekayasa) genetika. Pada daftar di atas, yang merupakan produk bioteknologi konvensional adalah antibiotik penisilin, toksin dari *Bacillus thuringiensis*, dan yoghurt.

4. Pasangan antara mikroba dengan produk hasil fermentasinya yang tepat adalah ....
- A. *Streptococcus lactis* – yoghurt
  - B. *Neurospora sytrophila* – tempe
  - C. *Aspergillus oryzae* – oncom
  - D. *Lactobacillus bulgaricus* – keju
  - E. *Streptococcus cerevisiae* – bir gandum

**Jawaban: E**

Pasangan mikroba dengan produk hasil fermentasi yang tepat, yaitu:

- A. *Streptococcus lactis* – mentega
  - B. *Neurospora sytrophila* – oncom
  - C. *Aspergillus oryzae* – kecap
  - D. *Lactobacillus bulgaricus* – yoghurt
  - E. *Streptococcus cerevisiae* – bir gandum
5. Antibodi pada bioteknologi konvensional menggunakan agen biologi berupa...
- A. bakteri *Eschericia coli*
  - B. bakteri *Penicillium notatum*
  - C. bakteri *Lactobacillus sp.*
  - D. jamur *Streptomyces*
  - E. jamur *Penicillium*

**Jawaban: D**

Antibodi bioteknologi konvensional menggunakan agen jamur dan bakteri, yaitu jamur mikro *Penicillium notatum* dan bakteri *Streptomyces*.



6. Pernyataan yang benar mengenai fermentasi oleh mikroorganisme adalah ....
- A. berlangsung secara di area yang terpapar udara terbuka
  - B. membutuhkan substrat berupa gula, protein, dan lipid
  - C. menghasilkan gas berupa karbon dioksida dan nitrogen
  - D. mengurai senyawa kompleks substrat menjadi sederhana
  - E. terjadi proses modifikasi pada DNA substrat

**Jawaban: D**

Fermentasi oleh mikroorganisme merupakan cara perubahan sebuah substrat menjadi produk yang berbeda. Misalnya, perubahan beras ketan menjadi tape ketan atau perubahan jus anggur menjadi wine (anggur yang beralkohol). Fermentasi berlangsung dalam kondisi aerob (tidak terpapar udara terbuka), substratnya berupa zat gula, dan menghasilkan gas karbon dioksida. Fermentasi tidak hanya mengubah penampilan substrat tetapi juga rasanya. Selain itu, proses fermentasi mengurai senyawa kompleks substrat menjadi lebih sederhana, namun tidak mengubah DNA substrat.

7. Proses yang berlangsung pada pembuatan antibodi monoklonal, antara lain ....
- A. dilakukan dengan fusi dua sel dari organisme yang sama atau berbeda
  - B. antibodi dihasilkan dari sel hibrid yang mengenal antigen spesifik
  - C. sel klon menghasilkan antibodi yang mengenal banyak ragam antigen
  - D. sel yang bergabung adalah sel-sel jantung dengan sel kanker (mieloma)
  - E. penggabungan sel akan menghasilkan sel hibrid tanpa kombinasi sifat kedua sel

**Jawaban: B**

Antibodi monoklonal adalah antibodi yang diperoleh dari satu sel klon yang hanya mengenal satu jenis antigen. Untuk menghasilkan antibodi ini dilangsungkan Fusi antara sel limpa dengan sel kanker

(mieloma). Teknik pembuatan antibodi monoklonal melalui teknik hibridoma, yaitu penggabungan (fusi) dua sel dari organisme yang sama atau berbeda, hingga dihasilkan sel tunggal berupa sel hibrid yang memiliki kombinasi dari sifat kedua sel tersebut.

8. Domba Doly merupakan domba berwajah putih yang dilahirkan dari domba berwajah hitam. Hal ini karena ....
- A. embrio Doly memperoleh donor sel somatik dari domba berwajah putih
  - B. Doly mendapatkan sel somatik dari induk domba berwajah hitam
  - C. sel telur yang menjadi induk Doly berasal dari domba berwajah putih
  - D. nukleus dari sel somatik domba berwajah putih yang menurunkan sifat ke Doly
  - E. sel telur domba berwajah hitam bergabung dengan sel telur domba berwajah putih

**Jawaban: D**

Doly membawa sifat domba berwajah putih, sehingga berwajah putih walau embrionya diimplantasikan ke domba berwajah hitam. Sel telur Doly berasal dari domba berwajah hitam yang telah dihilangkan protoplasmanya. Sel telur ini kemudian digabungkan dengan inti (nukleus) sel somatik domba berwajah putih. Nukleus inilah yang membawa gen, yaitu sifat yang diturunkan ke Doly.

9. *Perhatikanlah proses rekayasa genetika tumbuhan berikut ini!*
- 1. Replikasi gen.
  - 2. Gen disisipkan ke plasmid ti.
  - 3. Isolasi dan identifikasi gen.
  - 4. Partikel emas dengan DNA gen tertentu.
  - 5. Sel bakteri dicampur dengan sel tumbuhan.
  - 6. Plasmid ti bergerak ke sel tumbuhan.
  - 7. DNA menyisip ke kromosom tumbuhan.
  - 8. Pistol gen (*Gene gun*) menembakkan DNA ke sel tumbuhan.
- Urutan proses yang benar antara metode penggunaan *Agrobacterium* dengan pistol gen adalah ....

	Menggunakan <i>Agrobacterium</i>	Menggunakan Pistol Gen ( <i>Gene Gun</i> )
A.	3 – 5 – 2 – 6 – 7	3 – 4 – 8 – 1 – 7
B.	3 – 2 – 5 – 6 – 7	3 – 1 – 4 – 8 – 7
C.	2 – 3 – 5 – 7 – 6	1 – 4 – 3 – 7 – 8
D.	2 – 3 – 5 – 6 – 7	1 – 4 – 3 – 8 – 7
E.	3 – 2 – 5 – 7 – 6	3 – 1 – 4 – 7 – 8

**Jawaban: B**

Urutan proses yang benar pada metode penggunaan *Agrobacterium* dalam modifikasi genetika tumbuhan, yaitu:

Isolasi dan identifikasi gen → gen disisipkan ke plasmid *ti* → sel bakteri dicampur dengan sel tumbuhan → plasmid *ti* bergerak ke sel tumbuhan → DNA menyisip ke kromosom tumbuhan.

Urutan proses yang benar pada metode penggunaan pistol gen dalam modifikasi genetika tumbuhan, yaitu:

Isolasi dan identifikasi gen → replikasi gen → partikel emas dengan DNA gen tertentu → pistol gen (*Gene gun*) menembakkan DNA ke sel tumbuhan → DNA menyisip ke kromosom tumbuhan

10. Peran bioteknologi modern dalam bidang kesehatan, yaitu ....

- A. pembuatan BVH
- B. penggunaan *Fermentation-Produced Chymosin*
- C. pembuatan bt-corn
- D. produksi streptomycin
- E. produksi interferon

**Jawaban: E**

Penerapan bioteknologi modern dalam bidang kesehatan adalah produksi interferon, yaitu protein yang diproduksi dalam skala laboratorium menggunakan metode rekombinasi DNA. Interferon antara lain digunakan dalam mengobati penyakit hepatitis B dan C.

# LATIHAN SOAL 23

1. Zat-zat berikut yang dapat dihasilkan dengan bioteknologi, *kecuali* ....
  - A. antibodi
  - B. insulin
  - C. bioinsektisida
  - D. testosteron
  - E. vaksin influenza
2. Pernyataan yang benar terkait produksi interferon melalui rekayasa genetika adalah ....
  - A. dilakukan dengan teknik hibridoma
  - B. produksi protein dilakukan di dalam tubuh manusia
  - C. menggunakan plasmid *E. coli*
  - D. sama dengan antibodi monoklonal
  - E. menghasilkan hormon insulin
3. Organisme uniseluler lebih cocok untuk digunakan sebagai agen hayati dalam rekayasa genetik daripada organisme multiseluler.

## SEBAB

Organisme uniseluler lebih mudah mengalami mutasi bila dibandingkan dengan organisme multiseluler.

4. Sel-sel hibridoma dihasilkan dari penyatuan dua tipe sel berbeda dan mengandung gen-gen asli.

## SEBAB

Kombinasi gen baru dari sel hibridoma dapat diperoleh melalui teknik rekayasa genetika.

5. Sel-sel hibridoma adalah hasil karya bioteknologi yang bertujuan untuk menghasilkan ....
- 1) antibodi monoklonal
  - 2) anitbodi poliklonal
  - 3) hormon
  - 4) vaksin
6. Bakteri yang banyak digunakan untuk memisahkan tembaga dari campuran berbagai logam berasal dari genus ....
- A. *Thiobacillus*
  - B. *Pseudomonas*
  - C. *Acetobacter*
  - D. *Lactobacillus*
  - E. *Streptococcus*
7. Lingkaran untai DNA yang pendek dan dapat menyisip ke rantai untai DNA lainnya adalah ....
- A. kromosom
  - B. kromatin
  - C. gen
  - D. plasmid
  - E. endonuklease
8. Penerapan rekayasa genetika dalam bidang kesehatan, yaitu ....
- 1) pembuatan antibodi
  - 2) terapi gen
  - 3) produksi interferon
  - 4) implantasi organ
9. Vektor yang digunakan dalam memodifikasi DNA organisme adalah ....
- A. pistol gen
  - B. plasmid bakteri
  - C. enzim endonuklease
  - D. DNA ligase
  - E. kromosom
10. Pengolahan bahan makanan sehingga meningkat mutu rasa dan kualitas gizinya telah dilakukan oleh nenek moyang kita. Teknik yang dimanfaatkan dalam proses tersebut adalah ....
- A. rekayasa genetika
  - B. remediasi
  - C. fermentasi
  - D. plasmid Ti
  - E. diferensiasi
11. Keberhasilan rekayasa genetika tidak lepas dari adanya kemampuan plasmid yang berperan sebagai ....

- A. penyambung gen asing
- B. sumber gen penghasil sifat unggul
- C. pembawa gen asing pada *gene gun*
- D. penerjemah kode genetik
- E. pembawa gen asing pada sel bakteri

12. Rekayasa genetik dapat dilakukan dengan cara:

- 1. Inseminasi buatan
- 2. Kultur virus untuk produksi interferon
- 3. Radiasi buatan
- 4. Kultur jaringan
- 5. Penerapan teknik hibridoma

Rekayasa genetik yang diterapkan untuk memperoleh bibit unggul tanaman adalah ....

- |            |            |
|------------|------------|
| A. 1 dan 3 | D. 3 dan 5 |
| B. 1 dan 4 | E. 4 dan 5 |
| C. 2 dan 3 |            |

13. Salah satu cara pemanfaatan bioteknologi dalam bidang kedokteran adalah menyambungkan ....

- A. DNA bakteri ke dalam pankreas manusia
- B. kromosom bakteri ke dalam DNA manusia
- C. gen produksi insulin ke dalam DNA bakteri
- D. gen bakteri penghasil antibodi ke dalam DNA manusia
- E. gen antitoksin ke dalam DNA bakteri

14. Pengaruh negatif rekayasa genetik terhadap sumber daya protein hewani adalah ....

- A. meningkatnya biaya pemeliharaan hewan
- B. menurunkan variasi pada hewan
- C. meningkatkan daya tahan hewan terhadap virus
- D. meningkatkan populasi hewan
- E. menurunkan jumlah makanan yang dibutuhkan hewan

15. Organisme yang mengandung gen dari spesies lain disebut ....
- A. transplan
  - B. transgenik
  - C. mutan
  - D. implan
  - E. bakteri

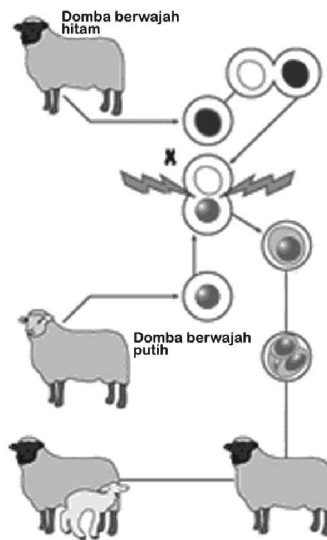
16. Rekayasa genetika telah menghasilkan tanaman transgenik.

**SEBAB**

Tanaman transgenik hasil rekayasa tidak memerlukan perlakuan penyesuaian diri sebelum ditanam di ladang.

17. Enzim yang digunakan untuk memotong DNA dalam rekayasa genetika adalah ....
- A. polimerase
  - B. DNA ligase
  - C. restriksi endonuklease
  - D. RNAase
  - E. Heksokinase
18. Interferon yang merupakan senyawa untuk mengobati beberapa penyakit kanker dapat diproduksi melalui teknik ....
- A. kloning
  - B. rekombinasi DNA
  - C. plasmid Ti
  - D. transfer enzim
  - E. hibridoma
19. Metode terapi gen kini mulai diterapkan untuk mencegah maupun mengobati beberapa penyakit. Terapi gen dapat dilakukan dengan cara ....
- A. mengubah gen mutan dengan gen dari organisme lain
  - B. menghentikan proses mutasi seluruh gen di dalam tubuh
  - C. menyisipkan gen baru yang dapat melawan penyakit
  - D. melakukan mutasi pada gen-gen tubuh
  - E. mematikan seluruh gen penyebab penyakit
20. Vektor dalam produksi insulin adalah ....
- A. *Bacteriophage*
  - B. enzim restriksi
  - C. kromosom manusia
  - D. *Eschericia coli*
  - E. sel hibridoma

21. Salah satu keuntungan dari kultur jaringan adalah ....
- tidak diperlukan lahan yang luas
  - tumbuhan harus dipersiapkan sebelum ditanam di tanah
  - tumbuhan yang dihasilkan memiliki variasi sifat
  - harus dilakukan pada kondisi yang amat steril
  - tidak dibutuhkan media lain selain agar
22. Pada proses rekayasa genetika tumbuhan, DNA yang diinginkan akan diekstraksi menggunakan ....
- Eschericia coli*
  - plasmid
  - ligase
  - endonuklease
  - Agrobacterium*
23. Perhatikan gambar berikut ini!



<http://s.hswstatic.com/gif/cloning-sheep.gif>

- Gambar di atas menunjukkan proses kloning domba Dolly. Pernyataan yang benar berkaitan dengan gambar di atas adalah ....
- Dolly merupakan perpaduan domba berwajah putih dan hitam



- B. Dolly merupakan klon induk yang menjadi donor sel telur
  - C. induk domba berwajah hitam yang mendonorkan inti sel somatik
  - D. nukleus sel telur dihilangkan dan diganti dengan nukleus sel somatik
  - E. gen dari sel telur yang diwariskan kepada Dolly
24. Produksi antibodi monoklonal merupakan hasil pemanfaatan salah satu cabang biologi, yaitu ....
- A. teknologi enzim
  - B. teknologi hibridoma
  - C. teknologi DNA rekombinan
  - D. teknologi fertilisasi *in vitro*
  - E. teknologi kultur jaringan
25. Tindakan yang mungkin dilakukan manusia untuk mencegah dampak negatif dari bioteknologi modern adalah ....
- A. menggunakan ragam bibit baik lokal maupun rekayasa
  - B. menggunakan pestisida pekat untuk memberantas hama
  - C. menerapkan sistem monokultur untuk memberantas hama
  - D. meningkatkan produksi dengan pemupukan dengan pupuk buatan
  - E. memanfaatkan mikroorganisme transgenik untuk penanganan limbah
26. Berikut ini beberapa peran bioteknologi dalam kehidupan.
- 1) Menghasilkan produk minuman/makanan
  - 2) Mengatasi masalah lingkungan seperti pencemaran sampah plastik
  - 3) Pengolahan bahan tambang
  - 4) Mengubah bahan makanan menjadi bentuk yang berbeda
  - 5) Meningkatkan gizi pada bahan makanan

Peran bioteknologi dalam bidang industri makanan, antara lain ....

- A. 1, 2, dan 3
- B. 1, 3, dan 4
- C. 1, 4, dan 5
- D. 2, 3, dan 4
- E. 2, 3, dan 5

27. Faktor-faktor yang menunjang berkembangnya teknik rekayasa genetika adalah ....

- 1) Plasmid
- 2) Enzim endonuklease
- 3) *Agrobacterium*
- 4) Antibiotik

28. Pada proses pembuatan sari kelapa digunakan mikroorganisme *Acetobacter xylinum* yang mengubah gula menjadi ....

- A. selulosa
- B. alkohol
- C. asam amino
- D. asam sitrat
- E. asam asetat

29. Ketika membuat roti, adonan selalu ditambahkan ragi. Hal ini karena penambahan ....

- A. ragi dapat melembutkan adonan roti
- B. ragi menghasilkan gas sehingga adonan mengembang
- C. ragi mengubah karbohidrat pada roti menjadi oksigen
- D. ragi mengurai polimer gula menjadi bentuk sederhana
- E. ragi menambahkan kadar zat gula pada roti manis

30. Pemanfaatan sifat totipotensi dalam kultur jaringan tumbuhan agar ....

- A. anakan seragam dalam jumlah besar dan cepat
- B. anakan bersifat lebih unggul daripada induknya
- C. bibit unggul yang diperoleh lebih rentan hama
- D. bibit unggul yang diperoleh dapat dihibridisasi
- E. anakan yang bersifat lebih tahan hama dari induknya



# **SOAL EVALUASI**





Biologi adalah ilmu tentang kehidupan dan organisme hidup, termasuk struktur, fungsi, pertumbuhan, evolusi, persebaran, dan taksonominya.

# SOAL EVALUASI BIOLOGI

1. Dahulu penyakit malaria diduga berasal dari keadaan udara yang buruk. Namun, berkat perkembangan ilmu biologi, saat ini penyebab penyakit tersebut dipelajari dalam cabang ilmu biologi ....

A. mikologi  
B. virologi  
C. bakteriologi  
D. parasitologi  
E. entomologi

2. Virus yang menyerang manusia dan menyebabkan sindrom penurunan kekebalan tubuh adalah ....

A.



D.



B.



E.

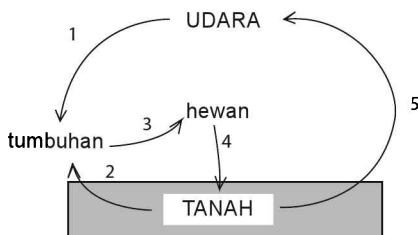


C.



3. Jenis ganggang yang menghasilkan asam alginat sebagai campuran dalam pembuatan es krim, kosmetik, dan industri tekstil adalah berasal dari golongan ....
- A. Cyanophyta
  - B. Chlorophyta
  - C. Chrysophyta
  - D. Rhodophyta
  - E. Phaeophyta
4. Padi (*Oryza sativa*) dan jagung (*Zea mays*) keduanya dimasukkan dalam famili *Poaceae* atau *Gramineae* sebab ....
- A. memiliki perawakan (*habitus*) berupa perdu atau pohon, bunga memiliki mahkota yang berbentuk kupu-kupu dan buah polong
  - B. memiliki batang tegak dengan ketinggian mencapai 30 m dan tidak bercabang, helai daun berbentuk kipas dengan tangkai panjang dan berduri, buah berbentuk buah batu yang kulit tengahnya berdaging dan dapat dimakan
  - C. memiliki rimpang yang berbentuk seperti umbi yang mengandung minyak yang mudah menguap dan berbau aromatik
  - D. memiliki batang beruas-ruas, bunga tidak bermahkota, daun berbentuk pita dan menghasilkan buah dengan 1 biji yang bijinya berlekatan dengan kulit buah
  - E. memiliki batang yang terdiri atas upih daun yang saling membalut, berdaun lebar, dan bunganya tersusun dalam bentuk tandan. Tumbuhan ini hidupnya merumpun dan berkembang biak dengan cara bertunas
5. Daerah yang termasuk konservasi keanekaragaman hayati secara *in situ* adalah ....
- A. kebun raya
  - B. suaka alam
  - C. hutan industri
  - D. kebun koleksi
  - E. kebun binatang
6. Tumbuhan lumut mempunyai ciri-ciri seperti tersebut di bawah ini, *kecuali* ....

- A. hidup di tempat lembap
  - B. mempunyai akar
  - C. mempunyai klorofil
  - D. berumah satu atau berumah dua
  - E. sporogonium menghasilkan spora
7. Bersamaan dengan keluarnya cairan ludah nyamuk saat mengisap darah manusia, maka ada kemungkinan masuknya *Plasmodium* ke dalam tubuh manusia, yaitu dalam bentuk ....
- A. sporozoit
  - B. kriptozoit
  - C. tropozoit
  - D. merozoit
  - E. gametosit
8. Dalam klasifikasinya, ayam dimasukkan ke dalam kelompok Vertebrata, sebab ....
- A. bernapas dengan paru-paru
  - B. *homiothermis* (suhu tubuh konstan tidak dipengaruhi perubahan suhu lingkungan)
  - C. *ovivar* (menghasilkan telur)
  - D. mempunyai ruas-ruas tulang belakang dan kranium
  - E. jantung terbagi menjadi 4 ruang dengan sekat sempurna
9. Di dalam ekosistem, cendawan berperan penting sebagai ....
- A. produsen
  - B. konsumen tingkat satu
  - C. konsumen tingkat dua
  - D. dekomposer
  - E. detritivor
10. Perhatikan gambar siklus nitrogen di bawah ini!





a. protein
b. nitrat
c. urea
d. <i>Rhizobium</i>
e. denitrifikasi

Pasangan yang benar antara label pada gambar dengan keterangan dalam tabel adalah ....

- |          |          |
|----------|----------|
| A. 1 – d | D. 5 – c |
| B. 4 – a | E. 3 – b |
| C. 2 – e |          |

11. Meningkatnya kadar  $\text{SO}_2$  di udara, dapat menyebabkan ....
 

A. terbentuknya hujan asam	D. peningkatan suhu udara
B. terjadinya efek rumah kaca	E. menyebabkan anoksia
C. rusaknya lapisan ozon	
  
12. Unsur yang paling sedikit jumlahnya di dalam protoplasma adalah ....
 

A. oksigen	D. hidrogen
B. karbon	E. nitrogen
C. ferum	
  
13. Penyusutan ekor berudu pada saat metamorfosis katak disebabkan oleh aktivitas ....
 

A. lisosom	D. ribosom
B. badan golgi	E. retikulum endoplasma
C. mitokondria	
  
14. Berikut ini beberapa pernyataan tentang kambium.
  - (1) Terdapat pada akar dan batang tumbuhan biji terbuka dan dikotil.
  - (2) Meristem sekunder yang berfungsi melakukan pertumbuhan batang dan akar ke arah melebar.
  - (3) Pertumbuhan yang dihasilkannya disebut pertumbuhan

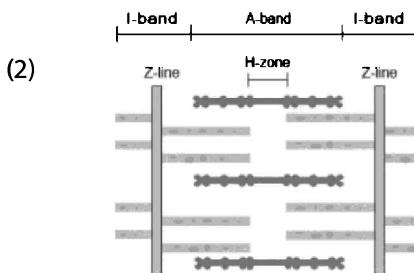
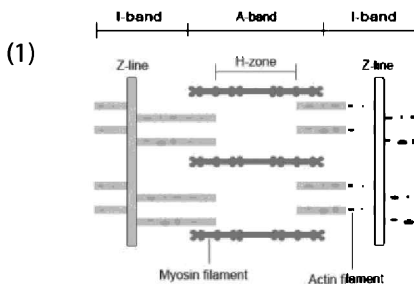
sekunder.

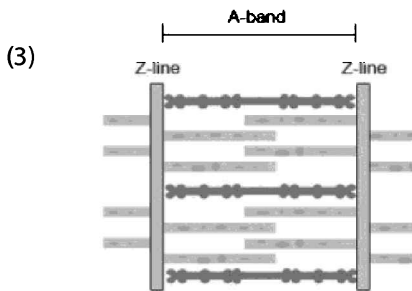
- (4) Kambium fasikuler dan interfasikuler menghasilkan unsur-unsur xilem dan floem sekunder.
- (5) Menghasilkan unsur-unsur floem ke arah dalam dan xilem ke arah luar.

Dari pernyataan-pernyataan di atas, pernyataan yang tepat tentang sifat dan fungsi kambium adalah ....

- A. 2, 3, 4, dan 5
- B. 1, 2, dan 3
- C. 4 dan 5
- D. 1, 2, 3, dan 4
- E. semua benar

15. Perhatikan mekanisme gerak otot berikut!





Gerakan yang paling banyak menggunakan ATP adalah ....

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 1 dan 3
- E. 2 dan 3

16. Bila ada orang dewasa mempunyai sistol 130 mmHg, maka bagaimanakah hubungan antara sistol, diastol, dan tekanan darah pada orang tersebut?

	Sistol	Diastol	Tekanan Darah
A.	naik	normal	normal
B.	naik	naik	normal
C.	naik	normal	tinggi
D.	naik	naik	tinggi
E.	naik	normal	rendah

17. Seorang anak dengan ciri-ciri sering kejang, pertumbuhan tulang tidak normal dan pembekuan darahnya lambat, kemungkinan anak tersebut kekurangan ....

- A. vitamin K
- B. unsur Ca
- C. vitamin D
- D. unsur P
- E. unsur Na

18. Gangguan dalam pengangkutan oksigen ke jaringan atau gangguan penggunaan oksigen oleh jaringan disebut ....

- A. asfiksi
- B. asidosis
- C. hipoksia
- D. sianosis
- E. asma

19. Tabel sistem ekskresi pada manusia:

No	Macam zat sisa	Hasil dari perombakan	Tempat perombakan	Dikeluarkan melalui
1	urea	protein	hati	ginjal
2	urea	protein	ginjal	ginjal
3	empedu	eritrosit	hati	kantung empedu
4	CO <sub>2</sub>	protein	hati	paru-paru
5	CO <sub>2</sub>	karbohidrat dan lemak	sel tubuh	paru-paru

Dari tabel di atas, proses pengeluaran zat sisa metabolisme (ekskresi) yang benar adalah ....

- A. 1 - 3 - 4
  - B. 1 - 3 - 5
  - C. 2 - 3 - 4
  - D. 2 - 3 - 5
  - E. 1 dan 3 saja
20. Fungsi neuron sensorik pada lengkung refleks pupil adalah ....
- A. menyampaikan impuls ke otak
  - B. menyampaikan impuls ke sumsum tulang belakang
  - C. menyampaikan impuls ke reseptor
  - D. menyampaikan impuls ke efektor
  - E. sebagai saraf penghubung di dalam pusat saraf
21. Pada manusia, selama kehamilan tidak terjadi ovulasi. Hal ini terjadi karena meningkatnya kadar hormon estrogen dan progesteron yang dihasilkan oleh ....
- A. hipofisis
  - B. korpus luteum
  - C. korpus albicans
  - D. hipofisis dan korpus albicans
  - E. korpus luteum dan korpus albicans

22. Sel darah putih yang berperan menghasilkan antibodi pada sistem imunitas humoral adalah ....

- |               |            |
|---------------|------------|
| A. neutrofil  | D. monosit |
| B. limfosit T | E. basofil |
| C. limfosit B |            |

23. Dua tanaman yang diberi perlakuan sama hanya mengalami pertumbuhan memanjang/ke atas saja. Selanjutnya:

- Tanaman 1: dipangkas bagian ujung-ujung/tunas apikalnya
- Tanaman 2: tidak dipangkas sama sekali

Beberapa hari kemudian:

- Tanaman 1: tumbuh tunas-tunas ketiak/tunas lateral
- Tanaman 2: tidak ada pertumbuhan tunas lateral

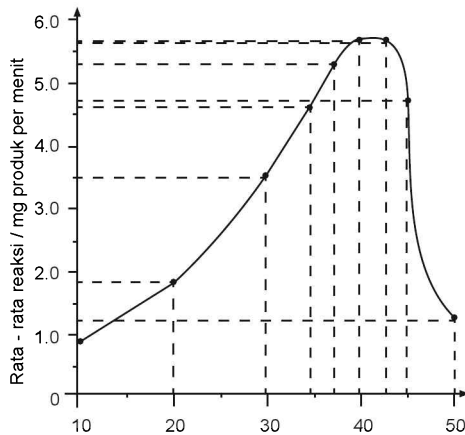
Beberapa minggu kemudian:

- Tanaman 1: telah tampak rimbun
- Tanaman 2: tetap seperti semula (tidak rimbun)

Kesimpulan yang *tidak benar* dari eksperimen di atas adalah ....

- A. hormon auksin menyebabkan dominansi apikal/dominansi pucuk
- B. pemangkasan ujung batang memacu pertumbuhan tunas lateral/tunas ketiak
- C. pada bagian ujung/apikal terdapat hormon auksin
- D. pada tanaman yang tidak dipangkas ujungnya, pertumbuhan tunas lateral dihambat oleh asam absisat (hormon dormin)
- E. hormon auksin menghambat pertumbuhan tunas lateral

24. Grafik kecepatan reaksi enzim:



Berdasarkan grafik di atas, hubungan yang tepat antara suhu dan kecepatan reaksi adalah ....

- A. peningkatan suhu selalu diikuti peningkatan kecepatan reaksi
- B. kecepatan reaksi meningkat tanpa batas akibat peningkatan suhu
- C. kecepatan reaksi maksimal terjadi pada saat suhu optimum ( $\pm 40^{\circ}\text{C}$ )
- D. suhu tidak berpengaruh pada peningkatan kecepatan reaksi enzimatis
- E. pemanasan dengan suhu tinggi menyebabkan sisi aktif enzim ditempati oleh inhibitor

25. Pada respirasi aerob, oksigen berperan pada proses ....

- A. glikolisis
- B. pembentukan asetil Ko.A
- C. siklus Krebs
- D. sistem transpor elektron
- E. pembentukan ATP

26. Proses-proses yang terjadi dalam respirasi aerob:

- (1) Siklus Krebs
- (2) Transpor elektron
- (3) Pembentukan asetil Ko. A
- (4) Glikolisis

Karbon dioksida yang dihasilkan pada respirasi aerob berasal dari proses ....

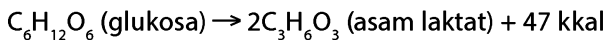
- A. 1, 2, dan 3
- B. 1 dan 3
- C. 2 dan 4
- D. 4 saja
- E. semua benar

27. Salah satu proses yang terjadi dalam fotosintesis adalah pemindahan elektron (*fosforilasi*) secara non-siklik. Yang benar dari proses tersebut adalah sebagai berikut, *kecuali* ....

- A. elektron yang terlepas dari klorofil tidak kembali lagi ke klorofil
- B. melibatkan fotosistem II (P680) dan fotosistem I (P700)
- C. terjadi fotolisis
- D. dihasilkan  $O_2$ , ATP, dan  $NADPH_2$
- E. terjadi pembentukan glukosa

28. Pada respirasi anaerob sel hewan berlangsung peristiwa di bawah ini:

- A. memerlukan glukosa dan  $O_2$
- B. menghasilkan asam laktat, ATP, dan  $CO_2$
- C. terjadi di bagian matriks mitokondria sel-sel otot
- D. penerima elektron dan hidrogen yang terakhir adalah asetaldehid
- E. persamaan reaksinya adalah:



29. Ciri-ciri struktur asam nukleat meliputi:

- (1) Komponen gula
- (2) Susunan basa purin
- (3) Bentuk rantai
- (4) Gugus fosfat

Dari keempat hal di atas, struktur ADN dengan ARN dapat dibedakan berdasarkan ....

- |                |                |
|----------------|----------------|
| A. 1, 2, dan 3 | D. 4 saja      |
| B. 1 dan 3     | E. semua benar |
| C. 2 dan 4     |                |

30. Tahapan sintesis protein:

1. Pengenalan kodon AUG (kodon start)
2. RNA<sub>t</sub> inisiator membawa asam amino metionin
3. Subunit ribosom kecil melekat pada ARN<sub>d</sub> dan ARN<sub>t</sub> inisiator
4. Menggabungkan asam amino yang baru tiba kedalam rangkaian polipeptida dengan bantuan enzim ARN<sub>r</sub>
5. Pengenalan kodon stop (UAA, UAG, UGA)

Tahapan proses translasi secara berurutan ditunjukkan oleh nomor ....

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| A. 3, 1, 2, 4, 5 | D. 3, 2, 1, 4, 5 |
| B. 1, 3, 2, 4, 5 | E. 5, 1, 3, 2, 4 |
| C. 1, 3, 2, 5, 4 |                  |

31. Sel-sel hasil pembelahan meiosis pada spermatogenesis:

- (1) spermatozoa
- (2) spermatosit sekunder
- (3) spermatid
- (4) spermatosit primer
- (5) spermatogonium

Dari sel-sel di atas, yang termasuk sel haploid adalah ....

- |                |            |
|----------------|------------|
| A. 1 dan 3     | D. 4 dan 2 |
| B. 1, 2, dan 3 | E. 4 dan 5 |
| C. 2, 4, dan 5 |            |

32. Tanaman kacang yang tinggi dominan terhadap pendek, warna bunga merah dominan terhadap warna putih. Jika dua tanaman kacang yang bersifat *double heterozygote* disilangkan, maka perbandingan yang dapat diharapkan dari keturunannya adalah ....



- A. 3 tinggi merah : 1 pendek putih
- B.  $\frac{1}{2}$  pendek putih :  $\frac{1}{2}$  tinggi merah
- C.  $\frac{1}{4}$  pendek putih :  $\frac{3}{4}$  tinggi merah
- D. 9 tinggi merah : 3 tinggi putih : 3 pendek merah : 1 pendek putih
- E. 9 tinggi merah : 3 tinggi putih : 3 pendek putih : 1 pendek merah

33. Perhatikan keterangan berikut!

H = hitam epistasis terhadap K

h = putih

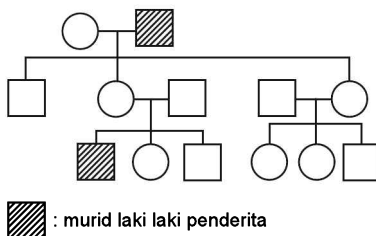
K = kuning hipostasis terhadap H

k = putih

Persilangan antara HHkk (hitam) dengan hhKK (kuning) menghasilkan keturunan yang semuanya berfenotip hitam. Apabila  $F_1$  disilangkan dengan sesamanya, akan diperoleh  $F_2$  dengan perbandingan ....

- A. hitam : kuning : putih = 12 : 3 : 1
- B. hitam : kuning = 9 : 7
- C. hitam : kuning : putih = 9 : 3 : 4
- D. hitam : kuning = 15 : 1
- E. hitam : kuning : putih = 9 : 6 : 1

34. Seorang murid menderita penyakit keturunan. Murid tersebut memiliki silsilah keluarga sebagai berikut.



Berdasarkan gambar silsilah di atas, penyakit tersebut disebabkan oleh ....

- A. gen resesif pada autosom
  - B. gen dominan pada autosom
  - C. gen resesif pada kromosom X
  - D. gen dominan pada kromosom X
  - E. gen pada kromosom Y
35. Berubahnya asam glutamat dari rangkaian asam amino hemoglobin A menjadi valin pada rangkaian asam amino hemoglobin S merupakan contoh ....
- A. mutasi kromosom
  - B. mutasi gen
  - C. mutasi besar
  - D. mutasi buatan
  - E. mutasi alami
36. Prinsip-prinsip penting dalam mekanisme evolusi:
- (1) Evolusi berkaitan dengan gejala seleksi alam terhadap faktor-faktor genetik.
  - (2) Seleksi alam dan variasi genetik merupakan mekanisme terjadinya evolusi.
  - (3) Jerapah berleher pendek menjadi jerapah berleher panjang.
  - (4) Tikus berekor panjang dipotong ekornya dan dikawinkan sesamanya tetap memiliki keturunan yang berekor panjang sampai beberapa generasi.
  - (5) Sifat atau ciri-ciri yang diperoleh dari lingkungan akan diwariskan kepada keturunannya.
- Pernyataan yang mendukung teori evolusi Lamarck adalah ....
- A. 1 dan 2
  - B. 1, 2, dan 3
  - C. 3 dan 1
  - D. 3 dan 5
  - E. 4 dan 5
37. Bila tidak ada kekuatan-kekuatan selektif atau mutasi, maka frekuensi suatu gen di dalam suatu populasi yang besar dari satu generasi ke generasi lain akan ....

- A. bertambah
- B. berkurang
- C. tidak dapat diprediksi
- D. kurang lebih sama
- E. berubah drastis

38. Hal-hal berikut sering dijadikan dasar pertimbangan untuk menggunakan mikroorganisme dalam bioteknologi, *kecuali* ....

- A. waktu regenerasinya pendek/cepat
- B. memiliki informasi genetik yang dapat dipertukarkan
- C. penolakan oleh gen asing kecil bahkan tidak ada
- D. mudah dikultur/dipelihara
- E. informasi genetiknya sederhana/sedikit

39. Berikut ini tahapan dalam kultur jaringan:

1. Perbanyakkan planlet
2. Pembentukan kalus sel
3. Aklimatisasi tanaman baru di tanah
4. Penumbuhan jaringan pada medium

Urutan tahapan yang benar adalah ....

- A. 1 - 2 - 3 - 4
- B. 2 - 3 - 1 - 4
- C. 3 - 2 - 4 - 1
- D. 3 - 1 - 2 - 4
- E. 4 - 2 - 1 - 3

40. Saat ini masalah pemenuhan kebutuhan pangan telah dapat diatasi berkat penemuan PST (Protein Sel Tunggal) yang dianggap memiliki banyak kelebihan seperti tersebut di bawah ini, *kecuali* ....

- A. penghasil *mikoprotein* yang sangat bergizi dan baik untuk kesehatan
- B. sumber energi tinggi
- C. nilai ekonominya tinggi
- D. dapat menggunakan ampas buah-buahan atau sisa berbagai produk pertanian sebagai media pembiakannya
- E. semua orang bisa melakukannya

# KESIMPULAN

## BAB 1. RUANG LINGKUP BIOLOGI

1	B	11	E	21	B
2	B	12	B	22	C
3	A	13	C	23	D
4	A	14	B	24	D
5	A	15	E	25	B
6	E	16	B	26	D
7	E	17	B	27	C
8	C	18	B	28	C
9	A	19	A	29	B
10	C	20	A	30	D

## BAB 3. BAKTERI

1	C	11	E	21	B
2	D	12	B	22	A
3	C	13	E	23	A
4	D	14	A	24	B
5	B	15	C	25	E
6	A	16	B	26	E
7	D	17	B	27	E
8	D	18	E	28	D
9	D	19	D	29	B
10	C	20	A	30	E

## BAB 2. VIRUS

1	B	11	D	21	A
2	C	12	B	22	A
3	C	13	C	23	D
4	E	14	C	24	B
5	D	15	D	25	C
6	A	16	C	26	A
7	C	17	A	27	A
8	D	18	B	28	D
9	D	19	E	29	C
10	A	20	E	30	A

## BAB 4. PROTISTA

1	B	11	A	21	A
2	C	12	A	22	D
3	C	13	C	23	A
4	B	14	A	24	C
5	E	15	D	25	B
6	C	16	E	26	E
7	C	17	C	27	D
8	B	18	E	28	C
9	E	19	B	29	D
10	A	20	E	30	C

### BAB 5. JAMUR

1	B	11	B	21	E
2	D	12	E	22	B
3	B	13	B	23	D
4	A	14	E	24	E
5	D	15	B	25	C
6	B	16	C	26	A
7	E	17	B	27	C
8	A	18	D	28	B
9	B	19	C	29	B
10	D	20	A	30	A

### BAB 7. PLANTAE

1	D	11	E	21	C
2	D	12	A	22	C
3	B	13	D	23	C
4	B	14	A	24	A
5	A	15	C	25	C
6	E	16	B	26	A
7	C	17	A	27	D
8	B	18	B	28	E
9	D	19	D	29	B
10	D	20	A	30	A

### BAB 6. KEANEKARAGAMAN HAYATI

1	A	11	D	21	E
2	D	12	B	22	E
3	E	13	C	23	B
4	D	14	B	24	C
5	B	15	E	25	D
6	C	16	C	26	C
7	A	17	D	27	B
8	D	18	D	28	A
9	B	19	B	29	D
10	C	20	C	30	E

### BAB 8. ANIMALIA

1	D	11	E	21	A
2	E	12	B	22	B
3	A	13	D	23	C
4	C	14	A	24	B
5	C	15	C	25	E
6	B	16	D	26	D
7	B	17	A	27	E
8	A	18	D	28	A
9	E	19	B	29	B
10	C	20	E	30	E

## BAB 9. EKOSISTEM

1	D	11	B	21	D
2	B	12	D	22	A
3	D	13	C	23	D
4	E	14	A	24	A
5	C	15	D	25	A
6	B	16	A	26	E
7	A	17	C	27	C
8	E	18	C	28	E
9	E	19	C	29	D
10	A	20	D	30	E

## BAB 11. JARINGAN

1	A	11	B	21	D
2	B	12	E	22	C
3	C	13	B	23	A
4	B	14	C	24	B
5	B	15	A	25	E
6	C	16	E	26	C
7	B	17	C	27	E
8	D	18	E	28	E
9	D	19	B	29	D
10	C	20	C	30	B

## BAB 10. STRUKTUR DAN FUNGSI SEL

1	A	11	C	21	A
2	C	12	C	22	C
3	D	13	C	23	D
4	B	14	C	24	E
5	B	15	D	25	C
6	B	16	A	26	B
7	A	17	B	27	C
8	D	18	B	28	A
9	E	19	D	29	E
10	B	20	C	30	C

## BAB 12. SISTEM GERAK

1	B	11	A	21	A
2	E	12	B	22	A
3	D	13	E	23	B
4	B	14	B	24	B
5	A	15	B	25	A
6	C	16	C	26	C
7	B	17	A	27	C
8	A	18	B	28	E
9	D	19	C	29	A
10	A	20	C	30	E

### BAB 13 SISTEM Sirkulasi

1	C	11	D	21	D
2	C	12	D	22	E
3	E	13	C	23	E
4	A	14	B	24	A
5	A	15	C	25	B
6	B	16	E	26	E
7	A	17	E	27	B
8	E	18	D	28	D
9	B	19	C	29	A
10	A	20	A	30	A

### BAB 15 SISTEM Pernapasan

1	A	11	C	21	A
2	D	12	C	22	A
3	B	13	D	23	B
4	D	14	A	24	C
5	A	15	D	25	A
6	C	16	A	26	C
7	D	17	E	27	B
8	C	18	B	28	E
9	C	19	C	29	A
10	E	20	A	30	E

### BAB 14 SISTEM Pencernaan

1	C	11	B	21	C
2	C	12	A	22	A
3	C	13	B	23	C
4	C	14	E	24	A
5	A	15	B	25	C
6	A	16	C	26	A
7	D	17	E	27	A
8	D	18	A	28	C
9	E	19	D	29	B
10	A	20	E	30	E

### BAB 16 SISTEM Ekskresi

1	A	11	A	21	A
2	A	12	A	22	A
3	B	13	C	23	A
4	B	14	D	24	B
5	B	15	B	25	D
6	B	16	D	26	C
7	D	17	B	27	C
8	C	18	A	28	A
9	B	19	A	29	D
10	C	20	C	30	E

**BAB 17 SISTEM SARAF**

1	B	11	E	21	D
2	E	12	B	22	E
3	B	13	E	23	E
4	C	14	D	24	E
5	B	15	C	25	D
6	E	16	B	26	A
7	E	17	B	27	E
8	A	18	A	28	B
9	A	19	B	29	B
10	B	20	C	30	A

**BAB 18 SISTEM REPRODUKSI DAN SISTEM IMUNITAS**

1	D	11	C	21	D
2	A	12	A	22	C
3	D	13	B	23	E
4	C	14	A	24	C
5	C	15	A	25	B
6	A	16	D	26	C
7	A	17	B	27	E
8	C	18	C	28	B
9	A	19	E	29	C
10	E	20	A	30	A

**BAB 19 PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN**

1	E	11	A	21	D
2	E	12	E	22	E
3	C	13	D	23	A
4	C	14	E	24	B
5	E	15	B	25	A
6	A	16	B	26	B
7	A	17	D	27	D
8	A	18	A	28	C
9	C	19	A	29	B
10	D	20	D	30	C

**BAB 20 METABOLISME**

1	B	11	B	21	A
2	B	12	D	22	A
3	E	13	C	23	C
4	D	14	E	24	A
5	D	15	D	25	C
6	D	16	A	26	B
7	D	17	D	27	A
8	D	18	B	28	B
9	A	19	C	29	B
10	B	20	C	30	B



### BAB 21 HEREDITAS

1	A	11	B	21	C
2	B	12	C	22	D
3	A	13	D	23	A
4	D	14	E	24	B
5	E	15	C	25	C
6	C	16	D	26	C
7	C	17	C	27	E
8	D	18	D	28	E
9	B	19	A	29	A
10	A	20	E	30	A

### BAB 23 BIOTEKNOLOGI

1	D	11	C	21	A
2	C	12	D	22	D
3	A	13	C	23	D
4	C	14	B	24	B
5	B	15	B	25	A
6	A	16	C	26	C
7	D	17	C	27	A
8	A	18	B	28	A
9	B	19	C	29	B
10	C	20	D	30	A

### BAB 22 MUTASI DAN EVOLUSI

1	A	11	A	21	D
2	E	12	A	22	C
3	A	13	C	23	D
4	A	14	B	24	C
5	D	15	D	25	D
6	A	16	C	26	A
7	C	17	D	27	C
8	B	18	C	28	D
9	B	19	C	29	B
10	C	20	B	30	E

## KUNCI JAWABAN SOAL EVALUASI

TRY OUT 1			
1	D	21	B
2	B	22	C
3	E	23	D
4	D	24	C
5	B	25	D
6	B	26	B
7	A	27	E
8	D	28	E
9	D	29	B
10	A	30	A
11	A	31	B
12	C	32	D
13	A	33	A
14	B	34	C
15	C	35	B
16	D	36	D
17	B	37	D
18	A	38	C
19	B	39	E
20	A	40	E



# DAFTAR PUSTAKA

- Aryulina D, Muslim C, Manaf S, Winami E.W. *Biologi untuk SMA/MA Kelas X, XI, dan XII*. Jakarta: Esis; 2005.
- Bakhtiar S. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional; 2011.
- Campbell NA, Reece JB, Mitchell LG. *Biology*. Penerjemah: Manalu W. Biologi. Jakarta: Erlangga; 2004.
- Campbell NA, Reece JB, Mitchell LG. *Biology*. San Francisco: Addison Wesley Longman; 1999.
- Corbeil JC, Archambault A. *Kamus Visual edisi Indonesia Inggris*. Jakarta: PT. Buana Ilmu Populer; 2004.
- Hopson JL, Norman KW. *Essential of Biology*. New York: McGraw-Hill Publishing; 1990.
- Imaningtyas. *Biologi untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga; 2014.
- Indrawan M, Primack R.B., Supriatna J. *Biologi Konservasi*. Jakarta: Penerbit Yayasan Obor; 2007.
- Kiswantara. *Geografi Jilid 2 untuk SMA dan MA Kelas XI*. Surakarta: Penerbit CV Buana Raya; 2007.
- Lestari ES, Kristinnah I. *Biologi 2 Makhluk Hidup dan Lingkungannya untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional; 2009.
- McLaren JE, Rotundo L. *Health Biology*. Massachusetts: D.C. Heath and Company; 1985.
- Odum E.P. *Dasar-Dasar Ekologi Edisi ke-3. Terj. Dari Fundamentals of*

- Ecology. Oleh T. Samingan dan B. Srigandono. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press; 1993.
- Oemarjati Boen S, Emawati Kaseng, dan Adnan. *Biologi untuk SMA dan MA Kelas X*. Jakarta: Widya Utama; 2007.
- Perker S. *The Human Body Book*. Penerjemah: dr. Winardini. Ensklopedi Tubuh Manusia. Jakarta: Erlangga; 2009.
- Rachmawati F, Urifah N, Wijayanti A. *Biologi untuk SMA/MA kelas XII Program IPA*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional; 2009.
- Saktiyono. *Seribu Pena Biologi untuk SMA/MA kelas X, XI, dan XII*. Jakarta: Erlangga; 2007.
- Sherwood L. *Human Physiology: from Cells to Systems*. Penerjemah: Pendit BU. Fisiologi Manusia: dari Sel ke Sistem. Edisi 6. Jakarta: EGC; 2011.
- Silverthorn DU. *Human physiology an integrated approach*. 5th Ed. San Francisco: Pearson Education Inc; 2010.
- Starr C, Toggart R, et al. *Biology: The Unity and Diversity of Life*. Belmont: Wadsworth Pub. Co; 1995.
- Subardi, Nuryani, Pramono S. *Biologi: untuk Kelas XII SMA/MA*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional; 2009.
- Tim Cipta Eksakta. *Sumber Soal Biologi SMA*. Bandung: Penerbit Epsilon Grup; 2009.
- Tottorra GJ, Derrickson BH. *Principles of Anatomy and Physiology*. 13th Edition. USA: John Wiley and Sons. Inc; 2012.
- Umirohana, W. *Cara Smart Selesaikan Semua Soal Biologi dalam Hitungan Detik! SMA Kelas X, XI, dan XII*. Yogyakarta: Quantum Ilmu; 2013.
- Utami, Basuki. *Super Bank Soal Biologi SMA untuk Kelas 1, 2, & 3*. Jakarta: Wahyu Media; 2010.
- Yusa M. B. S., Maniam, dan Awhinanto F. *Advanced Learning Biology 1 B Grade X Senior High School*. Bandung: Grafindo Media Pratama; 2014.

# TENTANG PENULIS

## **Annisa Rahmah Furqaani**

Lahir di Bandung, 4 Juli 1984. Lulus S1 dari Biologi, ITB dan S2 dari Biomedik, UI. Berpengalaman sebagai editor buku pelajara Biologi, kini Annisa aktif sebagai penulis dan pendidik di Yayasan Al-Faatih, Bandung. Buku yang pernah ditulis antara lain buku soal UN SMA, buku soal SBMPTN, serta buku soal Biologi jenjang SMA.

## **Avni Khairunnisa**

LahirdiMajalengka, 12 Juni 1985. Lulus S1 dari Biologi, ITB. Berpengalaman sebagai editor buku-buku pelajaran Biologi, kini Avni aktif sebagai penulis dan pengajar Sains. Ragam buku yang pernah ditulisnya antara lain, buku tematik, buku soal UN SMP-SMA, buku soal SBMPTN, dan buku-buku soal Biologi.

## **Kholifah**

Lahir di Pemalang, 13 Agustus 1984. Lulus S1 dari Biologi, UI. Berpengalaman menjadi asisten praktikum Embriologi dan Histologi di Universitas Darmais dan YARSI, Jakarta. Kholifah pernah menjadi staf editor buku pelajaran IPA dan menulis beberapa seri buku LKS Biologi SMA. Kini, aktif sebagai pengajar bimbingan belajar dan privat, serta menulis buku pelajaran bidang sains.

**Nita Kurnia Sari**

Lahir di Jakarta, 20 Desember 1990. Lulus S1 dari Biologi, UI. Nita pernah terlibat dalam penulisan jurnal ilmu kelautan bersama Tim Lab. Biologi Laut, Departemen Biologi, UI. Tulisannya dimuat di Journal Marine Research Indonesia (MRI). Kini, Nita aktif sebagai pengajar Biologi.

**Nestiyanto Hadi**

Lahir di Jakarta, 2 November 1989. Lulus S1 dan S2 dari Biologi, UI. Aktif sebagai dosen dan tutor olimpiade Biologi di berbagai daerah di Indonesia. Nestiyanto juga penggiat dalam dunia konservasi lingkungan perairan tawar dengan bergabung bersama komunitas Ciliwung-Cisadane.

**Sari Yulianti**

Lahir di Jakarta, 7 Juli 1984. Lulus S1 dari Biologi, UI. Sari aktif sebagai pengajar privat dan bimbingan belajar sejak tahun 2008. Saat ini, Sari aktif dalam komunitas menulis "Be A Writer".

# APPS TRY OUT SBMPTN

Untuk download apps try out SBMPTN penerbit cmedia, Anda dapat melakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Buka Google Play search "Tryout SBMPTN" atau "Penerbit Cmedia"
2. Klik Tryout SBMPTN dari Penerbit Cmedia.
3. Klik Install.





# APPS TOEFL CMEDIA

Untuk download apps toefl Cmedia, Anda dapat melakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Buka Google Play search "TOEFL CMEDIA" atau "Penerbit Cmedia".
2. Klik link "<https://play.google.com/store/search?q=toefl%20cmedia&c=apps>".
3. Klik TOEFL CMEDIA dari Penerbit Cmedia.
4. Klik Install.



# **GEBYAR BEASISWA PENERBIT CMEDIA**

Demi mewujudkan kepedulian dan keikutsertaan dalam membangun bangsa melalui bidang pendidikan, Penerbit Cmedia mempersembahkan **GEBYAR BEASISWA PENERBIT CMEDIA**. Penerbit Cmedia akan menyalurkan beasiswa dengan total nilai **100 juta rupiah** kepada siswa-siswi pilihan yang telah membeli buku-buku bertanda khusus yang diterbitkan oleh Penerbit Cmedia.

Adapun persyaratan yang harus dipenuhi siswa-siswi dalam mengajukan beasiswa sebagai berikut:

1. Struk/kuitansi pembelian buku ini.
2. Fotokopi nilai rapor semester terakhir.
3. Mengisi formulir asli yang terdapat di dalam buku ini.
4. Tulis "GBPC" di pojok kanan atas amplop.
5. **Like fans page PenerbitCmedia** dan **add facebook Penerbit Cmedia** sebagai teman.
6. **Follow** twitter **@penerbitcmedia**.

Dokumen persyaratan dikirim via pos ke alamat:  
**Redaksi Penerbit Cmedia**  
**Jalan H. Montong No. 57 Ciganjur, Jagakarsa**  
**Jakarta Selatan 12630**

**Periode 1**

Untuk pengiriman sampai 15 Mei 2015, pengumuman beasiswa akan diumumkan tanggal 15 Juni 2015.

**Periode 2**

Untuk pengiriman sampai 15 November 2015, pengumuman beasiswa akan diumumkan tanggal 15 Desember 2015.

**Periode 3**

Untuk pengiriman sampai 15 Mei 2016, pengumuman beasiswa akan diumumkan tanggal 15 Juni 2016.

**Periode 4**

Untuk pengiriman sampai 15 November 2016, pengumuman beasiswa akan diumumkan tanggal 15 Desember 2016.

**Periode 5**

Untuk pengiriman sampai 15 Mei 2017, pengumuman beasiswa akan diumumkan tanggal 15 Juni 2017.

**Periode 6**

Untuk pengiriman sampai 15 November 2017, pengumuman beasiswa akan diumumkan tanggal 15 Desember 2017.

Daftar penerima beasiswa akan diumumkan melalui website:  
[www.penerbitcmedia.com](http://www.penerbitcmedia.com)

Keputusan tim seleksi dari Penerbit Cmedia mengenai beasiswa tersebut bersifat mutlak dan tidak dapat diganggu gugat.

Dokumen persyaratan dikirim via pos ke alamat:  
Redaksi Penerbit Cmedia  
Jalan H. Montong No. 57 Ciganjur, Jagakarsa  
Jakarta Selatan 12630

## FORMULIR PENGAJUAN BEASISWA GEBYAR BEASISWA PENERBIT C MEDIA

Nama Lengkap : .....  
Tempat, Tanggal Lahir : .....  
Jenis Kelamin : .....  
Alamat Rumah : .....

Nomor Telepon : .....  
Email : .....

Alamat Sosial Media  
Facebook : .....  
Twitter : .....  
Google + : .....

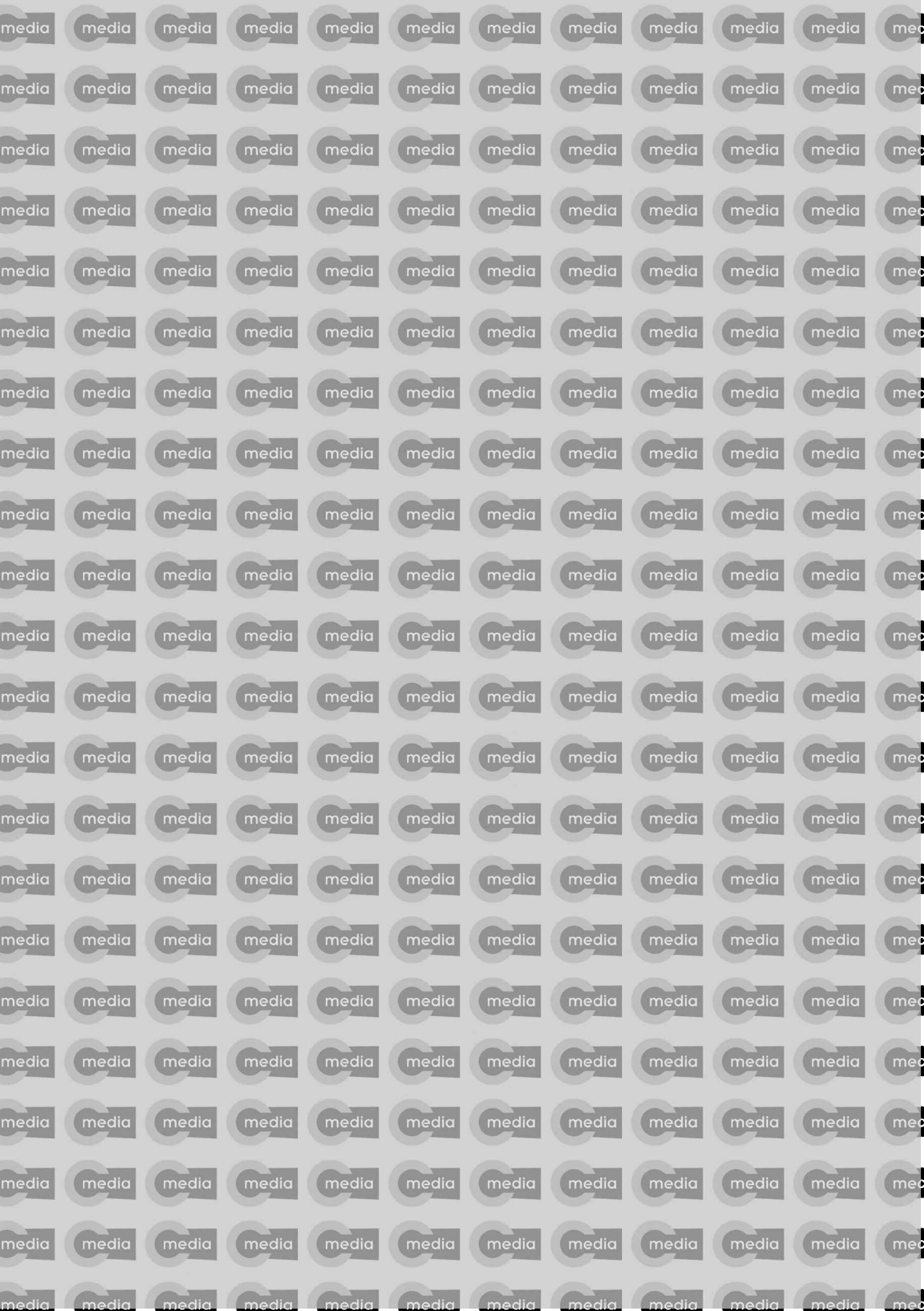
Nama Sekolah : .....  
Alamat Sekolah : .....

Nomor Telepon Sekolah : .....  
Nomor Induk Siswa : .....  
Kelas : .....  
Pelajaran yang Disukai : .....  
Hobi : .....  
Buku Pelajaran Favorit : .....  
Cita-cita : .....

Formulir pengajuan beasiswa ini diisi dengan sebenar-benarnya.  
Yang mengajukan beasiswa,

(.....)





# BIG BOOK

## BIOLOGI SMA KELAS 1, 2, & 3

*Big Book Biologi SMA Kelas 1, 2, & 3* hadir sebagai solusi bagi siswa SMA dan MA yang ingin memahami biologi secara menyeluruh dan mendalam. Siswa akan mendapatkan:

- **Kumpulan Ringkasan Materi Lengkap**, disusun secara padat dan jelas dari materi yang diajarkan di kelas 1, 2, & 3 untuk memudahkan siswa dalam mempelajari materi yang ada.
- **RATUSAN Soal dan Pembahasan**, dibahas dengan *Solusi Smart* yang mudah dipahami untuk memberikan gambaran bagi siswa tentang soal-soal yang diberikan dalam setiap bab.
- **RATUSAN Soal Latihan**, dibuat berdasarkan soal-soal yang sering muncul sebelumnya untuk melatih siswa dalam pemahaman materi yang telah diberikan dalam setiap bab.
- **Paket Soal Evaluasi**, merupakan kumpulan soal-soal dari setiap bab yang dikumpulkan di bagian akhir buku sebagai evaluasi akhir pemahaman materi siswa.

Dengan keunggulan-keunggulan tersebut, mendapatkan nilai 9 atau bahkan 10 dalam Ulangan Harian, Ujian Tengah dan Akhir Semester, Ujian Sekolah, hingga Ujian Nasional bukanlah perkara yang susah. Salam sukses!

media

ISBN (13) 978-602-1609-74-3

ISBN 602-1609-74-3



9 786021 609743

Pelajaran



|Penerbit Cmedia



||@penerbitcmedia



|+PenerbitCmedia



|redaksi@penerbitcmedia.com