

DIKTAT KULIAH

# **BIOLOGI UMUM**

Oleh:

**NIRWANA ANAS, S.Pd**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA**

**FAKULTAS TARBIYAH**

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI**

**SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2007**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT, dengan rahmat dan izin-Nya, Bahan Ajar sebagai rujukan materi dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran pada mata kuliah Biologi Umum Fakultas Tarbiyah Institut Agama Islam Negeri Sumatera Utara dapat diwujudkan.

Bahan Ajar ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dengan Bahan Ajar Mata Kuliah Biologi Umum merupakan Mata Kuliah Keahlian (MKK) yang khusus diberikan kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Tarbiyah Institut Agama Islam Negeri Sumatera Utara.

Bahan Ajar ini merupakan petunjuk bagi Pengampu Mata Kuliah Konsep Dasar IPA. Panduan Dosen dilengkapi dengan berbagai bagian: (1) Rasional; (2) Capaian Pembelajaran Prodi; (3) Deskripsi Mata Kuliah; (4) Capaian Mata Kuliah; (5) Analisis Pembelajaran; (6) Karakteristik Mahasiswa; (7) Materi Ajar; (8) Alokasi waktu dan materi matakuliah; (9) Tugas dan Penilaian; dan (10) Sumber Belajar.

Penulis menyadari bahwa panduan ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penyempurnaan Buku Ajar ini akan dilakukan seiring dengan perkembangan dan respon dari pembaca.

Penulis  
Nirwana Anas

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar

Daftar Isi

|          |                                    |     |
|----------|------------------------------------|-----|
| Bab I    | : Metode Ilmiah dalam Biologi..... | 1   |
| Bab II   | : Asal Usul Makhluk Hidup.....     | 10  |
| Bab III  | : S e l .....                      | 16  |
| Bab IV   | : Sifat Fisika Kimia Sel .....     | 26  |
| Bab V    | : Sistem Pencernaan Hewan .....    | 35  |
| Bab VI   | : Jaringan pada Tumbuhan .....     | 44  |
| Bab VII  | : Sistem Integumen Hewan .....     | 63  |
| Bab VIII | : Sistem Jaringan pada Hewan ..... | 82  |
| Bab IX   | : Sirkulasi Darah pada Hewan ..... | 111 |
| Bab X    | : Sistem Respirasi .....           | 121 |
| Bab XI   | : Sistem Reproduksi .....          | 133 |
|          | Daftar Pustaka .....               | 134 |

# BAB I

## METODE ILMIAH DALAM BIOLOGI

### 1. Hakikat Manusia dan Sifat Keingintahuannya

Manusia pada hakikatnya adalah makhluk yang mempunyai kemampuan berpikir logis dan analitis, sehingga dapat mengarahkan dirinya ketujuan yang positif dan lebih baik. Manusia mampu mengakumulasikan dan mengembangkan pengetahuan yang didapatnya, sehingga diperoleh pengetahuan yang lebih baru. Sifat keingintahuan dan perkembangan alam pikirnya juga berkembang sejalan dengan perkembangan fisik tubuhnya. Hewan pada hakikatnya juga mampu berpikir dan mempunyai pengetahuan, tetapi pengetahuan ini hanya terbatas untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya saja dan tidak berubah dari waktu ke waktu, hal ini sering disebut “idle curiosity”. (Kimbal, J.W,1990)

### 2. Metode Ilmiah

Metode ilmiah atau proses ilmiah merupakan proses keilmuan untuk memperoleh pengetahuan secara sistematis berdasarkan bukti fisis. Ilmuwan melakukan pengamatan serta membentuk hipotesis dalam usahanya untuk menjelaskan fenomena alam. Metode ilmiah yaitu menggabungkan cara berpikir deduktif dan cara berfikir induktif dalam membangun pengetahuan. Metode ilmiah harus mempunyai sifat bebas prasangka, bersih dan jauh dari pertimbangan subyektif, menggunakan prinsip analisis, menggunakan teknik kuantitatif dan atau kualitatif. Menggunakan suatu fakta haruslah dengan alasan dan bukti yang lengkap dan dengan pembuktian yang obyektif.

Metode ilmiah paling tidak terdiri dari tahapan berikut:

- 1) Perumusan masalah
- 2) Penyusunan hipotesis
- 3) Pengujian hipotesis
- 4) Penarikan kesimpulan.

Fungsi dari metode ilmiah diantaranya sebagai berikut:

- a) Mencari pengetahuan dimulai dari penemuan masalah yang harus dicari solusinya dan harus dipecahkan, menganalisis data, pengumpulan data, dan diakhiri dengan menarik suatu kesimpulan.
- b) Pembuktian suatu kebenaran tersebut bisa diatur oleh pertimbangan yang logis.
- c) Bisa membantu memecahkan masalah dengan tanda bukti yang memuaskan.

- d) Bisa menguji penelitian yang sudah dilakukan oleh orang lain dan mendapatkan kebenaran yang objektif dan memuaskan dan lain sebagainya.

### **Mikroskop**

Mikroskop berasal dari kata mikros dan scopein. Mikros berarti kecil dan scopein artinya melihat. Jika dijadikan satu maka menjadi mikroskop yang didefinisikan sebagai alat untuk melihat benda kecil untuk dilihat secara kasat mata. Sejarah mikroskop sendiri diawali pada masa Anthony Van Leeuwenhoek (1632-1723). Anthony Van Leeuwenhoek membuat mikroskop pertamanya pada tahun 1675 dengan cara menumpuk beberapa kaca pembesar. Melalui percobaan itu Anthony bias mengamati mikroorganisme dalam air. Dari situlah kemudian kegunaan mikroskop sebagai alat untuk melihat jasad renik mulai dikembangkan. (Kimball, J.W,1990).

#### **a. Bagian-Bagian Mikroskop**

1) Kaki

berfungsi menopang dan memperkokoh kedudukan mikroskop. Pada kaki melekat lengan dengan semacam engsel, pada mikroskop sederhana (model student).

2) Lengan

Dengan adanya engsel antara kaki dan lengan, maka lengan dapat ditegakkan atau direbahkan. Lengan dipergunakan juga untuk memegang mikroskop pada saat memindah mikroskop.

3) Cermin

Cermin mempunyai dua sisi, sisi cermin datar dan sisi cermin cekung, berfungsi untuk memantulkan sinar dan sumber sinar. Cermin datar digunakan bila sumber sinar cukup terang, dan cermin cekung digunakan bila sumber sinar kurang. Cermin dapat lepas dan diganti dengan sumber sinar dari lampu. Pada mikroskop model baru, sudah tidak lagi dipasang cermin, karena sudah ada sumber cahaya yang terpasang pada bagian bawah (kaki).

4) Kondensor

Kondensor tersusun dari lensa gabungan yang berfungsi mengumpulkan sinar.

5) Diafragma

Diafragma berfungsi mengatur banyaknya sinar yang masuk dengan mengatur bukaan iris. Letak diafragma melekat pada diafragma di bagian bawah. Pada mikroskop sederhana hanya ada diafragma tanpa kondensor.

6) Meja preparat

Meja preparat merupakan tempat meletakkan objek (preparat) yang akan dilihat. Objek diletakkan di meja dengan dijepit dengan oleh penjepit. Dibagian tengah meja terdapat lengan untuk dilewat sinar. Pada jenis mikroskop tertentu, kedudukan meja tidak dapat dinaik atau diturunkan. Pada beberapa mikroskop, terutama model terbaru, meja preparat dapat dinaik-turunkan.

7) Tabung

Di bagian atas tabung melekat lensa okuler, dengan perbesaran tertentu (15X, 10X, dan 15 X). Dibagian bawah tabung terdapat alat yang disebut revolver. Pada revolver tersebut terdapat lensa objektif.

8) Lensa objektif

Lensa objektif bekerja dalam pembentukan bayangan pertama. Lensa ini menentukan struktur dan bagian renik yang akan terlihat pada bayangan akhir. Ciri penting lensa obyektif adalah memperbesar bayangan obyek dengan perbesaran beraneka macam sesuai dengan model dan pabrik pembuatnya, misalnya 10X, 40X dan 100X dan mempunyai nilai apertura (NA). Nilai apertura adalah ukuran daya pisah suatu lensa obyektif yang akan menentukan daya pisah spesimen, sehingga mampu menunjukkan struktur renik yang berdekatan sebagai dua benda yang terpisah.

9) Lensa Okuler

Lensa mikroskop yang terdapat di bagian ujung atas tabung, berdekatan dengan mata pengamat. Lensa ini berfungsi untuk memperbesar bayangan yang dihasilkan oleh lensa obyektif. Perbesaran bayangan yang terbentuk berkisar antara 4 - 25 kali.

10) Pengatur Kasar dan Halus

Komponen ini letaknya pada bagian lengan dan berfungsi untuk mengatur kedudukan lensa objektif terhadap objek yang akan dilihat. Pada mikroskop dengan tabung lurus/tegak, pengatur kasar dan halus untuk menaik turunkan tabung sekaligus lensa objektif. Pada mikroskop dengan

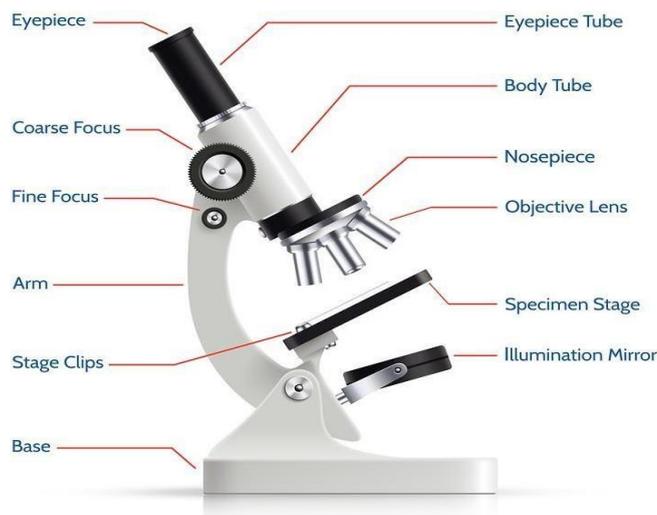
tabung miring, pengatur kasar dan halus untuk menaik turunkan meja preparat.

## **b. Macam – macam mikroskop**

Ada dua jenis mikroskop berdasarkan pada kenampakan obyek yang diamati, yaitu mikroskop dua dimensi (mikroskop cahaya) dan mikroskop tiga dimensi (mikroskop stereo). Sedangkan berdasarkan sumber cahayanya, mikroskop dibedakan menjadi mikroskop cahaya dan mikroskop elektron. (Rudenberg, 2010).

### 1) Mikroskop Cahaya

Mikroskop cahaya mempunyai perbesaran maksimum 1000 kali. Mikroskop mempunyai kaki yang berat dan kokoh dengan tujuan agar dapat berdiri dengan stabil. Mikroskop cahaya memiliki tiga sistem lensa, yaitu lensa obyektif, lensa okuler, dan kondensor. Lensa obyektif dan lensa okuler terletak pada kedua ujung tabung mikroskop. Lensa okuler pada mikroskop bisa berbentuk lensa tunggal (monokuler) atau ganda (binokuler). Pada ujung bawah mikroskop terdapat tempat dudukan lensa obyektif yang bisa dipasang tiga lensa atau lebih. Di bawah tabung mikroskop terdapat meja mikroskop yang merupakan tempat preparat. Sistem lensa yang ketiga adalah kondensor. Kondensor berperan untuk menerangi obyek dan lensa-lensa mikroskop yang lain. Pada mikroskop konvensional, sumber cahaya masih berasal dari sinar matahari yang dipantulkan dengan suatu cermin datar ataupun cekung yang terdapat dibawah kondensor. Cermin ini akan mengarahkan cahaya dari luar kedalam kondensor. Pada mikroskop modern sudah dilengkapi lampu sebagai pengganti sumber cahaya matahari. (Kimbal, J.W,1990).



**Gambar 1. Mikroskop cahaya ( Sumber: biology, Campbell )**

## 2) Mikroskop elektron

Mikroskop elektron mempunyai perbesaran sampai 100 ribu kali, elektron digunakan sebagai pengganti cahaya. Mikroskop elektron mempunyai dua tipe, yaitu mikroskop elektron scanning (SEM) dan mikroskop elektron transmisi (TEM). SEM digunakan untuk studi detil arsitektur permukaan sel (atau struktur renik lainnya), dan obyek diamati secara tiga dimensi. Sedangkan TEM digunakan untuk mengamati struktur detil internal sel.

## 3. **Biologi Sebagai Pengetahuan Ilmiah**

Biologi (**Bio = hidup** dan **logos = ilmu**) wajib dipelajari oleh siswa dan mahasiswa karena biologi sangat bermanfaat bagi kehidupan. Biologi sebagai studi tentang kehidupan dan saling hubungannya ini merupakan bagian dari IPA (Ilmu Pengetahuan Alam). Oleh karenanya kaidah- kaidahnya diperoleh melalui metode ilmiah. Biologi tersusun dari suatu kumpulan pengetahuan dan pandangan yang tersusun dan ditunjang secara sistematis oleh bukti-bukti formal atau oleh fakta-fakta yang dapat diamati. Fakta-fakta yang terpisah-pisah dikumpulkan untuk mengembangkan aturan, hukum, atau prinsip biologis. Oleh karenanya berkembanglah ilmu- ilmu yang dasarnya dari biologi, seperti: sitologi, embriologi, parasitologi, botani, dll., serta ilmu aplikasinya yang antara lain: biomedis, pertanian, peternakan, dll. Tingkatan-tingkatan dari organisasi Biologis adalah sbb:

### a. **Cells (sel)**

Sel merupakan unit organisasi terkecil yang menjadi dasar kehidupan dalam arti biologis. Semua fungsi kehidupan diatur dan berlangsung di dalam sel. Karena itulah, sel dapat berfungsi secara autonom asalkan seluruh kebutuhan hidupnya terpenuhi. Makhluk hidup (organisme) tersusun dari satu sel tunggal (*uniselular*, misalnya bakteri, Archaea, serta sejumlah fungi dan (Protozoa) atau dari banyak sel (*multiselular*). (Campbell, N.A,1999).

**b. Tissues (jaringan)**

Jaringan adalah sekelompok sel yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama. Jadi, jaringan hampir dimiliki oleh makhluk hidup bersel banyak (multiseluler). Setiap makhluk hidup berasal dari perkembangbiakan secara kawin (generatif) ataupun secara tak kawin (vegetatif). Pada perkembangbiakan secara kawin terjadi percampuran antara sel ovum dan sperma membentuk satu sel zigot. Zigot membelah terus-menerus sehingga terbentuk embrio, dan embrio berkembang menjadi individu baru. Sel zigot membelah berkali-kali, mula-mula membentuk sel yang seragam (blastula). Sel-sel tersebut belum mempunyai fungsi khusus. Pada saat perkembangan embrio, sel-sel tersebut berkembang menjadi berbagai jenis sel yang bentuknya sesuai dengan fungsinya. Sel mengalami diferensiasi dan spesialisasi. Jadi dari sel yang seragam berubah menjadi berbagai jenis sel yang bentuknya sesuai dengan fungsinya. (Campbell, N.A,1999)

**1) Jaringan Tumbuhan**

Berdasarkan sifatnya, jaringan tumbuhan dibedakan menjadi dua macam, yaitu jaringan meristematik dan jaringan permanen. Jaringan meristematik (jaringan embrional) terdiri dari kumpulan sel muda yang terus membelah menghasilkan jaringan yang lain. Contoh jaringan meristematik adalah jaringan meristem pada pucuk batang dan akar serta jaringan cambium. Jaringan meristem pada ujung batang dan akar mengakibatkan tumbuhan bertambah tinggi.

**2) Jaringan Hewan**

Pada tubuh hewan tingkat tinggi (Vertebrata) terdapat berbagai macam jaringan yang dapat dikelompokkan menjadi jaringan meristik, jaringan epithelium, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf.

- a. Organs (organ)
- b. Organ systems (sistem organ)
- c. Organisme (organisme/individu)
- d. Populations (populasi)
- e. Communities (komunitas)

#### **4. Klasifikasi Makhluk Hidup**

Ragam makhluk hidup di bumi ini bermacam-macam. Setiap jenis makhluk hidup memiliki ciri-ciri tersendiri sehingga terbentuk keanekaragaman makhluk hidup. Setiap makhluk hidup mempunyai keanekaragaman bentuk, ukuran, warna, habitat, dan tingkah laku berbeda yang menyebabkan kekayaan makhluk hidup sulit dipahami. Klasifikasi makhluk hidup bertujuan untuk menyederhanakan objek studi (Kusnadi, 2004).

Penyederhanaan ini sangat membantu untuk mengenali dan mendalami keanekaragaman sifat dan cirinya agar kekayaan dan keragaman makhluk hidup tersebut dapat dikenal dan disadari potensinya agar dapat diambil manfaatnya. Adapun manfaat dari pengklasifikasian ini adalah untuk memudahkan mempelajari organisme yang beraneka ragam dan untuk melihat hubungan kekerabatan antara makhluk hidup yang satu dengan yang lainnya (Syamsuri, 2006). Oleh karena itulah pengklasifikasian makhluk hidup sangat penting dilakukan dan membantu dalam mengenali makhluk hidup yang beragam. Klasifikasi adalah pengelompokan aneka jenis hewan atau tumbuhan kedalam golongan-golongan tertentu. Golongan ini digunakan secara runtut sesuai dengan tingkatannya, yaitu mulai dari yang terkecil sampai yang lebih besar.

Prinsip pengelompokan ini menurut ilmu taksonomi adalah dengan membentuk takson. Takson dilakukan dengan cara meneliti, baik dengan pengenalan, pencirian, mencari persamaan

ciri maupun perbedaan, penamaan, dan pengelompokan secara rinci. Semakin banyak persamaan maka hubungan kekerabatan semakin dekat dan semakin sedikit persamaan maka hubungan kekerabatan semakin jauh. (Sulistyorini,2009).

Klasifikasi berdasarkan keturunan dan hubungan kekerabatan (filogenetik) dapat mengalami perkembangan. Klasifikasi ini digunakan dan diakui secara internasional, bahkan dalam sejarah telah dilakukan beberapa kali perubahan sistem klasifikasi oleh ahli taksonomi yang disesuaikan dengan penemuan-penemuan baru saat ini.

a. Sistem Dua Kingdom

Sistem dua kingdom ini dinyatakan oleh seorang ahli dari Yunani yang bernama Aristoteles, dua kingdom yang dimaksud adalah:

1. Kingdom Plantae (Tumbuhan)

Kingdom ini terdiri dari berbagai macam tumbuhan, bakteri, ganggang, jamur, tumbuhan lumut, tumbuhan paku dan tumbuhan berbiji. Pada kingdom ini memiliki dinding sel, klorofil, serta mampu melakukan fotosintesis, kecuali bakteri dan jamur.

2. Kingdom Animalia (Hewan)

Kingdom ini terdiri atas protozoa, porifera, coelenterata, mollusca, arthropoda, dan chordata. Kingdom ini memiliki ciri sebagai berikut tidak berdinding sel, tidak berklorofil, dan dapat bergerak bebas.

b. Sistem Tiga Kingdom

Pada tahun 1866 seorang ahli botani dari Jerman yang bernama Ernst Haeckel menyarankan suatu pemecahan pengklasifikasian makhluk hidup menjadi tiga kingdom.

1. Kingdom Monera

Kingdom ini terdiri atas bakteri dan ganggang biru. Kingdom Monera ini memiliki ciri inti sel yang tidak berselubung (prokariot) dan tubuh bersifat uniseluler atau multiseluler.

2. Kingdom Plantae (Tumbuhan)

Kingdom ini terdiri dari bakteri, ganggang, jamur, tumbuhan

lumut, tumbuhan paku dan tumbuhan berbiji.

3. Kingdom Animalia (Hewan)

Kingdom animalia ini terdiri atas protozoa, porifera, coelenterata, Mollusca, arthropoda, dan chordata.

c. Sistem Empat Kingdom

Sistem empat kingdom ini dicetuskan oleh Robert Whittaker pada tahun 1959. Klasifikasi ini didasarkan pada penemuan inti sel. Dia melihat ada makhluk hidup yang intinya tidak memiliki membran (prokariotik) misalnya bakteri dan ganggang hijau biru. Ada beberapa makhluk hidup yang intinya diselubungi membran (eukariotik) misalnya jamur, ganggang (selain ganggang biru), tumbuhan dan hewan. (Kimball, J.W.1990)

## BAB II

### ASAL USUL MAKHLUK HIDUP

Manusia telah memikirkan tentang asal-usulnya selama beribu-ribu tahun. Tetapi, sampai saat ini satu-satunya sumber gagasan adalah pengertian-pengertian yang diperoleh dari ajaran-ajaran keagamaan dan berbagai perkembangan pemikiran filsafat. Baru pada zaman modern, bersama dengan mengalirnya berbagai jenis data, ia mampu mendekati masalah asal-usulnya dari sudut yang baru.

Kita hidup pada suatu masa yang di dalamnya nalar dan penaklukan oleh ilmu pengetahuan mengklaim sebagai telah berhasil memberikan jawaban-jawaban logis terhadap seluruh pertanyaan-pertanyaan besar yang diajukan oleh akal manusia. Demikian pula masalah asal-usul manusia oleh beberapa orang telah diajukan terutama sebagai suatu persoalan yang bisa sepenuhnya dijelaskan oleh ilmu pengetahuan sekular. *On the origin of species* karangan Darwin yang terbit di Inggris pada tahun 1895 telah meraih sukses besar dan selama bertahun-tahun yang mengikutinya menjadi jelas betapa besarnya akibat yang ditimbulkan suatu teori yang berkenaan dengan asal-usul manusia hanya sekedar menyampaikan dugaan-dugaan. Meskipun demikian sikap permusuhan mendasar terhadap ajaran-ajaran agama telah terwujud dan didalam teori Darwin orang melihat apa yang seolah-olah tampak sebagai hujah yang menentukan melalui apa yang tampak sebagai asimilasi logis. Mereka merasa bebas untuk mendalilkan bahwa manusia adalah keturunan Kera. Meski demikian sikap ini sesungguhnya telah jauh melampaui teori Darwin sebab dengan ekstrapolasi orang-orang itu berupaya untuk menegaskan bahwa sebagaimana spesies-spesies lain yang mesti berasal dari spesies lain yang telah mewujudkan spesies sebelumnya, Maka manusia pun harus muncul di bumi sebagai akibat dari evolusi dari suatu garis silsilah yang dekat dengan dunia hewan.

Tubuh makhluk hidup terdiri dari satu sel atau banyak sel-sel merupakan satu unit kehidupan. Pada dasarnya di bumi ini makhluk hidup ada 4 yaitu : Manusia, Hewan, Tumbuhan dan mikroorganisme kehidupan di bumi ada yang berpendapat dimulai sejak zaman purba (*arkeozoaikom*) yaitu organisme sederhana secara *refosionaire* mengalami perubahan yang lebih kompleks atau modern pada masa sekarang hampir sekitar 600 tahun yang lalu kehidupan di bumi yang berupa arcehea, bakteri protozoa dan organisme unit sel dari lainnya.

## 1. Teori Asal Usul Makhluk Hidup

Terdapat beberapa teori tentang asal usul makhluk hidup, yaitu:

### A. Teori Cosmozoa

Teori ini menyatakan bahwa makhluk hidup yang ada di bumi ini datang dari alam semesta yang lain. Diduga bahwa suatu benda yang berat telah menyebarkan benda hidup yang merupakan partikel-partikel kecil. Teori ini berasumsi bahwa benda hidup itu ada atau telah ada di suatu tempat dalam alam semesta ini dan benda hidup itu dapat dipertahankan selama perjalanan antar benda angkasa ke bumi (Sodiq, 2014).

### B. Teori Pfluger

Teori ini menyatakan bahwa bumi berasal dari suatu materi yang sangat panas, selanjutnya dari materi itu mengandung karbon dan nitrogen yang dapat membentuk senyawa *cyanogens* (CN). Senyawa CN terjadi pada suhu yang sangat tinggi, kemudian terbentuk zat protein pembentuk protoplasma yang akan menjadi makhluk hidup (Sodiq, 2014).

### C. Teori Transendental

Teori ini menyatakan bahwa benda atau makhluk hidup itu diciptakan oleh Tuhan diluar jangkauan sains atau ilmu pengetahuan. Keberagaman makhluk hidup sengaja diciptakan oleh Tuhan dalam bentuk yang kompleks dan rumit. Semuanya diciptakan dalam suatu proses dan waktu yang tepat dan disusun dari komponen yang seimbang dan akurat. Sejak awal makhluk hidup yang diciptakan oleh Tuhan, setiap jenis atau spesies memiliki ciri-ciri khusus oleh karena itu, setiap spesies makhluk hidup berbeda dengan makhluk hidup lainnya (Sodiq, 2014).

### D. Teori Modern

Ada beberapa pendapat yang mengemukakan tentang asal mula kehidupan di bumi ini berdasarkan hipotesis atau teori modern antara lain:

- *Generatio spontanea* = Abiogenesis

Sebelum abad ke-17 orang beranggapan bahwa makhluk hidup terbentuk secara spontan atau dengan sendirinya. Contohnya: Ulat atau belatung muncul dari bangkai tikus atau hewan yang mati, cacing muncul dengan sendirinya dari lumpur, dan lain-lain. Paham

ini disebut *abiogenesis* yaitu makhluk hidup dapat terbentuk dari bukan makhluk hidup. Paham ini dikemukakan oleh Aristoteles.

- *Omne vivum Ex ovo*

Fransisco Redi (1626-1597 M) seorang ahli biologi berasal dari bangsa Italia membuktikan bahwa ulat dan bangkai tikus berasal dari telur lalat yang diletakkan pada bangkai tikus tersebut. Dengan demikian, asal mula kehidupan adalah telur atau *omne vivum ex ovo*, jadi bukan muncul dengan sendirinya.

- *Omne ovo Ex vivo*

Lazzaro Spallanzani (1729-1799 M), membuktikan bahwa jasad renik/mikroorganisme yang menyebabkan kaldu busuk, bila di tutup rapat setelah di panaskan sampai mendidih, tidak terjadi pembusukan. Kesimpulannya adalah adanya telur harus ada jasad hidup lebih dahulu. Maka muncul teori *omne ovo ex vivo* atau telur berasal dari makhluk hidup.

- *Omne vivum Ex vivo*

Louis Pasteur (1822-1895 M), berasal dari bangsa Perancis, sarjana kimia melanjutkan percobaan Spallanzani. Dengan percobaan mikroorganisme, tumbuh kehidupan yang baru kemudian disebut *omne vivum ex vivo* atau biogenesis. Akan tetapi, asal mula kehidupan kembali jadi masalah, yang belum terjawab sampai sekarang. Walaupun hampir semua para ahli sependapat bahwa asal mula kehidupan itu timbul di bumi bukan dari luar angkasa.

- *Cosmozoa*

Ada pendapat lain yaitu makhluk hidup di bumi ini asal-usulnya dari luar bumi, mungkin dari planet lain. Benda hidup yang datang di bumi mungkin berbentuk spora yang aktif jatuh di bumi lalu berkembang biak. Pendapat ini tidak realistis dan lemah kebenarannya.

#### E. Teori Uray

Harold Uray (1893 M) bangsa Amerika ahli kimia mengatakan bahwa atmosfer bumi pada awalnya kaya akan gas-gas metana ( $\text{CH}_4$ ), amoniak ( $\text{NH}_3$ ), hydrogen ( $\text{H}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Zat-zat ini merupakan unsur-unsur penting yang terdapat dalam tubuh makhluk lainnya. Diduga karena adanya energi dari aliran listrik halilintar dan radiasi sinar

kosmos, unsur-unsur tersebut mengadakan reaksi kimia membentuk zat-zat hidup. Zat hidup yang mula-mula terbentuk adalah sama dengan virus yang ada sekarang. Zat itu berjuta-juta berkembang menjadi berbagai jenis organisme(Sodiq,2014).

## 2. Teori Natural (*Natural theory*)

Teori evolusi merupakan sebuah filsafat materialistik yang muncul bersamaan dengan kebangkitan filsafat-filsafat materialistik kuno dan kemudian menyebar luas di abad ke-19. Paham materialistik berusaha menjelaskan alam semesta melalui faktor-faktor materi dan mengingkari penciptaan filsafat materialistik, yang bertentangan dengan karakteristik paling mendasar akal manusia ini, memunculkan “Teori evolusi” dipertengahan abad ke-19(Syafi`i,2006).

Ada beberapa teori natural yaitu :

### A. Teori Lamarck

Lamarck telah menunjukkan “Letak berubah-relatif, spesies” yang “tetap hanya secara temporer.” Jika kondisi-kondisi kehidupan spesies-spesies itu berubah, maka spesies- spesies itu akan berubah “ukuran bentuk, proporsi pada berbagai bagian warna, kekuatan, kegesitan dan tekunan mereka.” Perubahan-perubahan yang terjadi didalam lingkungan kebutuhan-kebutuhan mereka atau menciptakan kebutuhan-kebutuhan baru. Jadi Lamarck menyatakan bahwa evolusi disebabkan karena adanya adaptasi(Sodiq,2014).

### B. Teori Darwin

Untuk memapankan doktrinnya, sekitar lima puluh tahun setelah Lamarck, Darwin mengetengahkan banyak fakta yang tampak lebih berarti dibandingkan dengan apa yang diketengahkan oleh pendahulunya. Tapi sayangnya Darwin beranggapan bahwa segala sesuatu dapat dijelaskan melalui dalil yang kuat tentang seleksi oleh alam itu. Dapat kita lihat dari buku miliknya yang berjudul “*On The Origin Of Spesies By Means Of Natural Selection Or The Preservation Of Favoured Races In The Stuggle For Life*” Maka, karena semakin banyak individu yang dilahirkan bukannya yang mungkin bertahan hidup, Pastilah terjadi perjuangan untuk mempertahankan eksistensi antara satu individu dan individu lain dari spesies yang sama atau individu lain dari spesies yang berbeda ataupun kondisi-kondisi fisik kehidupan. Karena itu, dapat dianggap mustahil setelah kita lihat bahwa variasi-variasi lain yang bagaimana pun bermanfaat bagi tiap makhluk dalam perjuangan hidupnya yang keras dan kompleks. Jika hal semacam ini terjadi dapatkah kita

meragukan bahwa individu- individu yang memiliki kelebihan kecil apapun atas yang lainnya akan mendapat kesempatan terbesar untuk bertahan hidup dan melahirkan keturunannya begitupula sebaliknya (Bucaile,1984).

Darwin menamakan proses ini "Evolusi melalui seleksi alam" seleksi alam membahas seputar gagasan bahwa makhluk hidup paling kuat menyesuaikan diri dengan kondisi alam habitatnya akan mendominasi dengan cara memiliki keturunan yang mampu bertahan hidup, sebaliknya yang tidak mampu akan punah(Syafi`i,2006).

### C.Teori Weisman

Sadar bahwa seleksi alam tidak berfungsi mendorong terjadinya evolusi. Evolucionis lalu memunculkan konsep "Mutasi" dalam teori mereka di abad ke-20. Mutasi adalah perubahan yang terjadi pada gen makhluk hidup karena pengaruh luar seperti radiasi atau reaksi kimiawi. Evolucionis menyatakan perubahan ini disebabkan organisme berevolusi. Akan tetapi berbagai penemuan ilmiah menolak pernyataan ini, sebab semua mutasi yang pernah diketahui ,hanya menyebabkan kerugian pada makhluk hidup.

Semua mutasi yang terjadi pada manusia mengakibatkan kelainan mental maupun fisik seperti: Mongolisme (Down's Syndrome), Albinisme (albino), dwarfisme (tubuh pendek) atau penyakit lain seperti kanker. Namun para evolucionis berusaha mengaburkan permasalahan, bahkan buku-buku pelajaran evolucionis dan contoh-contoh mutasi yang merusak ini disebut sebagai "bukti evolusi". Karena itulah *neo-darwinisme* harus mengangkat mutasi sejajar dengan seleksi alam sebagai penyebab perubahan-perubahan merugikan (Syafii, 2006). Weisman menyatakan bahwa evolusi merupakan masalah genetika. Jadi, evolusi adalah seleksi alam terhadap faktor genetika (Sodiq, 2014).

### Ciri-Ciri Makhluk Hidup :

Aktivitas yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup prosesnya tidak dapat diamati secara langsung, tetapi berdasarkan ciri-ciri yang dimilikinya. Makhluk hidup memiliki beberapa ciri yaitu : bernapas, bergerak, makan, tumbuh, peka terhadap rangsangan, dan dapat berkembang biak.

#### 1. Bernapas

Semua makhluk hidup melakukan proses pernapasan. Bernapas adalah proses

mengambil udara (O<sub>2</sub>) dari luar dan mengeluarkan udara (CO<sub>2</sub>) dari dalam tubuh. Oksigen (O<sub>2</sub>) sangat diperlukan makhluk hidup untuk pembakaran makanan dalam tubuh dan menghasilkan energi yang diperlukan tubuh atau disebut juga oksidasi tubuh. Energi ini digunakan tubuh untuk bergerak dan melakukan aktivitas lainnya.

Proses pernapasan makhluk hidup berbeda-beda, bergantung pada tempat hidup dan jenis makhluk hidup. Makhluk hidup yang hidup di darat memiliki sistem pernapasan yang berbeda dengan makhluk hidup yang hidup di air. Pernapasan burung berbeda dengan amfibi.

Manusia dan hewan di darat umumnya bernapas dengan paru-paru. Oksigen diambil dari udara melalui hidung. Untuk makhluk hidup yang hidup di air seperti ikan bernapas dengan insang. Makhluk hidup yang di air menggunakan oksigen yang terlarut dalam air untuk bernapas.

Bagaimana dengan tumbuhan, apakah mereka juga bernapas? Tumbuhan pun bernapas. Oksigen diambil oleh tumbuhan melalui stomata atau mulut daun, dan lentisel (lubang-lubang yang ada pada batang tumbuhan).

## 2. Bergerak

Bergerak merupakan salah satu ciri makhluk hidup. Gerak pada manusia dan hewan jelas tampak terlihat. Kamu dapat berjalan, berlari, dan menggerakkan tangan. Begitu juga dengan hewan dapat berlari, terbang, dan lain sebagainya. Untuk melakukan gerakan tersebut manusia dan hewan dibantu oleh alat gerak. Pada manusia tangan dan kaki Sedangkan pada hewan seperti sayap, sirip, kaki, silia, dan lainnya.

Selain manusia dan hewan, tumbuhan juga melakukan gerakan tapi gerakan ini tidak mudah dilihat. Contoh gerakan pada tumbuhan adalah menutupnya daun putri malu bila disentuh. Daun-daun pohon petai Cina yang menutup pada sore hari arah tumbuhnya tanaman selalu ke arah datangnya sinar matahari dan bunga matahari yang selalu menghadap matahari. Gerakan pada ini tumbuhan disebabkan karena ada rangsangan dari luar.

## 3. Makan

Seluruh makhluk hidup membutuhkan makanan, Makanan yang dimakan harus mengandung zat-zat makanan yang dibutuhkan oleh tubuh. Contohnya, karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan mineral. Karbohidrat sangat diperlukan tubuh untuk

menghasilkan energi. Zat makanan ini terdapat dalam umbi-umbian seperti singkong, kentang, dan ketela. Selain itu, terdapat dalam biji-bijian, seperti jagung, beras, gandum, dan tepung terigu. Lemak berfungsi sebagai cadangan makanan bagi tubuh. Lemak memiliki kalori paling tinggi dibandingkan zat makanan lainnya. Zat makanan ini terdapat dalam susu dan mentega.

Protein berfungsi untuk pertumbuhan dan mengganti sel-sel tubuh yang rusak. Protein dibagi menjadi dua macam yaitu protein hewani dan protein nabati. Protein hewani adalah protein yang berasal dari hewan contohnya: telur, daging, susu, dan ikan. Sedangkan, protein nabati adalah protein yang berasal dari tumbuhan contohnya: kacang-kacangan, dan buah-buahan.

Vitamin dan mineral diperlukan tubuh kita untuk mengatur proses kegiatan tubuh. Vitamin dapat diperoleh dari buah-buahan dan sayur-sayuran seperti: wortel, sayur bayam, kangkung, jeruk, alpukat, apel, dan sebagainya.

#### 4. Iritabilitas

Salah satu ciri makhluk hidup adalah respons terhadap rangsangan. Kemampuan makhluk hidup memberi tanggapan terhadap rangsangan disebut iritabilitas. Hewan memiliki sistem saraf dalam menanggapi adanya rangsangan sedangkan tumbuhan tidak. Rangsangan dapat disebabkan oleh faktor luar tubuh. Contohnya, mata kita akan mengedip bila terkena cahaya yang silau. Contoh reaksi rangsangan yang diterima hewan adalah anjing akan menegakkan telinga bila mendengar suara yang asing dan sekelompok rusa akan berlari bila ada pemangsa yang mengintai.

Gerak pada tumbuhan terjadi karena adanya rangsangan zat kimia, gaya gravitasi bumi, cahaya, air, dan sentuhan. Contohnya daun putri malu akan menutup bila disentuh, akar tumbuhan menjalar ke tempat banyak air, tumbuhnya batang tumbuhan ke arah sinar matahari, dan akar tumbuhan yang selalu tumbuh ke arah pusat bumi.

#### 5. Tumbuh

Makhluk hidup mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Contohnya jika kamu menanam biji akan tumbuh menjadi kecambah, kemudian menjadi tanaman kecil. Jika tanaman tersebut kamu siram setiap hari, maka akan tumbuh menjadi tanaman yang besar. Pertumbuhan merupakan penambahan sel-sel tubuh sehingga ukuran tubuh bertambah dan tidak bisa mengecil kembali. Hewan dan tumbuhan juga mengalami pertumbuhan seperti

manusia yaitu ukuran tubuhnya makin besar yang pertumbuhannya dapat diukur.

#### 6. Berkembang Biak

Biasanya, di sekitar pohon pisang terdapat tunas-tunas baru. Hal ini merupakan contoh perkembangbiakan pada tumbuhan. Berkembang biak atau reproduksi adalah kemampuan makhluk hidup untuk memperoleh keturunan. Cara perkembangbiakan pada hewan dibagi menjadi dua macam yaitu secara generatif (kawin) dan secara vegetatif (tak kawin). Pada hewan tingkat tinggi umumnya berkembang biak secara kawin sedangkan pada hewan tingkat rendah berkembang biak dengan vegetatif (tak kawin). Tumbuhan tidak hanya berkembang biak dengan biji, tetapi juga dapat berkembang biak secara vegetatif kawin (Suryadi,2010).

## BAB III

### S E L

Sel merupakan unit terkecil dari makhluk hidup. Di dalam sel terdapat protoplasma yang tersusun atas karbohidrat, lemak, protein, dan asam nukleat. Berdasarkan tipe sel dibedakan menjadi 2 yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik, sel prokariotik yaitu sel yang tidak memiliki membran inti dan sel eukariotik, yaitu sel yang memiliki membran inti dan penemuan tentang sel dan segala aktivitasnya, lahirnya teori sel bahwa sel merupakan kesatuan struktural, kesatuan fungsional, kesatuan pertumbuhan, kesatuan hereditas, dan kesatuan reproduksi makhluk hidup.

Secara struktural sel merupakan penyusun makhluk hidup. Bagian dari sel meliputi: membran plasma, nukleus, dan sitoplasma. Membran tersusun dari lipoprotein, yaitu adanya ikatan lemak dan protein. Nukleus terdapat nukleolus yang berfungsi untuk sintesa ribosom, nukleus berfungsi untuk mengendalikan aktivitas sel sitoplasma mengandung organel-organel sel, seperti retikulum, endoplasma, ribosom, badan golgi, lisosom, mitokondria, mikrotubul, dan mikro filamen.

#### **Definisi & Sejarah Sel**

Sel adalah unit terkecil yang mempunyai sifat – sifat kehidupan sel, kali pertama dilihat oleh Robert Hook dalam jaringan tumbuh-tumbuhan mati yang struktur selnya terdiri dari inti sel (nukleus), sitoplasma, dinding plasma, (Alkatiri,1996). Sel adalah unit kehidupan terkecil, yang berarti sel ini menjalani metabolisme, homeostasis, pertumbuhan, dan reproduksi. Setelah hampir 200 tahun dari penemuan, sel dianggap sebagai bagian sistem membran dalam organisme multisel, yang tidak terpisahkan. Hingga 1820-an, perkembangan lensa yang pesat menyebabkan pengamatan yang lebih teliti terhadap sel. Robert Brown, ahli biologi adalah penemu nukleus sel tumbuhan. Matthias Schleiden, ahli biologi lainnya, memiliki hipotesis bahwa satu sel tumbuhan adalah satu unit kehidupan saat sel tersebut menjadi bagian tumbuhan. Schleiden membandingkan catatannya dengan ahli zoologi Theodor Schwann dan keduanya menyimpulkan bahwa jaringan hewan dan tumbuhan tersusun dari sel dan produk sel. Mereka mengetahui bahwa sel memiliki kehidupan saat menjadi bagian dari tubuh multisel.

Pemahaman lainnya datang dari ahli fisiologi, Rudolf Virchow, yang mempelajari bagaimana sel bereproduksi (bagaimana sel menghasilkan keturunan).

Beliau menyadari bahwa setiap sel berasal dari sel hidup lainnya. Pengamatan ini dan pengamatan lainnya menghasilkan empat generalisasi yang sekarang disebut teori sel yakni:

- a. Setiap organisme hidup terdiri atas satu atau lebih sel.
- b. Sel ialah unit struktural dan fungsional organisme. Satu sel merupakan unit kehidupan terkecil sebagai bagian organisme.
- c. Semua sel hidup berasal dari pembelahan sel lain yang sebelumnya hidup.
- d. Sel mengandung materi yang diwariskan ke keturunannya selama pembelahan.

Teori sel pertama diterbitkan tahun 1839 oleh Schwann dan Schleiden, selanjutnya direvisi dan menjadi dasar biologi modern. Teori ini merupakan interpretasi radikal tentang alam, yang mendasari kesatuan hidup. Bersamaan dengan teori lainnya, teori sel tetap digunakan dan terbuka untuk revisi bila terdapat data baru yang tidak mendukungnya (Starr,2012).

Sel bersifat fundamental (mendasar) bagi sistem kehidupan dalam ilmu biologi seperti halnya atom bersifat fundamental bagi ilmu kimia. Semua organisme tersusun dari sel dalam jenjang organisasi biologis sel merupakan kumpulan materi paling sederhana yang hidup (Champbell,2008).

Hampir semua sel mirip dalam tiga aspek yaitu: membran plasma, DNA, dan sitoplasma.

- a. Membran plasma adalah membran terluar sel. Membran ini memisahkan aktivitas metabolisme dari peristiwa diluar sel, tetapi tidak mengisolasi bagian dalam sel. Air, karbon dioksida dan oksigen dapat menembus membran ini. Zat lain dapat menembus dengan bantuan protein membran.
- b. Semua sel memulai kehidupan dengan sebuah nukleus. Bentuk yang memiliki membran ganda ini menandung DNA sel . DNA sel prokariotik yang berpusat di bagian sitoplasma yang disebut nukleoid.
- c. Sitoplasma merupakan campuran semifluida dari air, gula, ion, dan protein yang berada di antara membran plasma dan daerah DNA. Berbagai komponen sel berada di dalam sitoplasma. Contohnya, ribosom, struktur, tempat pembentukan protein, terdapat di sitoplasma (Starr,2012).

**Tabel 2.1: Perbedaan Sel Tumbuhan, Hewan, Bakteri dan Virus.**

| No  | Prokariota                              |   |                        | Eukariota    |           |
|-----|---|---|------------------------|--------------|-----------|
|     | Komponen Sel                            | Fungsi Utama  | Bakteri<br>Archaea     | Tumbuhan     | Hewan     |
| 1.  | Dinding sel                             | Proteksi, pendukung struktur.   | Sebagian ada dalam sel | Ada          | Tidak ada |
| 2.  | Membran plasma                          | Kontrol zat masuk dan keluar  | Ada                    | Ada          | Ada       |
| 3.  | Nukleus                                 | Pemisahan DNA secara fisik dari sitoplasma  | Tidak ada              | Ada          | Ada       |
| 4.  | DNA                                     | Mengodekan informasi genetik  | Ada                    | Ada          | Ada       |
| 5.  | Nukleolus                               | Membentuk subunit ribosom   | Tidak ada              | Ada          | Ada       |
| 6.  | Ribosom                                 | Pembentukan protein   | Ada                    | Ada          | Ada       |
| 7.  | Retikulum endoplasma (RE)               | Pementukan, modifikasi protein membran, pembentukan lipid.                                  | Tidak ada              | Ada          | Ada       |
| 8.  | Badan golgi                             | Modifikasi akhir protein membran, menelaah dan membungkus protein dan lemak dalam veksikel. | Tidak ada              | Ada          | Ada       |
| 9.  | Lisosom                                 | Pencernaan intraseluler   | Tidak ada              | Sebagian ada | Ada       |
| 10. | Sentriol                                | Organisasi elemen sitoskeleton.   | Sebagian ada           | Sebagian ada | Ada       |
| 11. | Mitokondria                             | Pembentukan ATP   | Tidak ada              | Ada          | Ada       |
| 12. | Kloroplas                               | Fotosintesis  | Tidak ada              | Ada          | Tidak ada |
| 13. | Vakuola sentral                         | Penyimpanan   | Tidak ada              | Ada          | Tidak ada |
| 14. | Flagela bakteri                         | Pergerakan dalam lingkungan cair  | Sebagian ada           | Tidak ada    | Tidak ada |
| 15. | Flagela atau Silium dengan mikrotubulus | Pergerakan dalam lingkungan cair  | Tidak ada              | Sebagian ada | Ada       |
| 16. | Sitoskeleton                            | Bentuk sel, organisasi internal, dasar pergerakan sel, pergerakan .                         | Sebagian ada           | Sebagian ada | Ada       |

Tabel 2.1 memperlihatkan perbedaan antara sel bakteri, tumbuhan dan hewan

sedangkan struktur virus sangatlah berbeda. Virus hanya terdiri dari kepala virus ,leher virus dan ekor virus.ganel-organel sel virus terdiri dari kapsid, asan nukleat (DNA), selubung ekor, serabut ekor , lempeng dasar danjarum penusuk.(Starr,2012).

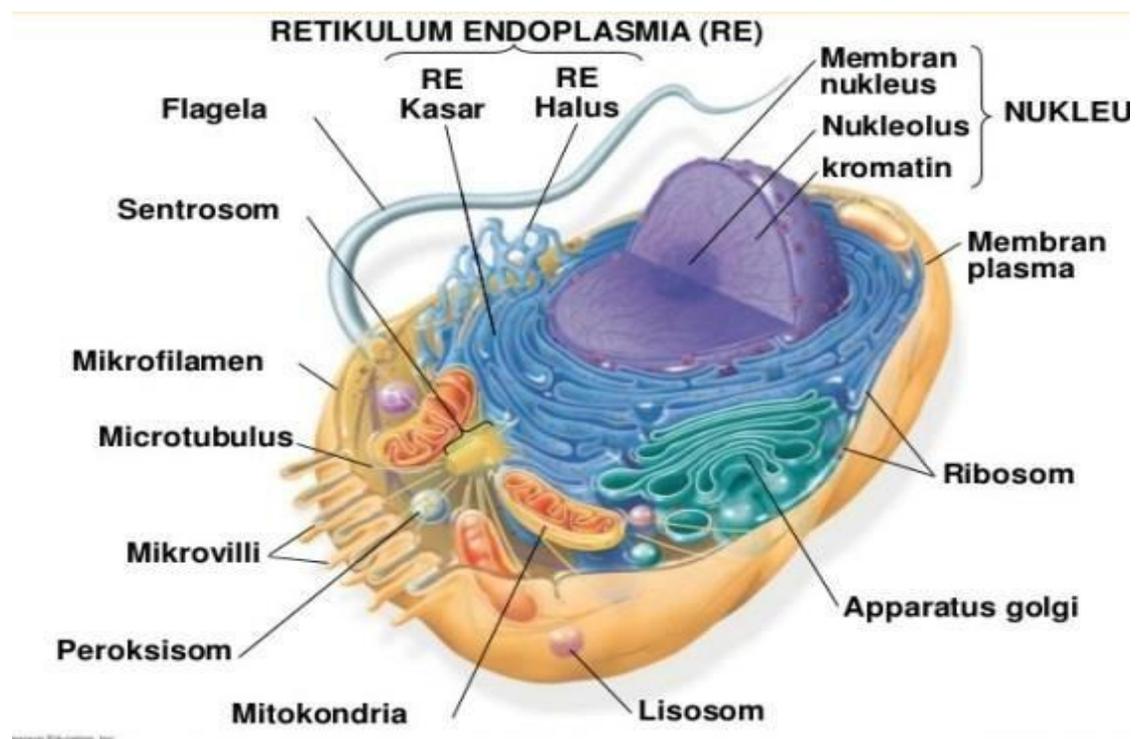
## Organel dan Fungsi Sel

### 1. Sel Eukariota

#### a. Sel hewan

Penggambaran sel hewan pada umumnya ini menampilkan struktur-struktur sel hewan yang paling umum ditemukan (sebenarnya tidak ada sel yang sama persis dengan gambar). gambar irisan, sel ini memiliki berbagai kompoen, termasuk organel (organ kecil ), yang dibatasi membran. Organel yang menonjol dalam sel hewan biasanya nukleus. sebagian besar aktivitas metabolisme sel terjadi dalam sitoplasma. Sitoplasma mengandung banyak organel dan komponen sel lain yang tertanam dalam medium semicair, sitosol. Labirin membran yang disebut retikulum endoplasma (RE) menjulur kesana kemari di dalam sitoplasma (Champbell,2008).

Sel hewan termasuk sel eukariota. Dimana semua sel eukariota memulai kehidupan dengan nukleus. Eu berarti benar. Caryonberarti kernel nukleus). Nukleus adalah organel. Organel adalah struktur yang menjalankan fungsi tertentu dalam sel (Starr,2012).



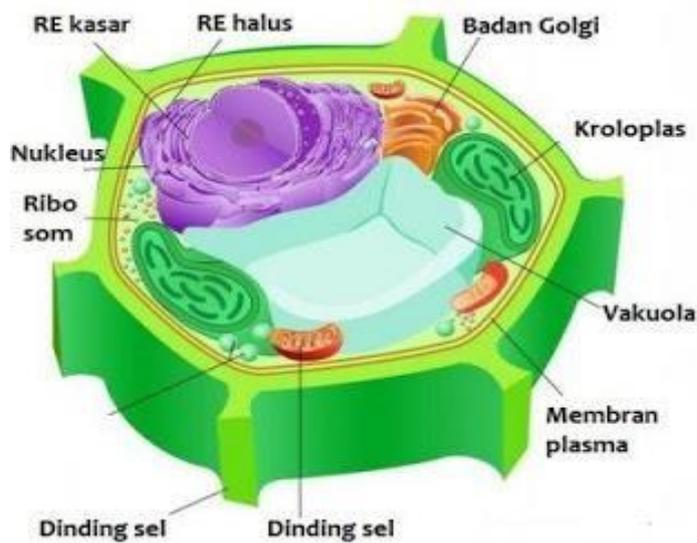
Sumber: [http://google.com//retikulum-endoplasma-\(RE\)](http://google.com//retikulum-endoplasma-(RE))

Chambell 2008 mengemukakan tentang organel sel dalam sel hewan dan fungsinya yakni sebagaimana yang diperlihatkan pada tabel berikut:

| Organel sel               | Fungsi Organel sel  |
|---------------------------|---|
| Retikulum Endoplasma (RE) | Jejaring kantong dan tabung bermembran, aktif dalam sintesis membran dan proses sintesis serta proses metabolik lain, memiliki wilayah kasar (teranami ribosom) dan halus.  |
| Nukleus                   | <b>Selaput nukleus</b> : membran ganda yang menyelubungi nukleus, berpori-pori berhubungan dengan retikulum endoplasma.<br><b>Nukleolus</b> : struktur yang terlibat dalam produksi ribosom, nukleus memiliki satu atau lebih nukleolus.<br><b>Kromatin</b> : materi yang terdiri dari DNA dan protein, tampak sebagai kromosom individual ketika sel membelah. |
| Membran plasma            | Membran yang berfungsi menyelubungi sel   |
| Ribosom                   | Kompleks (titik-titik coklat kecil) yang membuat protein, bebas dalam sitosol atau berikatan dengan RE kasar atau selaput nukleus.  |
| Apparatus golgi           | Organel yang aktif dalam sintesis, modifikasi, pemilahan dan sekresi produk-produk sel.   |
| Lisosom                   | Organel pencernaan tempat makromolekul dihidrolisis.  |
| Mitokondria               | Organel tempat respirasi selular terjadi dan sebagian besar ATP dihasilkan.   |
| Peroksisom                | Organel dengan berbagai fungsi metabolik dengan terspesialisasi, menghasilkan hidrogen peroksida sebagai produk sampingan, kemudian mengubahnya menjadi air.  |
| Mikrovili                 | Penjuluran yang meningkatkan luas permukaan sel.  |
| Mikrofilamen              | Membantu dalam gerak sel dan terbuat dari protein yang aktin.   |
| Mikrotubulus              | Mengarahkan gerakan komponen-komponen sel, serta membantu pembelahan sel secara mitosis.  |
| Sentrosom                 | Wilayah tempat mikrotubulus sel bermula, mengandung sepasang sentriol.  |
| Flagela                   | Organel lokomosi yang ada pada beberapa sel hewan, tersusun atas kumpulan mikrotubulus didalam penjuluran membran plasma.   |

## b. Sel Tumbuhan

Sama seperti dengan sel hewan sel tumbuhan termasuk kedalam sel Eukariotik. Dimana semua sel eukariota memulai kehidupan dengan nukleus. Eu berarti benar. Caryon berarti kernel nukleus). Nukleus adalah organel. Organel adalah struktur yang menjalankan fungsi tertentu dalam sel. Banyak organel terutama dalam sel eukariota, dibungkus membran. Seperti semua membran sel, membran yang mengelilingi organel mengontrol jenis dan jumlah zat yang menembusnya. kontrol ini memelihara kondisi lingkungan internal yang mendukung organel sel untuk menjalankan fungsinya (Starr,2012).



Sumber: <http://google.com/Organel-sel>

Organel sel dan fungsi organel sel yang terdapat di sel tumbuhan yaitu :

| Organel Sel     | Fungsi organel sel   |
|-----------------|--|
| Dinding sel     | Melindungi dan mendukung struktur sel  |
| Kloroplas       | Berfungsi khusus untuk fotosintesis  |
| Vakuola sentral | Meningkatkan luas permukaan sel, menyimpan sampah metabolik  |
| Nukleus         | Menjaga DNA terpisah dari sitoplasma, membuat subunit ribosom dan mengontrol akses ke DNA. Terbagi atas membran nukleus, nukleolus, dan DNA dalam nukleoplasma |
| Ribosom         | (berikatan atau bergerak bebas dalam sitoplasma) situs pembentukan protein   |
| RE kasar        | Memodifikasi protein yang dibuat ribosom yang berikatan dengannya  |
| RE halus        | Membuat lipid, memecah karbohidrat dan lipid, inaktivasi racun   |
| Badan golgi     | Menyelesaikan, menelaah dan membawa lipid, enzim, membran, dan protein sekreta   |

|                |  |
|----------------|--|
| Lisosom        | (seperti vesikel ), mencerna, mendaur ulang materi.  |
| Membran plasma | Secara selektif mengontrol jenis dan jumlah zat yang bergerak masuk dan keluar sel, membantu untuk memelihara volume sitoplasma dn komposisinya. |
| Mitokondria    | Gudang penyimpanan energi, menghasilkan banyak ATP dengan respirasi aerobik.   |
| Sitoskeleton   | Mendukung dan memberi bentuk sel ,menggerakkan sel dan komponen sel (mikrotubulus, mikrofilamen, filamen intermedit).                            |

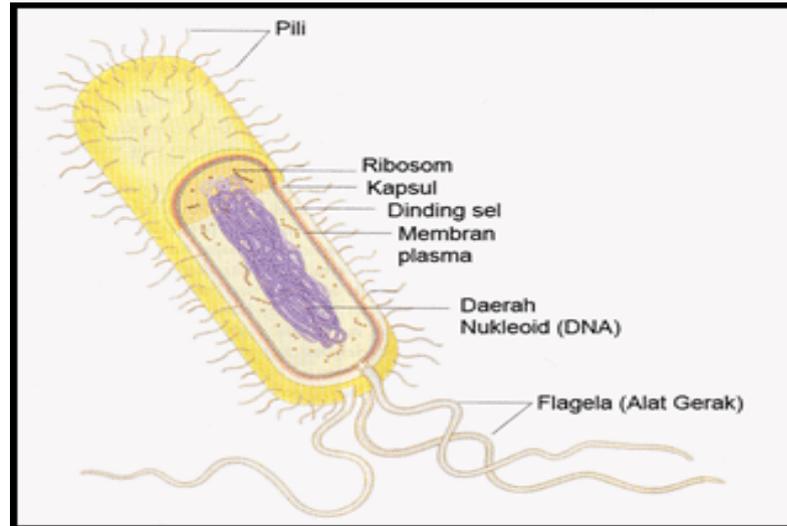
## 2. Sel Prokariotik

### a. Sel bakteri

Bakteri adalah sel prokariotik. Kata minis berarti "sebelum nukleus" yang mengingatkan bahwa prokariota ada sebelum eukariota pertama. Sel-sel ini merupakan bentuk kehidupan yang terkecil dan memiliki metabolisme paling bervariasi. Sel prokariota menempati hampir semua lingkungan di bumi, meliputi tempat yang sangat tidak ramah.

Kebanyakan sel prokaritik tidak lebih lebar dari satu mikrometer. Spesies berbentuk batang hanya beberapa mikrometer. Tidak ada satupun yang mempunyai rangka internal. Tetapi filamen protein bagian bawah membran plasma memberi bentuk sel. Filamen ini juga berfungsi sebagai rangka struktur internal.

Pada dinding sel prokariotik dapat berupa satu struktur atau lebih pada Flagela (Flagel: tunggal), yaitu struktur sel tulang pipih yang digunakan dalam pergerakan. Flagel bergerak seperti propeler atau pendorong yang menggerakkan sel dalam lingkungan berair seperti cairan tubuh induk. Struktur ini berbeda dengan flagel eukariota yang bengkok dan memiliki struktur internal yang berbeda(Starr, 2012). Berikut struktur sel bakterinya:



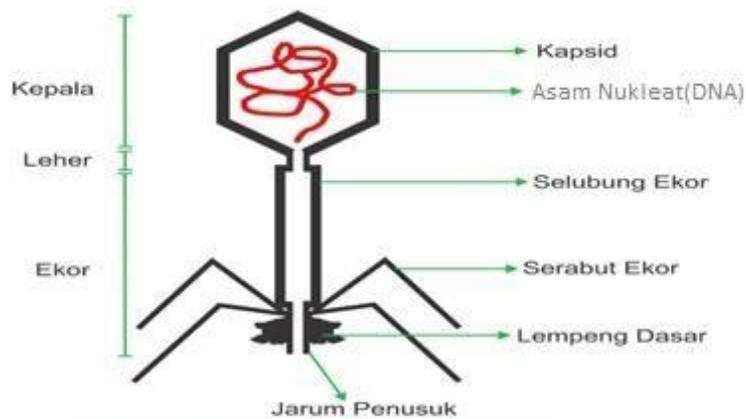
**Sumber : Campbell, Reece, & Mitchell, 2002 : 149**

Perbedaan utama antara sel prokariot dan sel eukariot adalah lokasi DNA nya, seperti yang tercermin dalam nama kedua jenis sel ini. Dalam sel eukariotik sebagian besar DNA berada dalam organel yang disebut nukleus yang dibatasi membran ganda. Sel eukariot umumnya lebih besar dari pada sel prokariotik. Berikut organel – organel sel bakteri serta fungsinya (Campbell,2008).

| Organel sel    | Fungsi organel sel  |
|----------------|---|
| Fimbria (pili) | Struktur pelekatan pada permukaan sejumlah prokariota       |
| Nukleoid       | Wilayah tempat DNA sel terletak (tdak terselebung membran ) |
| Ribosmom       | Kompleks yangmenyintesis protein                            |
| Membran plasma | Membran yang menyelubungi sitoplasma                        |
| Dinding sel    | Struktur kaku din luar membran plasma                       |
| Kapsul         | Pelapis luar serupa jeli padd banyak prokariota             |
| Flagela        | Organel lokomosi beberapa jenis bakteri (Campbell,2008).    |

## 2. Sel virus

Virus yang paling kecil berdiameter hanya 20 nm – lebih kecil dari pada ribosom. Jutaan virus bisa dengan mudah dimasukkan di kepala jarum. Virus merupakan partikel penginfeksi yang terdiri atas asam nukleat berselubung protein. Pada beberapa kasus dilindungi oleh amplop bermembran. Berikut struktur sel virus beserta fungsinya :



Gambar Ilustrasi: [www.siswapedia.com](http://www.siswapedia.com)

Sumber: Campbell, 2008.

| Organel sel  | Fungsi organel sel  |
|--------------|---|
| Kapsid       | Untuk memberi bentuk virus dan melindungi virus dari berbagai kondisi lingkungan. |
| Kepala virus | Yang terdapat DNA dan RANA yang dilindungi kapsid.                                |
| Asam nuklead | Replikasi virus pada sat menon aktifkan DNA sel inang.                            |
| Serabut ekor | Menempelkan virus pada sel inangnya.  |
| Lempeng ekor | Untuk melekatkan pada sel yang diinfeksi.   |

## **BAB IV**

### **SIFAT FISIKA KIMIA SEL**

Sifat fisika kimia sel adalah satuan fundamental dari struktur dan fungsi dalam segala bentuk kehidupan. Sel merupakan segumpal dari protoplasma, sedangkan protoplasma adalah bagian hidup dari sel. Sel secara keseluruhan tersusun dari zat-zat kimia yaitu atom dan molekul. Sel dapat berbeda bentuk, susunan, sifat dan fungsinya. Walaupun demikian fungsi dari sel-sel tersebut tidak jauh dari sifat-sifat atom atau molekul penyusunnya.

Keadaan zat-zat kimia dalam sel tidak statis, mereka selalu berubah-ubah akibat adanya proses-proses kimia dan fisika yang terjadi pada sel tersebut. Senyawa penyusun sel (protoplasma) : air, protein, lemak, karbohidrat dan anorganik padat.

Sifat fisika sel (protoplasma) ditunjukkan dengan adanya gerak brown, efek tyndall, cyklosis, gerak amuboid, terjadinya tegangan permukaan dan adsorpsi. Sel terdiri dari dinding sel dan protoplasma. Protoplasma terdiri dari sitoplasma, nukleus, dan vakuola. Di dalam protoplasma terdapat bermacam-macam organel yang mempunyai fungsi sendiri-sendiri.

Sel adalah suatu satuan dasar dari kehidupan yakni merupakan suatu satuan terkecil dari sesuatu benda yang kita nyatakan “hidup”. Hal ini dinyatakan oleh *Theodor Schwann* dengan jelas bahwa semua organisme hidup, baik yang bersel tunggal maupun yang tersusun dari kelompok-kelompok sel, tersusun dari sel-sel (1839). Pernyataan Schwann tersebut dilandasi suatu proses yang dikemukakan oleh *Rudolf von Virchow* dalam pernyataannya kemudian yang berbunyi : “semua sel hanya timbul atau berasal dari sel-sel yang telah ada terlebih dahulu”. Pernyataan Virchow ini selanjutnya ternyata sesuai dengan hasil penelitian *Louis Pasteur* (1822- 1861), yang membuktikan bahwa di dunia ini tidak ada sesuatu benda hidup pun yang tidak berasal dari benda hidup yang lain (Marianti dan Aditya,2007).

#### **1. Pembagian Kelas Utama Sel**

Terdapat dua kelas utama sel yaitu Prokaryotis dan Eukaryotis. Sel terkecil yang paling sederhana, sel yang paling tua dikenal sebagai prokaryotis, golongan ini terdiri dari

berbagai kelas mikroorganisme sel tunggal yang biasa disebut bakteri. Sel Prokaryotis merupakan makhluk yang pertama-tama muncul dalam evolusi biologi; fosilnya masih berbentuk sel yang kita kenal sekarang, tercatat berumur lebih dari tiga ribu juta ( $3 \times 10^9$ ) tahun, telah ditemukan pada batu tulis kuno di Afrika dan diaustralia. Sel Eukaryotis yang muncul mungkin pada ribuan juta tahun setelah prokaryotis, berukuran lebih besar, lebih kompleks, dan memperlihatkan kisaran ragam dan perbedaan yang lebih luas. Golongan ini merupakan jenis sel yang ditemukan pada semua hewan, tanaman dan jamur bersel banyak (Fungi) (Thenawidjaja, 1982).

## 2. Bahan Penyusun Sel

### a. Protoplasma

Protoplasma didefinisikan sebagai isi sel hidup, dan tidak mencakup dinding sel. Protoplasma dalam bahasa latin, proto yang artinya pertama dan plasma artinya substansi atau substansi dasar kehidupan yang terdapat pada semua sel makhluk hidup, yang memberi nama Purkinje (1840). Protoplasma mempunyai sifat dan tanda struktural, kimiawi, maupun fisikokimiawi.

### b. Nukleoplasma

Nukleoplasma adalah plasma yang terdapat didalam inti sel. Inti sel merupakan bagian yang penting dari sel. Inti sel terdiri atas beberapa bagian, yaitu membran, kromatin, anak inti (nukleolus), dan cairan inti (*nuclear sap*). Nukleus merupakan struktur yang jelas terlihat pada saat sel belum membelah diri.

### c. Sitoplasma

Sitoplasma adalah bagian dari protoplasma, sitoplasma dalam sel eukariotik terletak antara inti sel dan membran sel. Sitoplasma terdiri dari emulsi koloid dengan penampilan granular, berbagai sitosol atau hialoplasma, dan dalam organel seluler yang memainkan peranan yang berbeda. Sitoplasma kadang-kadang dibagi menjadi kawasan luar yang berbentuk seperti agar-agar, dekat dengan membran, dan terlibat dalam gerakan sel. Sitoplasma ditemukan dalam prokariota dan pada eukariota sitoplasma mengandung berbagai nutrisi yang mampu melintasi membran plasma sehingga tiba di organel sel.

Dapat disimpulkan bahwa sitoplasma berarti massa sel dan cairan yang terkandung dalam sel. Sitoplasma adalah semua komponen dari sel eukariotik, yaitu antara membran

sel dan inti sel. Sitoplasma terdiri dari berbagai organel sitosol. Khusus cairan yang terdapat di dalam inti sel dinamakan nukleoplasma. Sitoplasma bersifat koloid, yaitu tidak padat dan tidak cair. Penyusun utama dari sitoplasma adalah air yang berfungsi sebagai pelarut zat-zat kimia serta sebagai media terjadinya reaksi kimia sel.

### **3. Komponen Kimia Sel**

#### **Bahan Anorganik**

##### **a. Air**

Di dalam sel, air terdapat dalam dua bentuk, yaitu bentuk bebas dan bentuk terikat. Air dalam bentuk bebas mencakup 95% dari total air di dalam sel. Umumnya air berperan sebagai pelarut dan sebagai medium dispersi sistem koloid. Air dalam bentuk terikat mencakup 4-5% dari total air di dalam sel. Air berperan aktif dalam banyak reaksi biokimia dan merupakan penentu penting dari sifat-sifat makromolekul seperti protein. Karena struktur air mempunyai produk ionisasi maka sangat mempengaruhi berbagai sifat komponen penting sel seperti enzim, protein, asam nukleat, dan lipida.

Fungsi Air, sebagai pelarut bahan-bahan dalam sel baik yang bersifat anorganis maupun organik (glukosa, asam amino, asam lemak dan berbagai vitamin) yang larut dalam air membentuk sitoplasma. Artinya bisa membentuk larutan koloid atau suspensi. Sebagai hidrolisa, artinya ion-ion  $H^+$  dan  $OH^-$  serta air akan bersenyawa dengan bahan gugus molekul kompleks sehingga akan menjadi susunan molekul sederhana.

Absorpsi panas atau stabilisator suhu. Hal ini sangat penting untuk hewan-hewan berdarah panas untuk mempertahankan suhu tubuh agar tetap stabil. Apabila suhu sel naik karena beraktivitas, maka akan diturunkan pada suhu normal dengan mengeluarkan keringat.

Sebagai pengangkut, artinya semua bahan yang dibutuhkan akan diangkut oleh air ke dalam sel demikian pula bahan-bahan yang tidak diperlukan seperti sisa metabolisme sel akan diangkut keluar melalui media air.

Sebagai medium berbagai proses, dimana proses kimia, fisika, ataupun biologi menggunakan air sebagai mediumnya. Sebagai bahan baku karbohidrat, pada proses fotosintesis diperlukan air dan karbon dioksida sebagai bahan baku utama. Jika air tidak tersedia, maka karbohidrat tidak akan disintesis.

## b. Gas-gas

Di dalam sel juga terkandung berbagai jenis gas yang berasal dari lingkungan atau dihasilkan oleh metabolisme sel. Beberapa gas yang terdapat di atmosfer dapat masuk ke dalam sel misalnya gas oksigen (O<sub>2</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), gas nitrogen (N<sub>2</sub>) dan amonia (NH<sub>2</sub>). Gas oksigen masuk dalam sel melalui respirasi dan dalam sel berguna untuk oksidasi bahan makanan agar menghasilkan energi (ATP). Gas O<sub>2</sub> pada suhu 25°C dan tekanan/atmosfir pada air murni dapat larut 2,83 ml O<sub>2</sub>/100 ml air. Karbon dioksida berada dalam sel sebagai sisa dari metabolisme bahan makanan (karbohidrat dalam sel mampu membentuk HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan dalam udara oleh tumbuhan digunakan sebagai bahan pembentuk karbohidrat). Beberapa molekul gas CO<sub>2</sub> yang larut dapat bereaksi dengan air.



Gas nitrogen masuk dalam sel bersama bersama dengan gas O<sub>2</sub>. Dalam beberapa sel tumbuhan gas ini digunakan untuk membentuk nitrat. Amonia merupakan ampas dari metabolisme protein dalam sel hewan dikeluarkan oleh tubuh karena bertindak sebagai racun, ada yang diubah menjadi urea, asam urat dan nitrat.

## c. Garam-garam Mineral

Garam-garam yang terdapat pada sel ada dalam bentuk ion bebas ada juga yang terikat pada molekul lain misalnya dengan molekul protein atau lemak. Garam-garam ini berfungsi mengatur tekanan osmotik sedangkan ion-ion garam menentukan struktur makromolekul. Terdiri dari C, H, O, P, K, N, S, Ca, Fe, Mg, Na, Cl, Cu, Mn, Zn, Mo, dll. Unsur Ca, Mg, Na, K, P, S dan Cl menempati 60-80% bahan kimia sel. Fungsi unsur-unsur tersebut yaitu:

- 1) Ca, banyak terdapat dalam sel terutama sel tulang dan gigi, dalam cairan sel sebagai koagulasi darah, serat jantung dan permeabilitas membran.
- 2) Mg, unsur ini bergabung dengan Ca dan P untuk tulang dan klorofil.
- 3) Na, bekerjasama dengan Cl dan HCO<sub>3</sub> mengatur keseimbangan asam basa dan tekanan osmosis.
- 4) K, merupakan komponen utama cairan intraseluler (plasma sel)
- 5) P, bergabung dengan Ca dan Mg dalam membangun tulang dan gigi serta

- pembentukan protein dan lemak.
- 6) S, ikut serta dalam pembentukan protein.
  - 7) Cl, sebagai garam dapur untuk perimbangan kadar air dan tekanan osmosis.
  - 8) Fe, pada pernafasan sel, haemoglobin dan enzim.
  - 9) Cu, sebagai aktifator dan pembentukan enzim.
  - 10) Mn, aktifator beberapa enzim.
  - 11) Zn, membina beberapa enzim dan hormon
  - 12) Co, berperan dalam pembentukan darah.
  - 13) F, terdapat pada tulang dan gigi

Kadang juga terdapat unsur Al, Bo, Se, Cd, Cr, dan Va dalam kadar yang sangat rendah. Unsur- unsur yang terdapat dalam sel ialah berbentuk ion-ion seperti kation dan anion.

Kation : Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup>, Anion : CO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, Cl<sup>-</sup>

## **Bahan Organik**

### a. Karbohidrat

Karbohidrat dibangun oleh unsur C, H, dan O. Berdasarkan susunan molekulnya dibagi menjadi 3 golongan, yaitu: Polisakarida, Disakarida, Monosakarida.

#### 1) Polisakarida

Memiliki rumus molekul (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>x</sub>. X diisi puluhan sampai ribuan. Golongan polisakarida:

- i. Amilum, (pati) terdiri atas 20-30 unit sakarida. Terdapat dalam sel tumbuhan sebagai cadangan karbohidrat yang utama.
- ii. Selulosa, (zat kayu) terdiri atas 3000 sakarida. 50% tubuh tumbuhan terdiri atas selulosa, yang membina dinding sel.
- iii. Glikogen, polisakarida yang terdapat khusus pada sel hewan, sebagai cadangan karbohidrat yang utama. Kecuali pada tumbuhan glikogen terdapat pada ragi. Pada hewan banyak terdapat pada sel hati dan otot. Amilum cadangan pada tumbuhan, glikogen bagi hewan. Terdiri atas 8-20 polimer glukosa, yang deretanya bercabang. Kalau dihidrolisa dengan katalisa enzim fosforilase, tidak membentuk glukosa tapi langsung menjadi glukosa fosfat.

## 2) Disakarida

Memiliki rumus molekul  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , terdiri dari dua molekul sakarida dan bila dihidrolisis akan pecah menjadi monosakarida. Contoh: sukrosa, laktosa, maltosa, cellobiosa.

## 3) Monosakarida

Monosakarida memiliki rumus molekul  $C_nH_{2n}O_n$  dimana nilai  $n$  sementara adalah 3 dan 6. Ada empat golongan monosakarida yaitu glukosa, sukrosa, laktosa, cellobiosa.

### b. Lemak

Disusun oleh unsur C, H, O. Bedanya dengan karbohidrat, atom O lebih sedikit sedangkan atom H lebih banyak. Lemak digolongkan dalam lipid dan lipoid.

### c. Protein

Protein adalah makromolekul yang terdiri atas asam-asam amino yang saling berikatan dengan ikatan kovalen di antara gugus  $\alpha$ -karboksil asam amino dengan gugus amino dari asam amino yang lain. Ikatan di antara asam amino disebut ikatan peptida. Beberapa unit asam amino yang berikatan dengan ikatan peptida disebut polipeptida. Molekul protein dapat terdiri dari atas satu atau sejumlah rantai polipeptida dan setiap rantai dapat terdiri atas ratusan hingga jutaan residu asam amino.

Ada 3 macam golongan protein:

- Protein sederhana yaitu yang mengandung asam-asam amino atau derivatnya dan kalau dihidrolisa menghasilkan asam amino saja. Contoh albumin, globulin, dan albuminoid.
- Protein gabungan, selain asam-asam amino mengandung golongan prostetis. Contoh nukleorotein, musin, kasein, hemoglobin, sitokrom, lipoprotein.
- Protein tambahan, berasal dari perombakan sebagian protein, contoh proteosa, peptida, dan pepton.

Rangkaian atau polimer asam amino disebut peptida; dua asam amino berangkai dipeptida; tiga tripeptida ; banyak polipeptida. Protein kalau dihidrolisa dengan katalisa protase akan pecah jadi asam amino.

### d. Asam Inti

Asam yang terdapat dalam inti ada dua, yaitu DNA (*Deoxyribose nucleic acid*), dan RNA (*Ribose nucleic acid*). Waston dan Crick mengumumkan bahwa DNA merupakan rantai ganda yang membentuk pilinan sejajar (*double heilix*).

Sedangkan RNA merupakan rantai tunggal dan terdiri dari tiga macam yakni RNA-m (*messenger*), RNA-t (*transfer*), dan RNA-r (ribosom).

e. Enzim

Komponen penyusun enzim. Berdasarkan komponen penyusunannya, enzim dibedakan menjadi :

Enzim protein sederhana terdiri atas protein. Enzim protein konjugasi, terdiri atas protein dan non protein. Enzim merupakan protein yang mempunyai sifat-sifat diantaranya: bekerja spesifik, bekerja sebagai biokatalisator, bekerja optimum pada suhu dan pH tertentu, jumlahnya sangat banyak dan digolongkan menjadi oksidoreduktase, transferase, hidrolase, isomerase, liase dan ligase.

f. Vitamin

Vitamin sangat penting bagi tubuh dan hanya didapat dari luar dengan jumlah yang diperlukan sedikit tapi vital. Pada tumbuhan vitamin disintesa sendiri, namun belum jelas kegunaannya. Beberapa vitamin dapat disintesa oleh sel hewan, dalam tubuh manusia pun dapat disintesa akan tetapi dengan bahan mentahnya dari luar disebut Provitamin (provitamin A dan D). Ada dua golongan vitamin:

- Vitamin yang larut dalam lemak (A, D, E, K)
- Larut dalam air

Fungsi dari vitamin adalah membina berbagai zat dan melancarkan reaksi kimia.

g. Hormon

Hormon dihasilkan oleh sel atau suatu kelenjar tertentu yang dinamakan kelenjar endokrin, dan dapat pula dihasilkan secara sintesis. Berfungsi sangat penting untuk mengkoordinasikan segala proses agar berjalan normal.

h. Antibodi

Zat ini disintesa dalam sel untuk mempertahankan sel dari anti gen yang masuk ke dalam sel.

#### 4. Komponen Fisika Sel

Selain memiliki sifat kimia, sel juga memiliki sifat fisika diantaranya adalah selain bentuk larutan, protoplasma juga memiliki bentuk koloid, molekul-molekul sederhana membentuk larutan sedangkan molekul kompleks membentuk suspensi.

## Sistem Larutan Protoplasma

### a. Larutan

Larutan adalah campuran homogen (komposisinya sama), serba sama (ukuran partikelnya), tidak ada bidang batas antara zat pelarut dengan zat terlarut (tidak dapat dibedakan secara langsung antara zat pelarut dengan zat terlarut), partikel- partikel penyusunnya berukuran sama (baik ion, atom, maupun molekul) dari dua zat atau lebih. Dalam larutan fase cair, pelarutnya (solvent) adalah cairan, dan zat yang terlarut di dalamnya disebut zat terlarut (solute), bisa berwujud padat, cair, atau gas. Dengan demikian, larutan = pelarut (solvent) + zat terlarut (solute). Khusus untuk larutan cair, maka pelarutnya adalah volume terbesar. Bila dalam larutan diameter zat terlarutnya  $< 0,0001\text{mm}$ .

Contoh: Larutan gula, larutan garam, spirtus, alkohol 70%, larutan cuka, air laut, udara yang bersih, dan bensin.

### b. Suspensi

Suspensi adalah campuran heterogen yang terdiri dari partikel – partikel kecil padat atau cair yang terdispersi dalam zat cair atau gas. Misalnya, tepung beras dilarutkan dalam air dan dikocok dengan kuat; Apabila campuran tersebut dibiarkan beberapa saat, campuran tersebut akan mengendap ke bawah. Bila dalam larutan diameter zat terlarutnya  $> 0,1\text{ mm}$ . Koloid: bila dalam larutan diameter zat terlarutnya antara  $0,001\text{ mm}$  sampai  $0,1\text{ mm}$ .

### c. Sistem Koloid

Koloid adalah suatu campuran zat heterogen (dua fase) antara dua zat atau lebih di mana partikel-partikel zat yang berukuran koloid (fase terdispersi/ yang dipecah) tersebar secara merata di dalam zat lain (medium pendispersi/ pemecah). Dimana di antara campuran homogen dan heterogen terdapat sistem pencampuran yaitu koloid, atau bisa juga disebut bentuk (fase) peralihan homogen menjadi heterogen. Campuran homogen adalah campuran yang memiliki sifat sama pada setiap bagian campuran tersebut, contohnya larutan gula dan hujan. Sedangkan campuran heterogen sendiri adalah campuran yang memiliki sifat tidak sama pada setiap bagian campuran, contohnya air dan minyak, kemudian pasir dan semen. Sehubungan dengan hal itu protoplasma dapat mengalami:

- Sifat tak tersaring.

Ada beberapa teori mengenai sifat-sifat fisika protoplasma. Salah satu teori ialah teori koloid yang menyatakan bahwa protoplasma sebagian berupa larutan dan sebagian berupa

koloid. Pada sistem koloid partikel-partikel nya cukup besar, akan tetapi molekul-molekulnya masih tetap melayang-layang diantara molekul air. Ukuran partikel pada sistem koloid antara 0,0001 mikron- 0,1 mikron. Partikel koloid bila disaring dengan kertas saring biasa partikelnya akan lewat tetapi partikel koloid tidak dapat melewati membran plasma. Koloid pada protoplasma dapat berupa fase sol dan fase gel.

- Mengalami Gerak Brown

suatu gerak zig-zag partikel (molekul) dalam sistem koloid yang dipengaruhi oleh muatan listrik, berat jenis, dan suhu.

- Mengalami Efek Tyndall

Pergerakan molekul tak beraturan karena pengaruh cahaya. Bila protoplasma yang merupakan sistem koloid ini disinari dengan sinar lampu listrik pada suatu ruang yang gelap akan member efek Tyndall.

- Viskositas

Yaitu kekentalan dapat berubah-ubah karena faktor dalam dan luar. Matrik sitoplasma yang cair memiliki tegangan permukaan. Matrik protein dan lemak memiliki tegangan permukaan yang kurang karenanya membentuk membran plasma, sedangkan bahan-bahan kimia misalnya garam NaCl tegangan permukaannya tinggi akibatnya NaCl menempati bagian yang lebih dalam pada matrik sitoplasma.

- Koagulasi (kemampuan menggumpal). Partikel-partikel yang tersebar dalam protoplasma mempunyai muatan yang sama, akibat dari saling tolak yang berkelanjutan menyebabkan partikel-partikel tidak dapat mengendap dan keadaan ini memperhatikan stabilitas koloid. Jika ion atau partikel koloid dibuat berlawanan muatan listriknya, akibatnya akan bersifat netral, akibat selanjutnya partikel-partikel dalam sistem koloid akan menggumpal. (Wijana,2015)

## BAB V

### SISTEM PENCERNAAN HEWAN

Sistem pencernaan adalah sebuah sistem yang terdiri dari saluran pencernaan yang dilengkapi dengan beberapa organ yang bertanggung jawab atas pengambilan, penerimaan dan pencernaan bahan makanan dalam perjalanannya melalui tubuh (saluran pencernaan). Di samping itu sistem pencernaan bertanggung jawab pula atas pengeluaran (ekskresi) bahan- bahan makanan yang tidak terserap atau tidak dapat diserap kembali(Parakkasi, 1980).

Sistem pencernaan (*tractus digestivus*) terdiri atas suatu saluran muskulo membranosa yang terentang dari mulut sampai ke anus. Fungsinya adalah memasukkan makanan, menggiling, mencerna dan menyerap makanan serta mengeluarkan buangnya yang berwujud padat. Sistem pencernaan mengubah zat-zat hara yang terdapat dalam makanan menjadi senyawa yang lebih sederhana hingga dapat diserap dan digunakan sebagai energi, membangun senyawa lain untuk kepentingan metabolisme.

Sistem saluran pencernaan terdiri atas saluran yang dilapisi oleh membrana mukosa yang berhubungan dengan kulit luar, pada mulut dan anus. Empat lapisan yang menyusun dinding saluran pencernaan, dari luar ke dalam, adalah sebagai berikut : [1] *epitel* (Squamous terstrata ke bagian glandular dari perut serta kolom sederhana), [2] *lamina propria* (termasuk mukosa dan sub mukosa muskularis), [3] otot-otot (seran lintang esofagus ; halus, pada bagian selainya esofagus, yang umumnya bagian dalam sirkuler juga bagian luar longitudinal), dan [4] arah kaudal terhadap diafragma, serta yang menutupi bagian besar saluran pencernaan, suatu penutup serosa bagian luar, yang disebut *peritonium viseral*.

Bagian – bagian sistem pencernaan adalah mulut, farinks, esofagus (pada ruminansia merupakan perut depan = *forestomach*), perut glandular, usus halus, usus besar, serta glandula aksesori, yang terdiri dari glandura saliva, hati dan pankreas(Frandson, 2003).

#### A. Mulut

Mulut digunakan terutama guna menggiling makanan serta mencampurnya dengan saliva, tetapi dapat juga berperan dalam mekanisme prehensik (= menggigit) dan juga sebagai senjata defensit maupun ofensif. Gigi serta lidah dikelilingin oleh pipi, bibir dan otot-otot untuk menggerakkan rahang.

Peran rongga mulut serta struktur-struktur yang terkait mencakup prehensi, mastikasi, insalivasi, serta pembentukan bolus (Frandsen, 2003).

a. Gigi

Gigi berguna untuk secara mekanis memecah makanan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sehingga dengan mudah dapat ditelan oleh ternak yang bersangkutan proses pengunyahan bahan makanan (Parakkasi, 1980).

Gigi berkembang dari suatu invaginasi epitel yang dikenal sebagai *lamina dental*, yang membentuk *organ enamel*, suatu penutup yang menyerupai topi dari jaringan ikat, yang disebut *papila dental*. Jaringan ikat yang terdapat di sekitar bagian awal (pangkal) gigi, membentuk semacam kantung dental (*dental sac*). Baik gigi susu (*desiduous*) maupun gigi tetap, berkembang melalui cara yang sama dari struktur embrio (*nal*) yang sama.

Ada dua macam gigi yaitu gigi dari jenis pemotong atau pengoyak (seperti taring pada semua jenis hewan), serta gigi dari jenis penggiling (seperti premolar dan molar) pada hewan yang termasuk herbivora. Gigi yang mempunyai mahkota yang pendek disebut *gigi brachyodont*, sedangkan gigi yang mempunyai mahkota yang panjang disebut *gigi hipsodon*.

*Dentin* merupakan bagian utama penyusun gigi. Bagian ini terbentuk dari *odontoblas*, yaitu sel-sel yang menyelimuti rongga pulp serta adanya proses ke arah luar. Dentin juga mengandung fibril kolagen serta kanalikuli halus.

*Enamel* menyelimuti mahkota pada *gigi branchidon*. Pada hipsodon, herbivora enamel tidak hanya menutupi mahkota tetapi mengalami invaginasi daerah saluran longitudinal dan infundibula dari gigi.

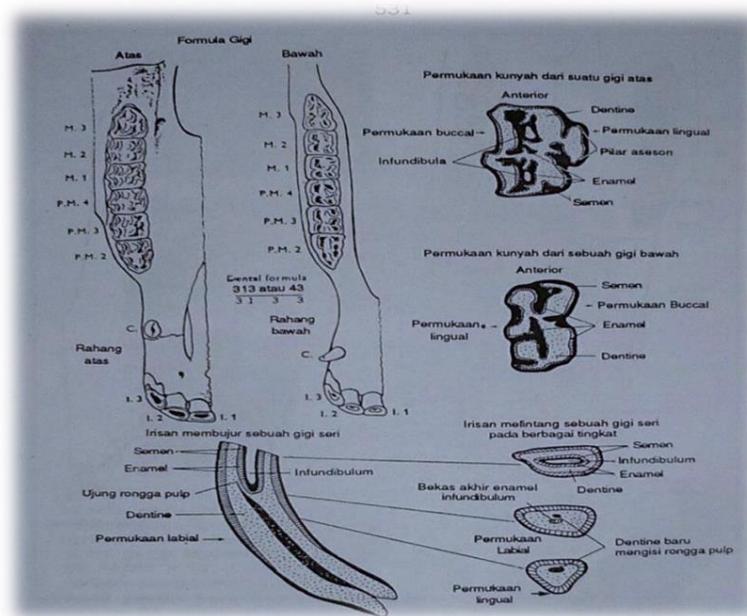
*Sementum* adalah tulang yang mengalami modifikasi yang menutupi akar gigi branchidon. Pada gigi hipsodon sementum menutupi akar serta mahkota serta mengisi saluran dan infundibula dimana enamel tidak berkaitan dengan bagian yang lain.

*Gigi susu* adalah gigi yang muncul pertama kali dan akan digantikan dengan gigi tetap. Saat pemunculan atau saat ditembusnya gusi barang kali saat yang paling baik menentukan umur seekor hewan, apabila kita tidak mempunyai catatan tentang hewan tersebut. Gigi depan disebut *gigi seri (incisor)* dan biasanya dinyatakan dengan huruf I. Pasangan pertama gigi seri diberi kode I1 disebut *sentral*, pasangan kedua I2 disebut *intermediit*, I3 disebut *intermediit* kedua dan I4 disebut *sudut*.

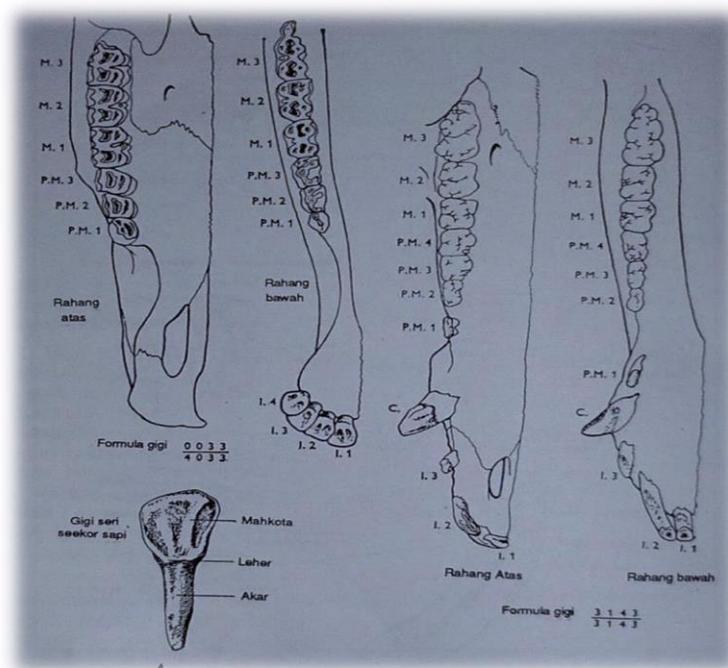
*Gigi taring* atau *gigi canine* disebut gigi mata, gigi bridle, tusk atau gigi tushes. Gigi ini dinyatakan dengan huruf C.

*Gigi pipi* disebut gigi premolar (=P) dan gigi molar (M). Gigi susu pipi adalah gigi premolar dan diberi nomer dari depan ke arah belakang yaitu P1, P2, P3 dan P4. Molar letaknya arah kaudalnya premolar dan diberi nomer urut M1, M2 dan M3.

Formula gigi untuk gigi susu ditunjukkan oleh suatu huruf D di depan huruf kuncinya, seperti DI, DC dan DP(Frandson, 2003).



**Gambar 1.1 Susunan dan sifat-sifat gigi pada kuda**



**Gambar 5.2 a) Susunan gigi sapi, b) Susunan gigi babi**

**Tabel 1.2 Formula dan erupsi gigi permanen**

**Tabel 19-2. Formula dan Erupsi Gigi Permanen**

|                  | Kuda        | Sapi        | Domba       | Babi        | Anjing      |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Formula Permanen |             |             |             |             |             |
|                  | 3 1 3-4 3   | 0 0 3 3     | 0 0 3 3     | 3 1 4 3     | 3 1 4 2     |
|                  | 2(I-C-P-M-) | 2(I-C-P-M-) | 2(I-C-P-M-) | 2(I-C-P-M-) | 2(I-C-P-M-) |
|                  | 3 1 3 3     | 4 0 3 3     | 4 0 3 3     | 3 1 4 3     | 3 1 4 3     |
| Erupsi Permanen  |             |             |             |             |             |
| I1               | 2½ th       | 1¼-2 th     | 1-1½ th     | 1 th        | 3-5 bl      |
| I2               | 3¼ th       | 2-2¼ th     | 1½-2 th     | 16-20 bl    | 3-5 bl      |
| I3               | 4¼ th       | 3 th        | 2¼-3 th     | 8-10 bl     | 4-5 bl      |
| I4               | —           | 3¼-4 th     | 3¼-4 th     | —           | —           |
| Taring (Kanin)   |             |             |             |             |             |
| C                | 4-5 th      | —           | —           | 9-10 bl     | 4-6 bl      |
| Premolar         |             |             |             |             |             |
| P1               | 5-6 bl      | 2-2½ th     | 1½-2 th     | 12-15 bl    | 4-5 bl      |
| P2               | 2½ th       | 1½-2¼ th    | 1½-2 th     | 12-15 bl    | 5-6 bl      |
| P3               | 3 th        | 2¼-3 th     | 1½-2 th     | 12-15 bl    | 5-6 bl      |
| P4               | 4 th        | —           | —           | 12-15 bl    | 5-6 bl      |
| Molar            |             |             |             |             |             |
| M1               | 9-12 bl     | 5-6 bl      | 3-5 bl      | 4-6 bl      | 5-6 bl      |
| M2               | 2 th        | 1-1½ th     | 9-12 bl     | 8-12 bl     | 6-7 bl      |
| M3               | 3¼-4 th     | 2-2½ th     | 1½-2 th     | 18-20 bl    | 6-7 bl      |

Insisor, I; Kanin, C; Premolar, P; Molar, M; Bulan, bl; Tahun, th.  
(Menurut Sisson dan Grossman, Anatomy of the Domestic Animals. Atas kebaikan W.B. Saunders Co.)

**b. Lidah**

Dalam proses ini lidah membantu dalam mengambil makanan dan

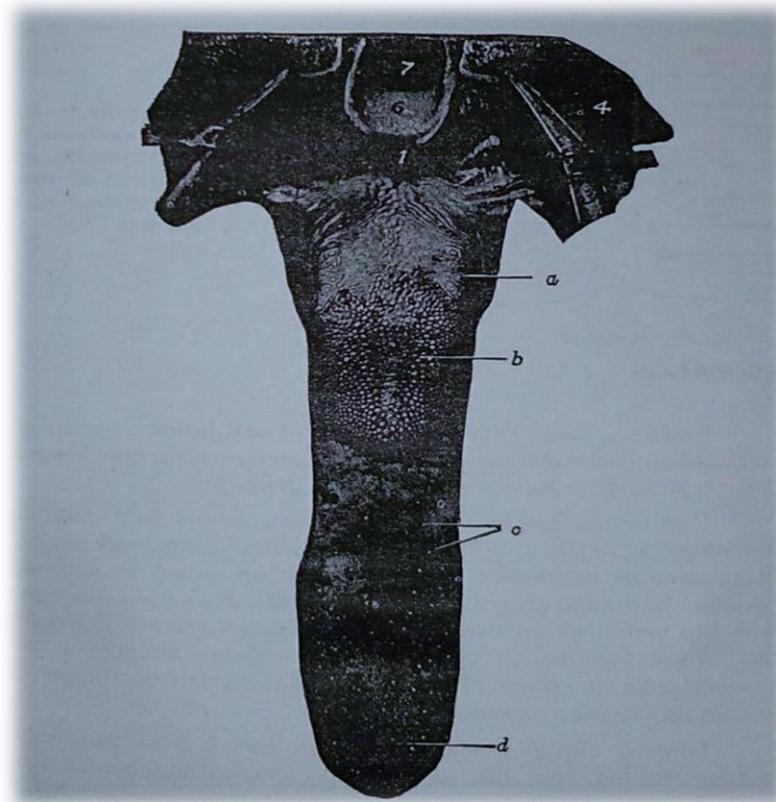
menimndah-mindahkan makanan dalam rongga untuk dicampurkan dengan saliva dan atau untuk dikunyah, kemudian ditelan(Parakkasi, 1980). Lidah terdiri atas suatu masa otot yang tertutup oleh membrana mukosa. *Otot hioglossus* melekat pada simfisis mandibel (chin), dan *otot stiloglossus* melekat sepanjang bagian dalam dari tulang tihoid.

Lidah tertutup oleh epital squamous terstatra yang membentuk papila dalam jumpa banyak, khususnya bagian permukaan dorsalnya. Papila yang terdapat pada semua jenis ternak ialah yang sebut filliform, fungiform dan circumvalat, sedangkan papila foliat terdapat papila filiform bentuknya menyerupai rambut. Pada jenis serigala, papila ini terdiri atas inti jaringan ikat yang tertutup oleh lapisan epitel yang bertanduk. Papila ini lebih pendek dan lebih lunak pada hewan kuda dibandingkan jenis ternak yang lain sehingga lidah kuda terasa lembut seperti kain beludu.

Papila ini terdapat pada kuda, babi dan anjing, dimana terdapat taste bud dan glandula serosa. Glandula mukosa juga terdapat di dalam papila foliat kuda dan anjing.

Papila vallate (*circumvallate*) merupakan suatu proyeksi sirkuler yang besar yang dikelilingi oleh parit yang dalam. Papila tersebut mengandung taste bud serta glandula serosa pada semua jenis ternak dan juga pada kuda mengandung glandula mukosa.

Papila vallate dan fungiform memiliki taste bud, sedangkan papila filiform, konikal, serta lentikular tidak. Taste bud bisa juga terdapat pada epiglottis, larinks, farinks, serta palat yang lunak (Frandsen, 2003).



**Gambar 1.3 Lidah seekor sapi**

c. Bibir, Pipi, Rahang dan Langit-langit mulut

Bibir seekor domba, kambing atau kuda bersifat lunak dan fleksibel dan berperan membantu dalam pengambilan makanan. Bibir seekor sapi atau babi lebih bersifat 'stiff' dan tidak 'mobil' hingga peran pokoknya hanya untuk menutup mulut.

Pipi merupakan suatu struktur muskular yang tertutup oleh kulit dan bagian dalamnya diselubungi oleh membran mukosa. Pipi berperan membantu lidah dalam menempatkan makanan di antara gigi-gigi pada saat mengunyah. Pada sapi terdapat banyak papila konikal yang menyelimuti pipi pada bagian dalam.

Rahang ditutupi oleh otot-otot masseter, temporal dan pterigoid yang kuat, sedangkan pembukaannya dilakukan oleh otot-otot digastrikus, oksipitomandibularis, serta sternomandibularis. Otot-otot pterigoid berperan dalam gerakan menggiling dengan cara menjulurkan rahang dan menggerakannya dari sisi ke sisi.

Langit-langit mulut keras dan membentuk rongga mulut dan ke arah kaudal berlanjut ke palate lunak, yang memisahkan mulut dari nasofarinks(Frandson, 2003).

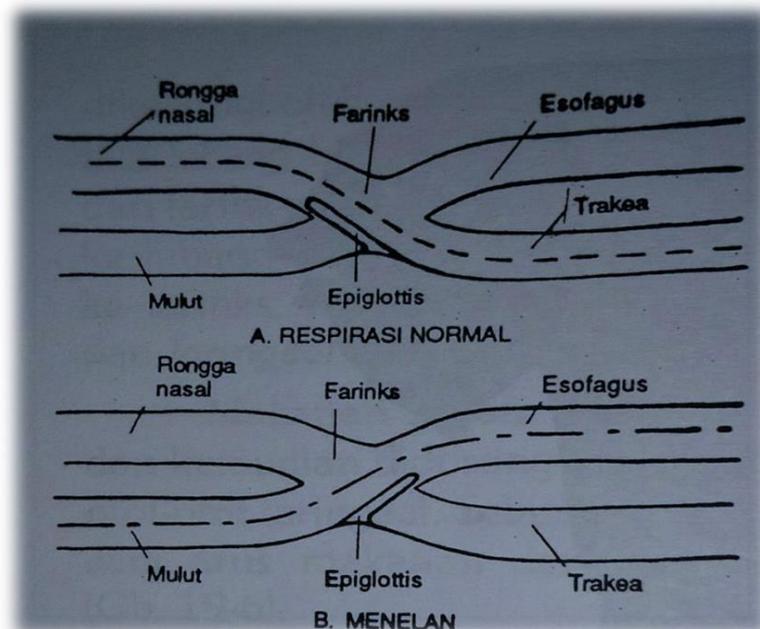
**- Tonsil**

Tonsil merupakan massa yang menyerupai jaringan limfoid, diberi nama karena lokasinya. Tonsil lingual merupakan akumulasi folikel limfa pada dasar lidah. Tonsil-tonsil tersebut cukup menonjol pada kuda, sapi dan babi. Tonsil paringeal merupakan akumulasi jaringan limfoid didalam submukosa dari dinding paringeal dorsal pada semua jenis ternak(Frandson, 2003).

**- Farinks**

Farinks merupakan saluran umum, baik untuk lewatnya makanan ataupun udara, dilapisi oleh membrana mukosa dan dikelilingi oleh otot-otot. Saluran yang menuju farinks adalah mulut, dua lubang hidung kaudal, dua saluran eustasian (telinga), esofagus dan larinks. Makanan sudah barang tentu, masuk ke farinks dari mulut, daan kemudian didorong masuk ke dalam esofagus melalui kontraksi otot-otot faringeal. Selama periode ini, larinks tertutup secara refleksi. Jadi makanan dan udara harus melintas di dalam farinks.

Ketika menelan, otot-otot stilofaringeus memperpendek otot farinks dan bagian



**Gambar 1.4 Hubungan farinks dan mulut terhadap larinks dan esofagus** selebihnya dari otot-otot faringeal, dengan kontraksi yang berseri dari kranial ke kaudal,

mendorong bolus makanan dari farinks ke dalam esofagus(Frandson, 2003).

## **B. Esofagus**

Esofagus, suatu kelanjutan langsung dari farink, merupakan suatu saluran muskular yang merentang dari farinks menuju keardia dari perut, persis pada posisi kaudal dari diafragma(Frandson, 2003).

Bahan makanan yang dibentuk dalam rongga mulut dapat berjalan melalui esofagus tersebut oleh adanya gerakan peristaltik dari esofagus, adanya tekanan bukkofaringeal dan oleh gaya gravitasi bumi. Peristaltik tersebut terjadi setelah proses penelan bolus bahan makanan dan akibat rangsangan bolus-bolus itu sendiri terhadap esofagus dalam perjalanannya ke lambung – peristaltik sekunder. Untuk bahan mnakanan bentuk cairan atau air minum, perjalanannya melalui esofagus terutama oleh tekanan bukkofaringeal( Parakkasi, 1980).

## **C. Lambung**

Lambung terletak tepat dibawah diafragma di rongga abdomen atas. Segelintir nutrien diabsorpsi dari lambung ke dalam aliran darah, namun tugas utama lambung adalah menyimpan makanan dan meneruskan digesti. Dengan limpahan-limpahan mirip akordeon dan dinding yang sangat elastis, lambung dapat merentang untuk menampung sekitar 2L makanan dan cairan. Lambung menyekresikan cairan pencernaan yang disebut getah lambung (*gastric juice*) dan mencampur sekresi dengan makanan melalui pengadukan. Campuran makanan yang diingesti dan getah pencernaan disebut kimus (*chyme*)(Campbell, 2008).

### **- Rumen**

Rumen berupa suatu kantung muskular yang besar yang terentang dari diafragma menuju ke pelvis dan hampir menempati sisi kiri dari rongga abdominal. Rumen dibagi-bagi lagi menjadi kantong-kantong oleh pilar-pilar muskuler, yang dapat dikenal bila dipandang dari luar rumen. Kantung dorsal dan ventral dipisahkan oleh suatu sirkel yang hampir lengkap, yang terbentuk pada bidang frontal oleh pilar- pilar longitudinal kiri dan kanan yang dihubungkan dorsal. Kantung ini tumpang tindih dengan kantung ventral dan berlanjut ke arah kranial dengan retikulum pada lipatan ruminoretikular, yang memisahkan alas rumen dari alas retikulum.

### **- Retikulum**

Retikulum adalah bagian perut yang paling kranial. Lokasi retikulum yang persis di belakang diafragma menempatkannya hampir dalam posisi yang berlawanan dengan jantung sehingga bila ada benda-benda asing yang tertelan seperti kawat atau paku

cenderung akan diam disitu dan dalam posisi yang baik untuk dapat mengganggu atau menusuk jantung.

- Omasum

Omasum merupakan suatu organ seferis yang terisi oleh lamina muskular yang turun dari bagian dorsum atau bagian atas. Omasum terletak sebelah kanan rumen dan retikulum persis pada posisi kaudal hati.

Omasum hampir terisi penuh oleh lamina, dengan papila yang meruncing yang tersusun sedemikian rupa sehingga makanan di gerakkan dari orifisium retikulo- omasal, diantara lamina dan menuju ke orifisium omaso-abdomosal. Tiap lamina mengandung tiga lapis otot, termasuk suatu lapis sentral yang berhubungan dengan dinding otot dari omasum, serta suatu lapis mukosa muskularis yang terletak pada tiap sisi dari otot sentral.

- Abomasum

Abomasum atau perut sejati merupakan suatu bagian glandula yang pertama dari sistem pencernaan pada ruminansia. Ini terletak ventral dari omasum dan terentang kaudal pada sisi kanan dari rumen. pilorus merupakan suatu spinter pada pertautan perut dan usus halus(Frandson, 2003).

#### **D. Usus Halus**

Usus halus terbagi atas 3 bagian, yaitu : deudenum, jejunum dan ileum, berdasarkan pada perbedaan-perbedaan struktural histologis/mikroskopis(Frandson, 2003).

Usus halus membentuk deudenum, persilangan jalur utama dalam digesti. Disini kimus dari lambung bercampur dengan getah-getah pencernaan dari pankreas, hati dan kamdung empedu, serta dari sel-sel kelenjar dinding usus halus sendiri. Hormon-hormon yang dilepaskan oleh lambung dan deudenum mengontrol sekresi- sekresi pencernaan ke dalam kanal alimentaris(Champbell, 2008).

Jejunum bermula wdari kitra-kira pada posisi dimana mesenteri mulai kelihatan memanjang (pada deudenum mesenterinya pendek). Jejunum dan ileum itu bersambung dan tidak ada batas yang jelas di antaranya. Bagian terakhir bagian usus halus adalah ileum(Frandson, 2003).

#### **E. Usus Besar**

Usus besar terdiri atas sekum, yang merupakan suatu kantung buntu dan kolon yang terdiri atas bagian-bagian yang naik, mendatar dan turun. Bagian yang turun akan berakhir oleh anus. Variasi pada usus besar dari satu spesies ke spesies yang lain, jauh lebih menonjol dibandingkan dengan pada usus halus. Oleh karena itu, uraian tentang usus besar bagi tiap spesies, akan dikemukakan satu persatu(Frandson, 2003).

Bagian ujung usus besar adalah rektum, tempat feses disimpan hingga bisa dibuang. Di antara rektum dan anus terdapat dua sfingter, yang sebelah dalam bersifat tak sadar dan sebelah luar bersifat sadar. Secara periodik, kontraksi kolon yang kuat menghasilkan keinginan untuk buang air besar(Campbell, 2008).

#### **F. Anus**

Setelah proses penyerapan sari-sari makanan oleh usus, kemudian ampas-ampas bekas dari proses penyerapan tersebut dibawa menuju anus. Kemudian ampas-ampas tersebut menumpuk ampas-ampas sebelumnya dan menjadi kotoran yang siap untuk dikeluarkan. Saluran pencernaan dengan adanya suatu duktus yang berfungsi sebagai saluran untuk mengekskresikan materi dari organ tambahan ke saluran pencernaan yang berguna untuk kelancaran proses pencernaan pakan(Frandson, 2003).

#### **G. Pankreas**

Pankreas adalah suatu glandula tubulo-alveolar yang memiliki bagian endokrin maupun eksokrin(Frandson, 2003).

Pankreas terdiri dari :

- 1) Bagian yang bersifat endokrin yang terdiri dari pulau-pulau "*Langerhans*" yang mengsekresi insulin ke dalam peredaran darah.
- 2) Bagian eksokrin merupakan bagian yang terbesar yang terdiri dari "*asini*" bagian ini membuat cairan pankreas yang akan dialirkan ke dalam deudenum melalui duktusnya(Parakkasi, 1980).

Aveolus adalah unit sekresi dari pankreas. Ini merupakan agregasi yang bentuknya menyerupai buah anggur, yang mengelilingi bagian awal dari saluran interkalated. Inti dari sel-sel sekretori letaknya dekat dengan dasar sel tersebut(Frandson, 2003).

#### **H. Hati**

Hati atau liver bervariasi, baik lokasi maupun jumlah lobulnya, dari satu spesies hewan ke spesies yang lain. Akan tetapi, hati selalu terletak persis di belakang diafragma, dan cenderung terletak disisi sebelah kanan, terutama pada ruminansia, dimana perut besar mendorong bagian-bagian lain ke arah kanan(Frandson, 2003).

Kelenjar yang terbesar di dalam tubuh mempunyai beberapa fungsi yang besar dalam kehidupan, antara lain :

- 1) Sekresi empedu
- 2) Metabolisme protein, karbohidrat dan lemak
- 3) Detoksikasi zat-zat yang dapat membahayakan tubuh
- 4) Menyimpan beberapa vitamin

- 5) Destruksi sel-sel darah merah
- 6) Pembentukan protein darah

Kesemua fungsi ini langsung atau tidak langsung ada hubungannya dengan aspek gizi. Ditambah lagi bahwa hampir semua zat-zat yang diterimanya berasal dari usus, melalui sistem peredaran darah portal. Tetapi yang ada hubungan langsung dengan proses-proses disaluran pencernaan adalah sekresi empedu, seperti halnya dengan sekresi cairan pankreas yang berfungsi sehubungan dengan pencernaan lemak(Parakkasi, 1980).

### **I. Empedu**

Komposisi empedu terdiri dari garam-garam empedu, pigmen-pigmen empedu, kolesterol, lesitin, beberapa elektrolit dan protein. Yang paling utama dalam jumlah dari komposisi tersebut adalah garam-garam dan pigmen-pigmen empedu, sedangkan 4 komponen lainnya terdapat dalam jumlah sedikit(Parakkasi, 1980).

## **BAB VI**

### **JARINGAN PADA TUMBUHAN**

Jaringan ialah kumpulan sel-sel (protoplas yang berding) yang sama bentuk dan fungsinya. Pada organisme tingkat rendah yang masih sederhana tubuhnya belum mempunyai jaringan, malah ada yang selama hidupnya hanya terdiri dari satu sel saja. Makin tinggi tingkat perkembangan organisme makin nampak adanya differensiasi sel-sel tubuhnya sehingga tampak adanya berbagai penyusun organ tubuhnya.

Jaringan tubuh tumbuhan terbentuk karena adanya pembelahan sel. Jaringan penyusun tubuh tumbuhan tingkat tinggi dapat dibedakan atas dua bagian menurut usianya yaitu Jaringan muda (meristem atau titik tumbuh) dan Jaringan dewasa (jaringan tubuh tua). Berikut ini akan dijelaskan secara singkat kedua jenis jaringan tersebut.

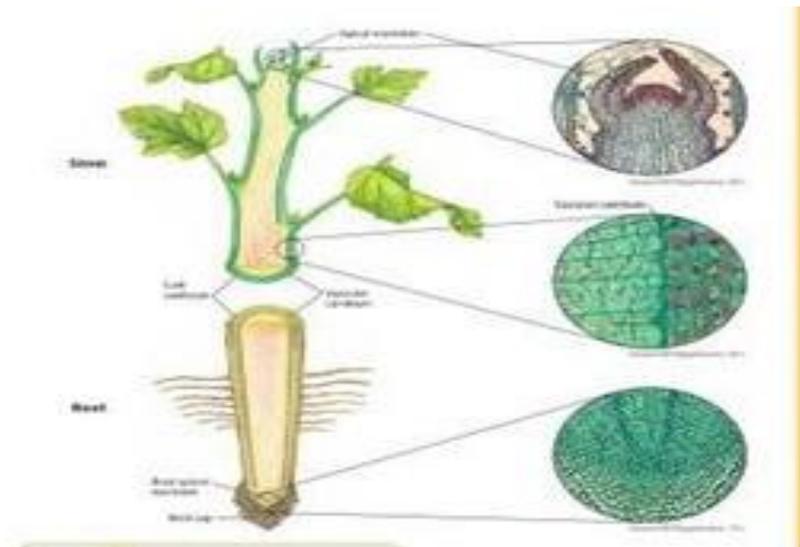
#### **A. Jaringan Muda (Meristem atau Titik Tumbuh)**

Jaringan ini terdiri dari sel-sel yang masih embrional, dindingnya tipis, kaya akan plasma, vakuolanya kecil-kecil. Sel-sel jaringan ini bila dilihat dari segala arah kurang lebih sama besar, jadi bentuk sel seperti kubus.

Jaringan meristem berfungsi untuk membelah dan berdiferensiasi menjadi sel-sel jaringan dewasa. Dari itulah, maka jaringan meristem selalu membelah atau berkembang biak. Menurut letak dan asal pertumbuhan meristem, jaringan meristem itu dapat dibedakan atas dua:

1. Meristem primer (titik tumbuh primer atau promeristem)
2. Meristem sekunder (titik tumbuh sekunder atau kambium)

Meristem primer terdapat pada titik tumbuh di ujung batang dan akar, sehingga disebut juga titik tumbuh apikal (ujung).

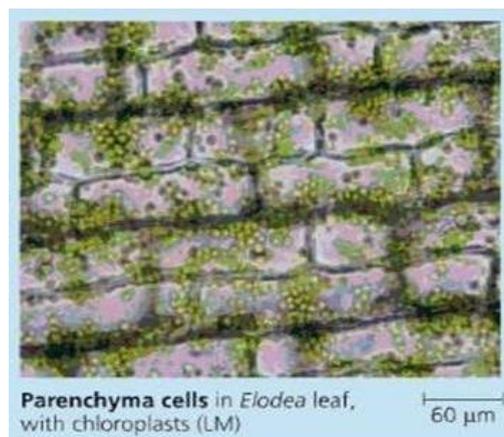


**Gambar 5.1** Diagram posisi meristem pada tumbuhan

Karena adanya titik tumbuh ujung ini maka ujung akar dan batang tumbuhan dapat bertambah panjang. Di belakang titik tumbuh, berbatasan dengan sel-sel meristem ini terdapat sel-sel yang sedang bertumbuh membesar, kemudian berdiferensiasi. Agak jauh ke belakang lagi sel-selnya telah dewasa, sehingga sudah jelas kelihatan adanya jaringan yang terdiri dari sel-sel dewasa yang telah mempunyai bentuk dan sifat yang tertentu sesuai. Berdasarkan struktur dan fungsi jaringan dewasa dibedakan atas empat yaitu jaringan dasar (parenkim), jaringan penutup (jaringan pelindung), jaringan penguat (mekanik) dan jaringan pengangkutan.

### 1. Jaringan Dasar (Parenkim)

Jaringan ini terdapat pada semua bagian organ tumbuhan seperti empulur, korteks akar dan batang, mesofil daun, endosperm biji, buah berdaging, dan jari-jari.



**Gambar 5.2** Jaringan Parenkim yang disusun oleh sel sel parenkim

### 2. Jaringan Penutup ( Jaringan pelindung )

Jaringan Penutup adalah jaringan yang menutupi tubuh bagian luar dan tubuh

bagian dalam yang terdiri dari jaringan epitel dan jaringan endotel.

- a) Jaringan Epitel adalah jaringan penutup yang menutupi tubuh atau permukaan tubuh bagian luar dan bagian dalam yang berhubungan dengan udara. Jaringan ini terdiri dari selapis atau beberapa lapis sel epitel yang bentuknya teratur dan satu sama lain terletak berdekatan, hanya dihubungkan oleh zat sela atau zat interselular.
- b) Jaringan Endotel, yaitu jaringan penutup yang menutupi tubuh bagian dalam yang tidak berhubungan dengan udara. Bentuk dan susunannya hampir sama dengan jaringan epitel sederhana yang berbentuk gepeng (skuamosa), terdapat pada: permukaan dalam dinding pembuluh darah, pembuluh limfe, dan dinding jantung bagian dalam.

### 3. Jaringan Penguat ( Mekanik)

Untuk memperkokoh tubuhnya, tumbuhan memerlukan jaringan penguat atau penunjang yang disebut juga sebagai jaringan mekanik. Ada dua macam jaringan penguat yang menyusun tubuh tumbuhan yaitu kolenkima dan sklerenkima. Kolenkima mengandung protoplasma dan dindingnya tidak mengalami lignifikasi. Sklerenkima berbeda dari kolenkima, karena sklerenkima tidak mengandung protoplasma dan dindingnya mengalami penebalan dari zat lignin.

### 4. Jaringan Pengangkutan.

Jaringan pengangkut (vascular tissue) adalah salah satu dari tiga kelompok jaringan permanen yang dimiliki tumbuhan hijau berpembuluh (Tracheophyta). Jaringan ini disebut juga pembuluh dan berfungsi utama sebagai saluran utama transportasi zat-zat hara yang diperlukan dalam proses vital tumbuhan.

#### a. Xilem

Xilem berfungsi menyalurkan air dan mineral dari akar ke daun. Elemen xylem terdiri dari unsur pembuluh, serabut xylem, dan parenkima xylem. Unsur pembuluh kayu (trakea) dan trakeid. Trakea dan trakeid merupakan sel mati, tidak memiliki sitoplasma dan hanya tersisa dinding selnya. Sel-sel tersebut bersambungan sehingga membentuk pembuluh kapiler yang berfungsi sebagai pengangkut air dan mineral.

#### b. Floem

Floem berfungsi menyalurkan zat makanan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan. Pada umumnya elemen floem disusun oleh unsur-unsur tapis dan parenkima floem. Parenkima floem berfungsi menyimpan cadangan makanan.

(Wijana, 2015)

### B. Jaringan Dewasa (Jaringan Tubuh Tua)

Sel-sel jaringan dewasa bentuknya lebih besar dari sel-sel meristem, plasmanya

lebih sedikit, vakuola lebih besar, kadang-kadang sel jaringan dewasa telah mati dan terisi dengan udara atau air serta dinding selnya mempunyai penebalan yang bermacam-macam empulur, dan juga terdapat sebagai elemen xilem dan floem baik primer maupun sekunder.

Parenkim merupakan sel yang hidup, dinding tipis, bentuk sel bermacam-macam, antara lain isodiametris, bulat seperti tiang, seperti bunga karang, seperti bintang. Sel-sel parenkim aktivitas yang fungsional antara lain fotosintesis, bernafas, menyimpan cadangan makanan, sekresi. Sel-sel parenkim sering mengandung kristal-kristal, lemak, minyak, dan sekresi lain, zat tepung, butir aleuron dan plastida. Parenkim yang mengandung kloroplas disebut klorenkim. Klorenkim terdapat pada daun dan permukaan batang yang masih muda. Tipe-tipe parenkim ditunjukkan pada Gambar 5.2. Parenkim digolongkan menjadi beberapa macam berdasarkan fungsinya yaitu:

**a. Parenkim asimilasi:**

Terdapat pada bagian tubuh tumbuhan yang berwarna hijau. Pada daun bentuk parenkim asimilasi ada 2 macam yaitu bentuk tiang yang disebut jaringan tiang dan bentuk bunga karang yang disebut jaringan bunga karang.

**b. Parenkim udara**

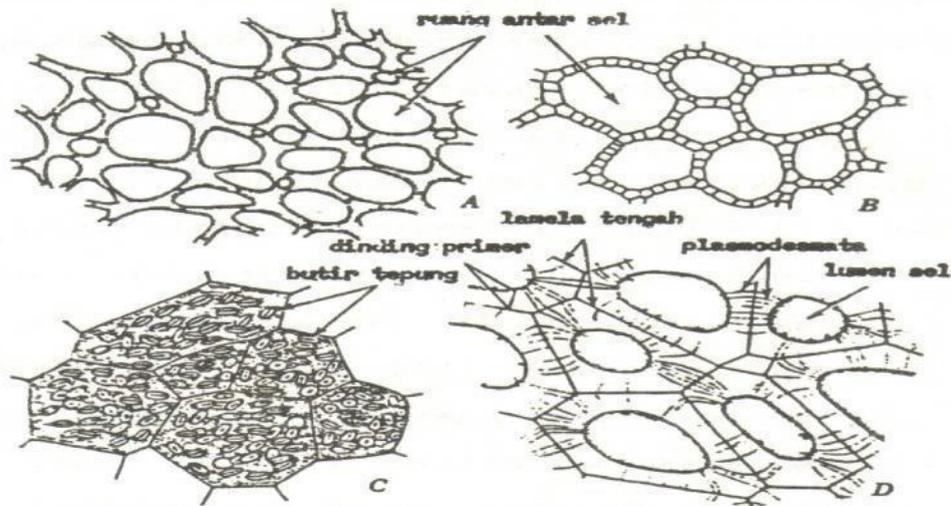
Terdapat pada alat pengapung, misalnya pada daun *Canna*, empulur batang *Juncus*. Biasanya sel-selnya bercabang membentuk jari-jari, atau berbentuk bintang. Sel parenkim yang berfungsi untuk menyimpan udara disebut aerenkim.

**c. Parenkim penimbun**

Sel-sel parenkim ini berisi cadangan makanan terdapat pada endosperm, daun lembaga, tuber, atau umbi. Pati merupakan bahan cadangan yang paling umum pada tumbuhan dan didapati pada endosperm, kotiledon, umbi kentang, buah, parenkima xilem serta floem, korteks.

**d. Parenkim air**

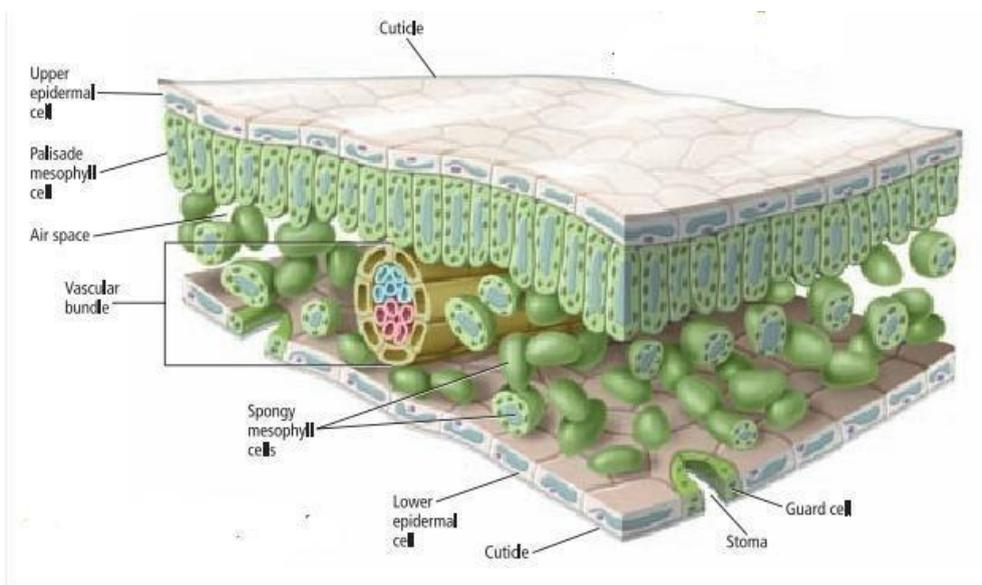
Sel-sel parenkim penuh dengan air, untuk mempertahankan diri terhadap kekeringan. Selnya mempunyai vakuola besar yang mengandung cairan agak berlendir.



**Gambar 5.3.** Tipe-tipe parenkim, A. Parenkim udara daun *Canna*, parenkim bercabang seperti bintang dengan ruang antar sel besar, B. Parenkim udara pada tangkai daun *Zantedesia*, C. Parenkim pada endosperm *Secale*, berisi butir-butir tepung, D. Parenkim pada endosperm *Diospyros*.

### C. Jaringan Penutup (Epidermis)

Tumbuhan yang bersel banyak yang hidup di darat, seluruh atau sebagian tubuhnya memerlukan pelindung terhadap keadaan lingkungan kurang mencegah penguapan air yang berlebih-lebihan. Selain itu dapat pula jumpai zat lilin contoh pada daun pisang. Jaringan epidermis dapat ditunjukkan pada gambar berikut



**Gambar 5.4.** Anatomi Daun yang Memperlihatkan Beberapa Jenis Jaringan

Epidermis melapisi setiap permukaan daun yang terpapar udara jaringan permukaan itu bias halus , lengket, atau berlendir, sisik, duri dan spesialis lainnya . Epidermis

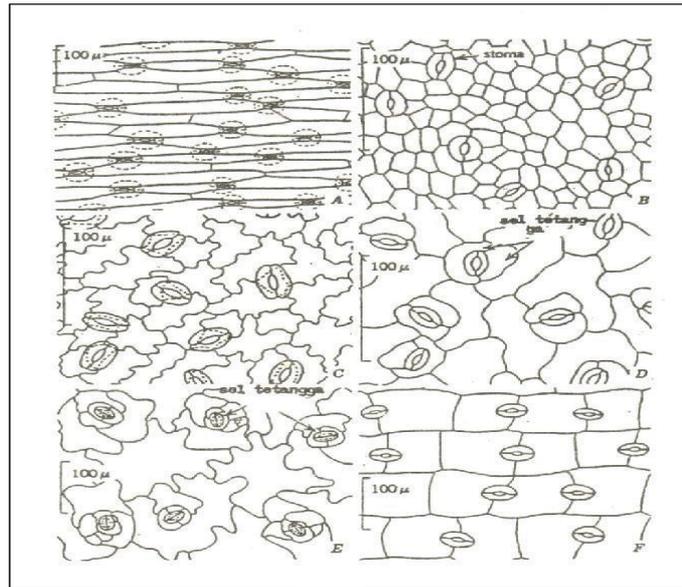
merupakan selubung yang meliputi seluruh tubuh tumbuhan sebelum mengalami pertumbuhan sekunder. Lapisan kutin yang berupa kutikula merupakan selaput tipis pada lapisan terluar yang menutupi jaringan epidermis dari luar. Lapisan kutikula tidak dapat atau sedikit sekali melewatkan gas dan uap air; sehingga kutikula mempunyai peranan Pada epidermis juga dijumpai sel penutup stomata yang sel-selnya masih hidup dan di dalam protoplasmanya terdapat klorofil, sehingga sel itu mempunyai melakukan fotosintesis.

a. Stomata

Stomata terdapat hampir pada semua bagian permukaan tanaman, walaupun jumlah terbanyak ditemukan pada daun dan batang yang muda. Suatu stomata terdiri dari lubang yang dikelilingi oleh 2 sel penutup (sel penjaga). Pada kebanyakan tumbuhan, sel penjaga secara umum berbentuk ginjal. Pada Gramineae, Cyperaceae berbentuk halter.

Secara morfologi, ada empat tipe utama stomata (Gambar 2.5) pada dikotil berdasarkan susunan sel epidermis yang berdekatan dengan sel penjaga yaitu:

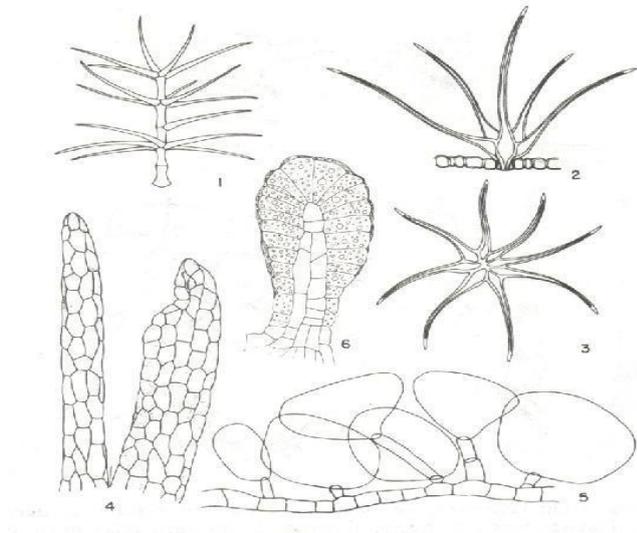
1. **Tipe anomositik** yaitu sel penjaganya dikelilingi oleh sejumlah sel tertentu yang tidak berbeda dengan sel epidermis yang lain dalam bentuk maupun ukuran. Tipe ini dapat ditemukan pada Cucurbitaceae, Malvaceae.
2. **Tipe anisositik**, yaitu setiap sel penjaga dikelilingi oleh tiga sel tetangga yang ukurannya tidak sama. Misalnya pada *Nicotiana* dan *Solanaceae*.
3. **Tipe parasitik**, yaitu setiap sel penjaga bergabung dengan satu atau lebih sel tetangga, sumbu membujur sejajar dengan sumbu sel penjaga dan apertur. Misalnya pada *Arachis* dan *Phaseolus*.
4. **Tipe diasitik** yaitu setiap stomata dikelilingi oleh dua sel tetangga, umumnya dinding sel itu membuat sudut siku-siku terhadap sumbu membujur stomata. Misalnya pada Caryophyllaceae.
5. **Tipe aktinositik** yaitu stomata dikelilingi oleh lingkaran sel yang menyebar dalam radius.



**Gambar 5.5** Stomata pada permukaan bawah daun, A. Daun *Iris*, stomata pada Det longitudinal; B. Daun *Vitis*, stomata menyebar; C. Daun *Capsicum*, stomata menonjol; B.C. Tanpa sel tetangga (anomositik); D-F. Dengan sel tetangga; D. Daun *Vigna*, tipe parasitik; E. Daun *Sedum*, anisositik; F. Daun *Dianthus*, tipe diasiti

#### a. Trikom

Trikoma merupakan tonjolan epidermis ke arah luar. Trikoma dapat bersifat kelenjar atau bukan kelenjar. Yang bukan kelenjar dapat berupa rambut sisik, papila, atau rambut. Trikoma mempunyai fungsi bermacam-macam antara lain: sebagai pelindung terhadap gangguan dari luar, untuk mengurangi penguapan. Trikoma ditunjukkan pada Gambar 5.6.



**Gambar 5.6** Berbagai tipe trikoma, 1. Trikoma multiseluler, 2. Trikoma multiseluler berbentuk bintang, 3. Trikoma multiseluler dilihat dari atas, 4. Rambut kasar, 5. Rambut vesikula, 6. Koleter

Bentuk dan fungsi trikoma bermacam-macam, dapat terdiri atas satu sel atau banyak sel. Trikoma non glandular (rambut-rambut biasa) yang tidak menghasilkan sekret. Sebagai akibat adanya tegangan turgor pada sel-sel jaringan tubuh tumbuhan.

#### D. Jaringan Mekanik

Jaringan mekanik dibedakan atas dua yaitu kolenkim dan sklerenkim

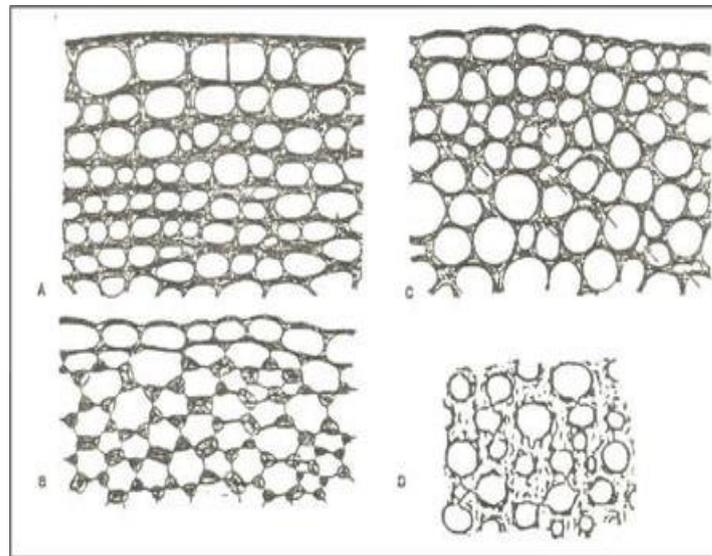
##### a. Kolenkim

Kolenkim merupakan bagian terluar pada korteks batang, sel-sel kolenkim bersifat hidup, kadang-kadang mengandung kloroplas. Kolenkim merupakan jaringan penguat pada bagian batang yang masih muda, tangkai daun, ibu tulang daun (jarang dijumpai di akar). Kolenkim ditunjukkan pada Gambar 2.7.

Menurut tipe penebalan dinding sel, ada tiga tipe utama kolenkim yang dapat dibedakan:

1. **Kolenkim menyudut (angular)** yaitu penebalan dinding sel terjadi secara mebujur di sudut-sudut sel. Contoh ini dapat ditemukan pada *Cucurbita*, *Begonia* dan batang *Solanum tuberosum*.
1. **Kolenkim lamelar**, penebalan terjadi pada dinding tangensial selnya. Contoh tipe ini ditemukan pada korteks batang *Sambucus nigra*.
2. **Kolenkim lakunar**, penebalan di bagian dinding sel yang menghadap ke ruang interselular. Ini dapat dilihat pada tangkai daun spesies Compositae, *Salvia*.
3. **Kolenkim cincing**, pada penampang lintang lumen sel berbentuk lingkaran. Pada

waktu menjelang dewasa terlihat bahwa karena pada tipe sudut penebalan bersambungan pada dinding sel maka lumen tidak menyudut lagi.



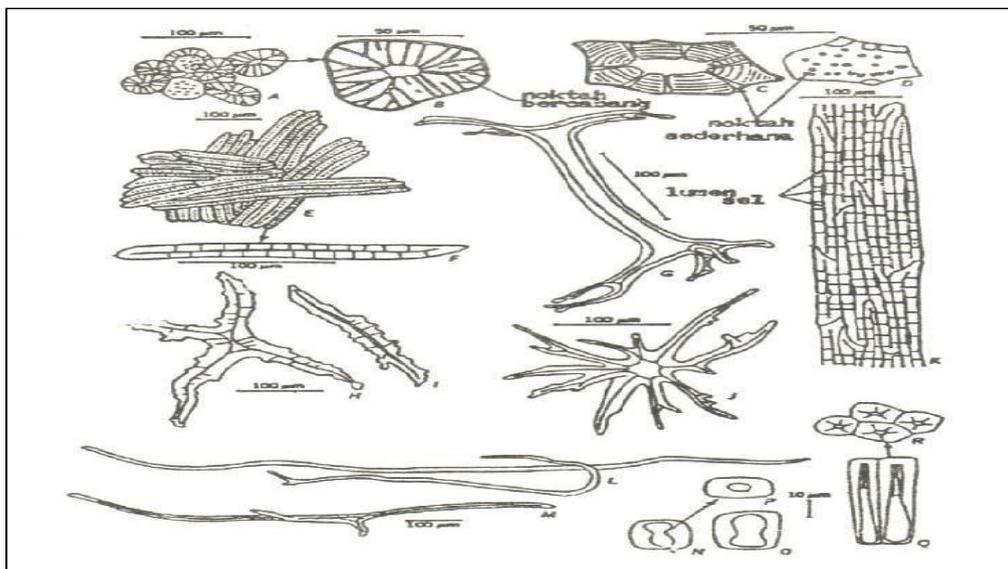
**Gambar 5. 7** Tipe-tipe kolenkim; A. Tipe lempeng (lamelar) pada Batang Sambucus; B. Tipe sudut (angular) pada Cucurbita; C. Tipe tubular pada Lactuca; D. Tipe cincin pada ibu tangkai daun Nerium oleander

#### b. Sklerenkim

terdiri dari sel-sel yang telah matidan tidak mengikut perkembangan. Karena itu merupakan jaringan penguat pada bagian tubuh yang telah dewasa (kebalikan kolenkim) Jaringan sklerenkim dapat dibedakan menjadi 2 yaitu kelereid dan serabut sklerenkim.

1. **Sklereid sering disebut sel batu**, karena dinding selnya keras mengandung lignin. Bentuk selnya relatif pendek, berkelompok-kelompok, atau menyendiri contoh pada tempurung (endocarpium) kelapa. Pada banyak tumbuhan sklereid. Terbentuk sebagai kumpulan sel yang padat di bagian dalam jaringan parenkim yang lunak. Organ-organ tertentu, seperti misalnya kulit kenari serta banyak biji batu dan selaput biji lainnya, seluruhnya dibentuk dari sklereid. Pada beberapa tumbuhan, misalnya Magnoliaceae, sklereid dijumpai dalam hampir seluruh organ; dalam korteks dan empulur batang, daun stipula, perhiasan bunga, reseptakel, buah, dan jarang dalam akar Tschirch (1889) dalam Fahn (1991) membagi sklereid dalam empat tipe (1) brakisklereid atau sel batu, yang bentuknya lebih kurang isodiametrik; sklereid semacam ini biasanya dijumpai dalam floem, korteks dan kulit batang serta dalam daging buah dari buah tertentu seperti

pir, (2) Makrosklereid, sklereid bentuk tongkat; sklereid seperti itu sering kali membentuk suatu lapisan kontinyu dalam testa biji Leguminosae, (3) Osteosklereid, sklereid bentuk kumparan atau tulang, ujungnya membesar, bercuping, dan kadang-kadang bercabang; sklereid seperti ini dijumpai dalam kulit biji dan kadang-kadang dalam daun dikotil tertentu, (4) asterosklereid, sklereid yang mempunyai percabangan beragam dan sering kali berbentuk bintang, sklereid ini terutama dijumpai dalam daun, dan (5) trikosklereid, sklereid sangat memanjang, agak seperti rambut, dan biasanya berupa sklereid dengan satu percabangan yang teratur. Tipe-tipe sklereid ditunjukkan pada Gambar 2.8.



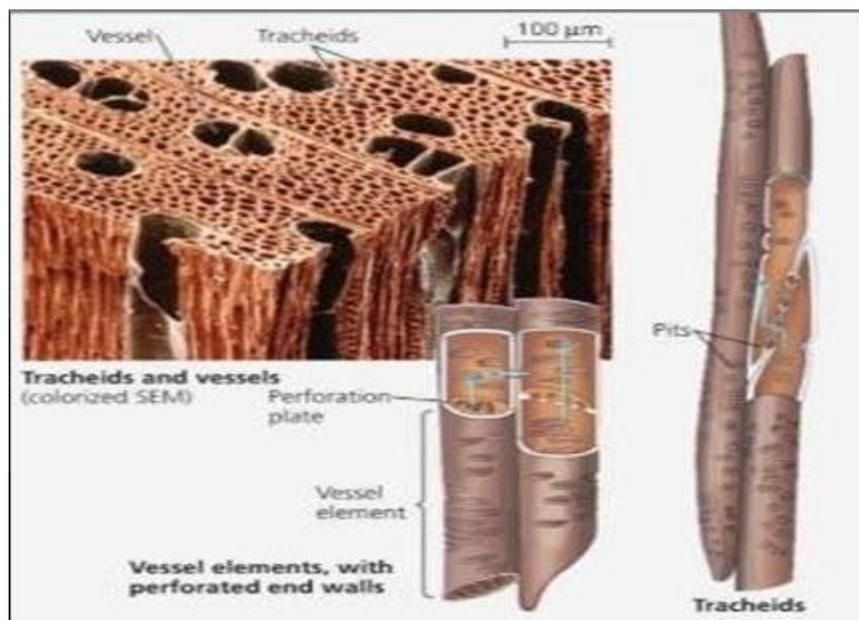
**Gambar 5.8.** Tipe-tipe sklereid, A,B. sel batu pada buah pear (*Pyrus*); C,D. Sklereid pada korteks batang *Hoya*; C. Irisan melintang; D. dilihat dari permukaan; E,F. Sklereid pada endokarpium buah apel (*Malus*); G. Sklereid kolumnar dengan ujung bercabang, dari mesofil *Hakea*; H,I. Sklereid tangkai daun *Camelis*; J. Asterosklereid dari korteks batang *Trochodendron*; K. Lapisan sklereid dari epidermis sisik *Allium sativum*; L, M. Sklereid bentuk benang pada mesofil daun *Oka*; N-P. Sklereid dari kulit biji *Phaseolus*; Q. Sklereid (makrosklereid) kulit biji *Phaseolus*; R. makrosklereid dilihat dari atas.

2. **Serabut sklerenkim** pengertian sklerenkim serabut biasanya diidentikkan dengan bentuk sel yang memanjang dengan ujung runcing, lumen sempit dan dinding sekunder tebal. Serabut terdapat pada akar, batang, daun dan buah. Terdapat di antara jaringan-jaringan lain, serat mungkin terdapat di dalam xilem atau floem, merupakan suatu lapisan dan berhubungan dengan berkas pengangkutan, terutama pada daun, atau jaringan parenkim empulur maupun korteks Pada tumbuhan monokotil, serabut tidak

hanya terdapat sebagai sarung berkas pengangkut, tetapi meluas antara berkas pengangkut dengan epidermis bawah dan atas. Seluruh kelompok sel serat menyusun berkas serat daun yang kuat, yang secara komersial penting yang terdiri atas serat keras dan serat lunak. Serat keras dindingnya berkayu (mengandung lignin), dan umumnya dihasilkan oleh tumbuhan monokotil. Sedang serat lunak dindingnya tidak selalu mengandung lignin, bersifat fleksibel dan lentur, dihasilkan oleh tumbuhan dikotil. Contoh serat tanaman Pisang manila (*Musa textilis*), rambut biji Kapuk (*Ceiba pentadra*), Rami (*Boehmerianivea*) panjang seratnya mencapai 55 cm, *Hibiscus cannabius*.

### E. Jaringan Pengangkut

Pada tumbuhan tingkat rendah belum ditemukan adanya jaringan pengangkutan, karena pengangkutan masih dapat berlangsung ke seluruh bagian tubuh dengan cara difusi saja. Tetapi pada tumbuhan tingkat tinggi yang tubuhnya sedemikian besar, pengangkutan zat tidak dapat sampai dengan cepat ke seluruhnya.



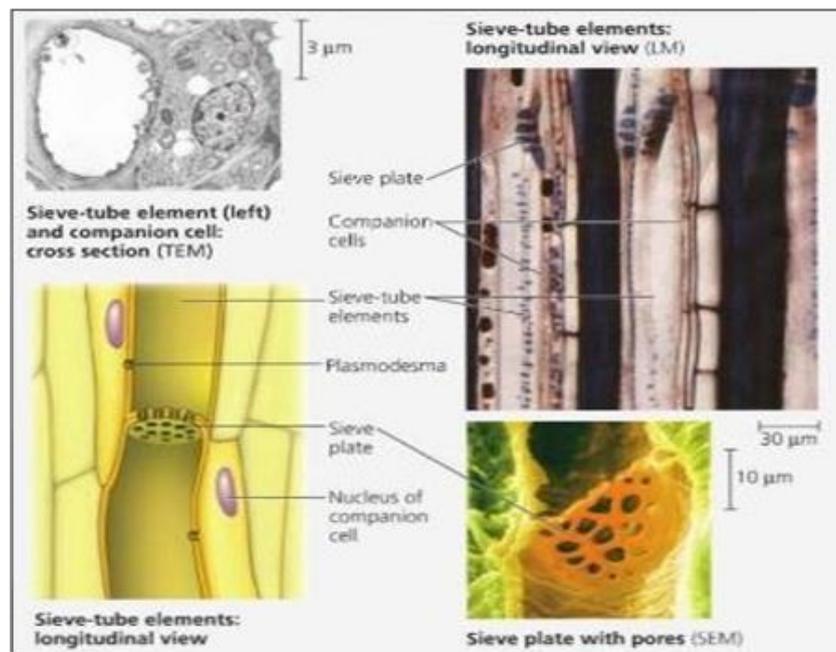
**Gambar 5.9** Jaringan pengangkutan xilem dan elemen xilem

Bagian tubuh bila dengan difusi saja, oleh sebab itu diperlukan adanya jaringan khusus berfungsi dalam mempercepat jalannya pengangkutan yang disebut jaringan pengangkutan (jaringan pembuluh). Xilem dan floem masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2.9 dan 2.10. Jaringan pengangkutan ini terdiri dari sel-sel yang bentuk dan susunannya sesuai dengan tugasnya sebagai tempat berlangsungnya pengangkutan

yaitu terdiri dari sel-sel yang telah mengalami fusi dan berderet menurut arahnya pengangkutan. Jaringan pengangkutan dibedakan atas 2 yaitu:

**a. Jaringan buluh tapis (floem)**

Fungsi utama jaringan buluh tapis sebagai penyalur hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tanaman. Ciri utama unsur tapis terdiri dari sel-sel yang masih hidup. Buluh tapis terdiri dari deretan sel-sel yang panjang dan mengalami fusi. (penyatuan) yang tidak sempurna, sebab dinding sel pada ujung selselnya tidak lenyap melainkan tinggal berupa dinding sel yang berlubanglubang, maka disebut juga buluh ayak (floem). Sel-sel buluh tapis juga disusun oleh sel pengirim yang bersifat meristematis dan berperan memberi makanan pada buluh tapis serta menghasilkan hormon luka. Floem atau buluh tapis hanya dapat melakukan tugasnya selama dalam masa pertumbuhan. Bila menjelang selesai masa pertumbuhan, maka lempeng tapisan itu tertutup oleh kallose (sejenis karbohidrat). Bila kallose itu telah larut maka floem tersumbat sehingga tak berfungsi lagi sebagaimana mestinya.



**Gambar 5.10** Jaringan pengangkutan floem dan elemen-elemen floem

**b. Jaringan pembuluh kayu (xilem)**

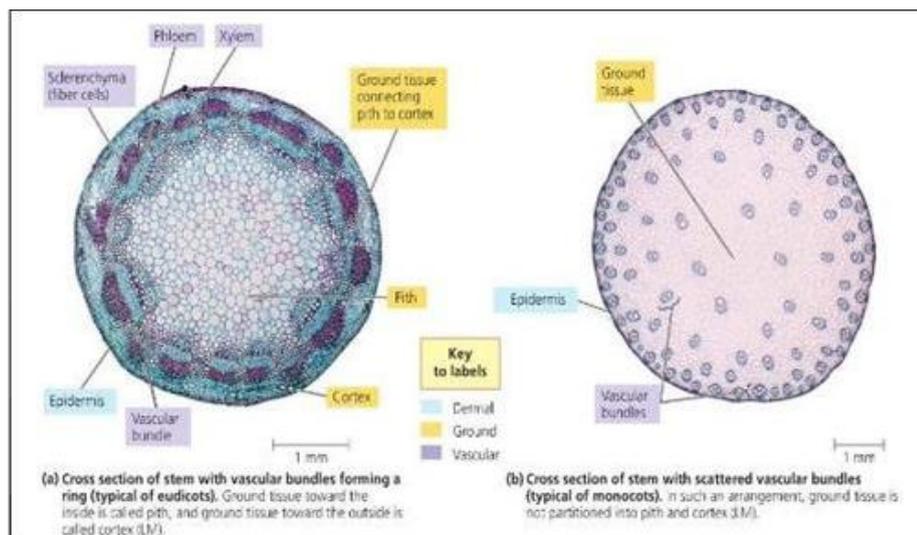
Fungsi utama jaringan xilem untuk mengangkut air dan larutan dari tanah (unsur hara) dari akar ke daun. Penyusun xilem dibagi atas adalah trakeid dan trakea. Trakeid, terdiri dari sel-sel yang sempit dan penebalan dinding selnya lebih tebal sehingga tidak merupakan fusi/pembuluh yang sempurna karena letaknya terpisah-pisah sedangkan sel trakea bentuknya memanjang dengan meruncing. Tipe jaringan pengangkut

dibedakan beberapa tipe berkas yaitu berkas kolateral. Pada tipe ini floem dan xilem berdampingan. Ada dua tipe, yaitu kolateral terbuka dan kolateral tertutup.

Berkas kolateral terbuka, antara floem dan xilem terdapat kambium. Berkas seperti ini pada batang tumbuhan dikotil dan Gymnospermae. Berkas kolateral tertutup antara floem dan xilem tidak terdapat kambium pembuluh. Letak berkas biasanya tersebar, dan terdapat pada batang monokotil. Tipe berkas pengangkutan ditunjukkan pada Gambar 2.11.

Tipe-tipe berkas pengangkutan adalah sebagai berikut:

1. Berkas bikolateral Xilem diapit oleh floem luar dan floem dalam. Batas antara xilem dan floem luar adalah kambium, sedang antara xilem dan floem dalam terdapat parenkim penghubung. Berkas ini misalnya Solanaceae, Cucurbitaceae, dan Apocynaceae.
2. Berkas konsentris Berkas pengangkut melingkar. Berdasarkan letak xilem dibedakan menjadi konsentris amfivasal dan konsentris amfikribal. Konsentris amfivasal, bila xilem mengelilingi floem. Misalnya pada batang Cordyline, Aloe, Agave. Konsentris amfikribal, xilem dikelilingi oleh floem. Misalnya pada rizoma tumbuhan paku.
3. Radial Berkas pada akar, letak xilem dan floem berganti-ganti. Pada tumbuhan Gymnospermae dan dikotil akar dapat mengalami pertumbuhan sekunder, sehingga kambium pembuluh menghasilkan xilem dan floem sekunder, dan akar mempunyai struktur seperti batang.

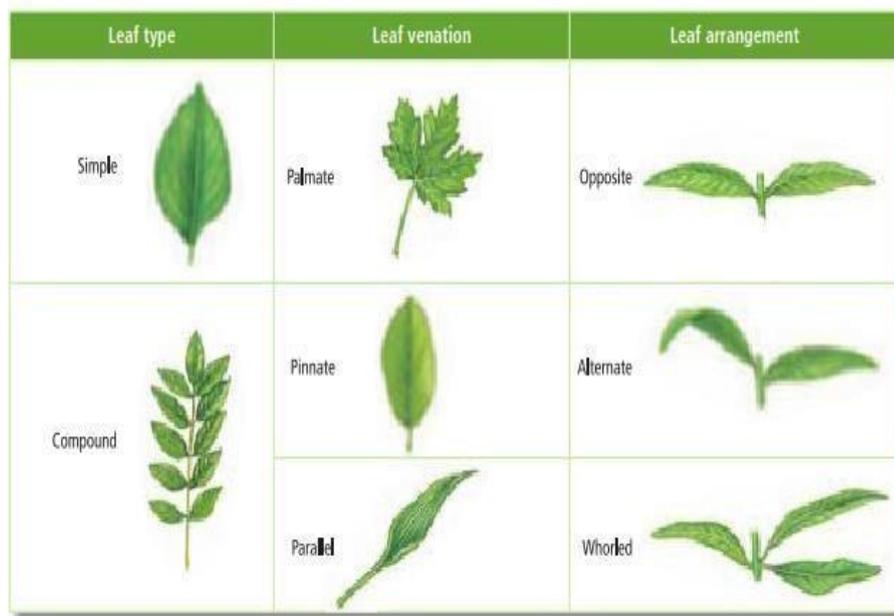


**Gambar 5.11** Tipe-tipe berkas pengangkutan pada batang, a. Berkas pengangkutan kolateral terbuka (dikotil), b. Tipe kolateral tertutup (monokotil).

## F. Struktur Organ Pada Tumbuhan

### 1. Struktur Daun

Daun merupakan organ yang berfungsi untuk fotosintesis. Secara morfologi daun memiliki banyak bentuk tergantung pada jenis tumbuhannya. Pada umumnya daun terdiri atas pelepah, tangkai, dan helaian. Tipe daun, tipe pertulangan daun dan susunan daun pada batang ditunjukkan pada Gambar 2.12.



**Gambar 5.12** Tipe daun, pertulangan daun dan letak daun pada batang.

Jaringan yang terdapat pada daun adalah jaringan epidermis, jaringan parenkim, dan jaringan sklerenkim serta jaringan pengangkutan. Jaringan epidermis pada daun tersusun dari selapis sel-sel kompak dilapisi dengan kutikula (lilin) dan diantara sel-sel terdapat stomata. Mesofil atau daging daun merupakan bagian yang berisi kloroplas. Mesofil terdiri atas dua lapisan yaitu lapisan atas berupa parenkim palisade, dan lapisan bawah berupa parenkim spons. Jaringan pembuluh pada daun membentuk suatu ikatan yang disebut tulang daun. Jaringan epidermis pada daun ada yang mengalami modifikasi menjadi stomata dan trikoma. Stomata berfungsi sebagai jalan terjadinya pertukaran gas atau yang dikenal dengan nama transpirasi, sedangkan trikoma antara lain berfungsi sebagai proteksi tumbuhan terhadap gangguan atau pemangsa lainnya.

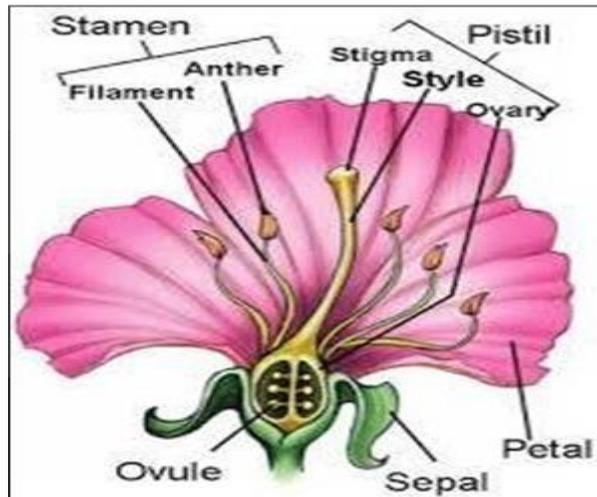
### 2. Struktur Batang

Batang merupakan bagian tumbuhan yang menyokong bagian-bagian tumbuhan yang lainnya seperti daun. Batang tumbuhan ada yang berkayu dan lunak. Pada batang juga ada ruas dan buku.

Fungsi utama batang padatanumbuhan adalah tempat melekatnya daun dan ada berfungsi sebagai reproduksi. Xilem dan floem pada batang dikotil membentuk ikatan pembuluh. Tiap ikatan pembuluh tersusun pada bidang radial yang sama. Pada bagian luar berkas pembuluh, berisi jaringan floem, sedangkan xilem berada dis sebelah dalam. Tipe ikatan pembuluh dengan penataan xilem dan floem pada radius yang sama disebut tipe kolateral. Jika diantara floem dan xilem terdapat kambium disebut tipe kolateral terbuka yang tersusun teratur dan terdapat pada batang dikotil, tetapi jika tidak ada kambium disebut tipe kolateral tertutup. Susunan ikatan pembuluh tipe kolatera tertutup dan tersebar ditemukan pada batang monokotil Ikatan pembuluh pada batang berfungsi sebagai sistem pengangkutan. Susunan ikatan pembuluh pada batang dapat menjadi pembeda antara monokotil dengan dikotil. Pada batang juga ditemukan jaringan yang lain seperti jaringan meristem, epidermis, parenkim, dan sklerenkim. Jaringan meristem yang terdapat pada ujung batang menyebabkan tanaman tumbuh memanjang yang lebih dikenal dengan pertumbuhan primer. Pada batang dikotil terjadi pertumbuhan sekunder yang disebabkan oleh kambium. Jaringan kambium tersebut terdapat pada titik tumbuh sekunder (meristem sekunder). Aktivitas kambium menyebabkan terbentuknya lingkaran tahun.

### 3. Bunga

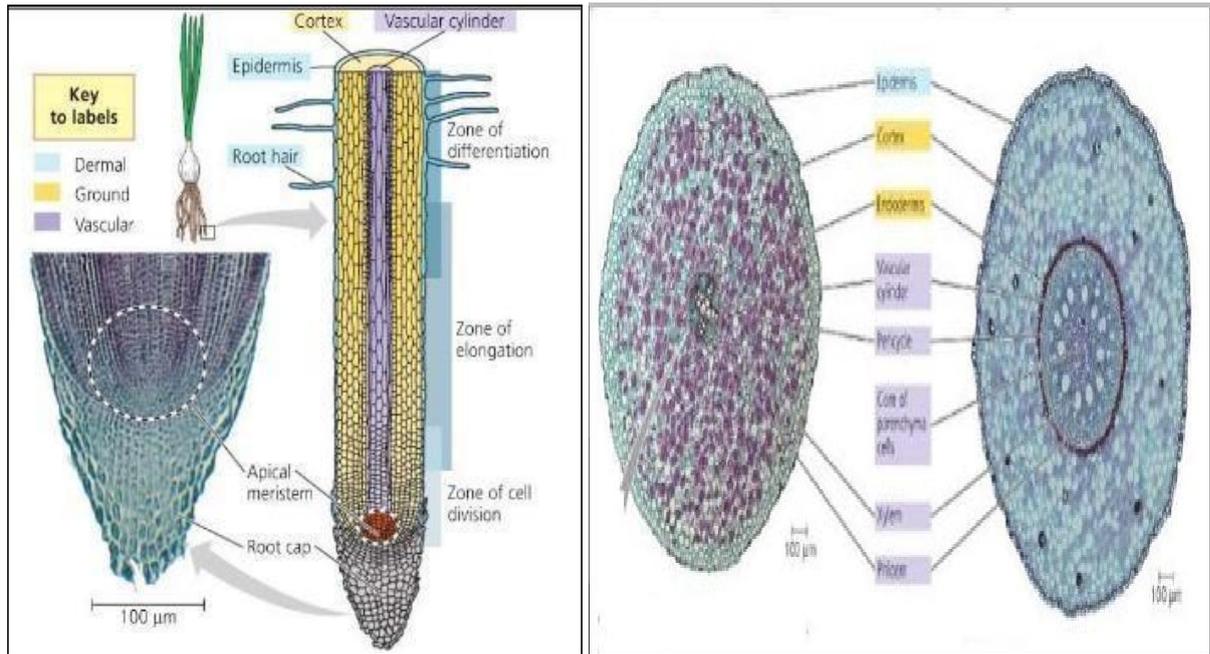
Bunga merupakan organ reproduksi pada tumbuhan tingkat tinggi. Bunga menghasilkan alat kelamin jantan (benang sari) dan alat kelamin betina (putik). Kelengkapan bunga terdiri atas tangkai, dasar bunga (reseptakel), kelopak (sepal), mahkota (petal), dan organ kelamin. Putik tersusun dari kepala putik (stigma), tangkai putik (stilus), dan indung telur (ovarium). Benang sari (stamen) tersusun dari kepala sari (anter) dan tangkai sari (filamen).



**Gambar 5.13** Bunga dan Bagian-bagiannya

#### 4. Struktur Akar

Struktur akar telah diadaptasikan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Akar berkembang dari meristem di ujung akar yang tertutup oleh tudung akar (kaliptra). Pembelahan meristem apikal akan membentuk zona meristematik, zona elongasi, dan zona diferensiasi. Banyak tumbuhan dikotil memiliki sistem akar tunggang yang terdiri dari satu akar vertikal yang besar yang menghasilkan banyak akar lateral yang lebih kecil. Monokotil yang meliputi rumput-rumputan, umumnya memiliki sistem akar serabut yang terdiri dari suatu anyaman akar yang mirip benang, yang menyebar di bawah permukaan tanah. Secara anatomi, struktur akar berturut-turut dari luar ke dalam adalah epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat. Epidermis akar tersusun selapis sel rapat dan tidak mempunyai ruang antar sel. Dinding selnya tipis dan bersifat semipermeabel. Korteks akar tersusun atas banyak lapisan sel yang berdinding tipis. Sel-selnya tidak tersusun rapat dan banyak ruang antarsel. Sel-sel tersebut sering mengandung zat tepung sebagai cadangan makanan. Endodermis tersusun dari selapis sel rapat tanpa ruang antarsel. Dinding sel endodermis akan mengalami penebalan gabus. Deretan sel endodermis yang menyerupai pita dan mengalami penebalan gabus disebut pita Caspary. Stele (silinder pusat) terletak di sebelah dalam endodermis yang tersusun atas (1) perisikel (perikambium), (2) vasis (berkas pembuluh angkut) yaitu xilem dan floem yang tersusun bergantian menurut arah jari-jari, dan (3) empulur, jaringan pengisi di antara vasis yang terdiri atas jaringan parenkim.



**Gambar 6.14** Anatomi Akar, akar dikoti (kiri) dan monokotil (kanan)

(Palennari, dkk. 2006).

Akar menyediakan tumbuhan suatu permukaan luas dalam mengabsorpsi air dari zat terlarut. Dalam tiap akar terdapat slinder pembuluh, dengan xilem dan floem primer yang panjang. Pertumbuhan primer akan menghasilkan satu dari dua jenis system akar. System akar tunggang pada dikotil terdiri dari akar primer dan cabang lateralnya contohnya pada tanaman wortel dan bunga poppy termasuk tumbuhan yang memiliki system akar tunggang (Gambar 2.14). Sebagai perbandingan, akar primer pada sebagian besar monokotil cepat digantikan oleh akar liar yang tumbuh keluar dari batang. Akar lateral yang sama dalam diameter dan panjangnya, bercabang dari akar liar itu. Bersamaan dengan itu, akar liar dan akar lateral tumbuhan itu membentuk system akar serabut. (Prasaja, 2013)

Tumbuhan terdiri dari sel-sel yang membentuk jaringan. Jaringan meristem adalah jaringan yang sel penyusunnya bersifat embrional, artinya mampu terus menerus membelah diri untuk menambah jumlah sel tubuh tumbuhan. Klasifikasi meristem dibuat berdasarkan beberapa cirri, yaitu menurut tempatnya dalam tubuh tumbuhan, asalnya, jaringan yang dihasilkan, strukturnya, stadium perkembangannya, dan fungsinya.

Menurut tempatnya dalam tumbuhan dikenal meristem apikal yang terdapat pada ujung batang dan ujung akar; meristem interkalar yang terdapat di antara jaringan dewasa seperti misalnya di pangkal ruas batang rumput-rumputan; meristem lateral

yang terdapat sejajar dengan keliling organ tempat jaringan ini ditemukan, misalnya cambium pembuluh dan cambium gabus. Menurut asalnya dibedakan menjadi meristem primer dan meristem sekunder. Meristem primer adalah meristem yang berkembang langsung dari sel embrionik. Meristem sekunder adalah meristem yang berkembang dari jaringan yang telah mengalami diferensiasi.

Berdasarkan jurnal penelitian, kami membuat kesimpulan bahwa sepuluh kultivar yang diuji menunjukkan tingkat ketahanan yang berbeda terhadap serangan penyakit bercak daun sigatoka. Kultivar yang sangat tahan terhadap penyakit bercak daun sigatoka yaitu kultivar Kepok dengan intensitas serangan 5.26 % sedangkan kultivar pisang yang rentan yaitu kultivar Mas dengan intensitas serangan 4.25 %. Dari hasil uji korelasi terdapat hubungan korelasi sedang antara masa inkubasi dengan intensitas serangan dengan nilai  $r$

0.78 dan antara ketebalan epidermis dengan intensitas serangan dengan nilai  $r$  0.59. Dari uji tersebut dapat disimpulkan masa inkubasi dan tebal lapisan epidermis daun tidak selalu berhubungan dengan intensitas serangan penyakit bercak daun sigatoka. Hal ini dikarenakan adanya faktor lain yang mempengaruhi ketahanan tanaman pisang, yaitu kondisi lingkungan dan reaksi-reaksi biokimia yang terjadi pada tanaman.

## BAB VII

### SISTEM INTEGUMEN HEWAN

Sistem integumen/sistem penutup tubuh (*covering*) adalah suatu sistem penyusun tubuh suatu makhluk hidup yang berhubungan langsung dengan lingkungan luar. Sistem Integumen membentuk lapisan terluar pada tubuh integumen terdiri dari kulit dan beberapa derivatif kulit terspesialisasi tertentu, antara lain rambut, kuku, dan beberapa jenis kelenjar.

Sistem integumen/ sistem penutup tubuh (*covering*) adalah suatu sistem penyusun tubuh suatu makhluk hidup yang berhubungan langsung dengan lingkungan luar. Fungsinya antara lain sebagai pelindung, penerima rangsangan dari luar /eksteroreseptor, respirasi, ekskresi, termoregulasi dan osmoregulasi /homeostatis.

Fungsi lain dari sistem integumen diantaranya : 1) Sebagai tempat cadangan makanan. Lemak pada hewan yang hidup di daerah, 2) Sebagai alat nutrisi / kelenjar susu, pada mammalia, 3) Sebagai alat gerak, sayap pada burung, sirip pada ikan, selaput renang pada katak, dan 4) Sebagai tempat pembentukan vitamin D.

Sistem integumen adalah sistem organ yang membedakan, memisahkan, melindungi, dan menginformasikan hewan terhadap lingkungan sekitarnya. Sistem ini seringkali merupakan bagian sistem organ yang terbesar yang mencakup kulit, rambut, bulu, sisik, kuku, kelenjar keringat dan produknya (keringat atau lendir). Kata ini berasal dari bahasa Latin "integumentum", yang berarti "penutup".

Secara ilmiah kulit adalah lapisan terluar yang terdapat di luar jaringan yang terdapat pada bagian luar yang menutupi dan melindungi permukaan tubuh, kulit merupakan organ yang paling luas permukaan yang membungkus seluruh bagian luar tubuh sehingga kulit sebagai pelindung tubuh terhadap bahaya bahan kimia.

Cahaya matahari mengandung sinar ultra violet dan melindungi terhadap mikroorganisme serta menjaga keseimbangan tubuh misalnya menjadi pucat, kekuning-kuningan, kemerah-merahan atau suhu kulit meningkat. Gangguan psikis juga dapat mengakibatkan kelainan atau perubahan pada kulit misalnya karena stres, ketakutan, dan keadaan marah akan mengakibatkan perubahan pada kulit wajah.

## A. Integumen

Integumen merupakan suatu sistem yang sangat bervariasi. Pada sistem ini terdapat sejumlah organ ataupun struktur tertentu dengan fungsi yang bermacam-macam. Sistem integumen dapat dianggap terdiri dari kulit yang sebenarnya dan derivat-derivatnya. Kulit yang sebenarnya yaitu lapisan penutup yang umumnya terdiri dua lapisan utama, letaknya sebelah luar dari jaringan ikat kendur yang meliputi otot dan struktur permukaan lain. Sedangkan derivat integumen yaitu struktur tertentu yang secara embriogenetik berasal dari salah satu atau kedua lapisan kulit sebenarnya. Struktur ini dapat berupa struktur yang lunak, seperti kelenjar eksresi, tetapi dapat juga berupa struktur keras dari kulit ini, dinamakan eksoskelet. Sehubungan dengan bervariasinya integumen pada vertebrata khususnya ikan, maka fungsinya pun bermacam-macam pula, antara lain : pelindung terhadap gangguan mekanis, fisis, organis atau penyesuaian diri terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupannya, termasuk pelindung terhadap hewan lain yang merupakan musuhnya. Kulit juga digunakan sebagai alat ekskresi dan osmoregulasi dan sebagai alat pernapasan pada beberapa jenis ikan tertentu. Beberapa alat lain yang terdapat dalam kulit sebagai alat untuk mempertahankan diri ataupun menyerang mangsa adalah kelenjar racun, pewarnaan, sumber cahaya, kelenjar mucus (lendir) yang membuat tubuhnya licin dan menghasilkan bau khas sebagai alat komunikasi kimiawi.

### Fungsi Kulit

Kulit memiliki banyak fungsi, yang berguna dalam menjaga homeostasis tubuh. Fungsi-fungsi tersebut dapat dibedakan menjadi fungsi proteksi (perlindungan), absorpsi, ekskresi, persepsi, pengaturan suhu tubuh (termoregulasi), dan pembentukan vitamin D.

#### - Kulit sebagai pelindung

Kulit memiliki lapisan kulit yang berfungsi sebagai pelindung tubuh dari tiap bagian lapisan kulit terdalam sampai luar, seperti: Sel keratin, lipid, sebum, pigmen melanin. Sel keratin berfungsi melindungi kulit dari mikroba, abrasi (gesekan), panas, dan zat kimia. Keratin merupakan struktur yang keras, kaku, dan tersusun rapi dan erat seperti batu bata di permukaan kulit.

Lipid yang dilepaskan mencegah evaporasi air dari permukaan kulit dan dehidrasi, selain itu juga mencegah masuknya air dari lingkungan luar tubuh melalui kulit. Sebum yang berminyak yang berasal dari kelenjar sebacea mencegah kulit dan

rambut dari kekeringan serta mengandung zat bakterisid yang berfungsi untuk membunuh bakteri di permukaan kulit. Dengan adanya sebum ini, bersamaan dengan ekskresi keringat, akan menghasilkan mantel asam dengan kadar pH 5-6.5 yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba.

Pigmen melanin yang berfungsi untuk melindungi kulit efek dari sinar UV yang berbahaya. Pada stratum basal, sel-sel melanosit melepaskan pigmen melanin ke sel-sel di sekitarnya. Pigmen ini bertugas melindungi materi genetik dari sinar matahari, sehingga materi genetik dapat tersimpan dengan baik. Apabila terjadi gangguan pada proteksi oleh melanin, maka dapat timbul keganasan. Pigmen melanin merupakan lapisan kulit yang berfungsi sebagai pemberi dan perubahan warna kulit. Usaha untuk mencegah kulit terpapar pancaran sinar matahari secara berlebihan dapat berupa menggunakan handbody lotion karena pigmen kulit mudah sekali berubah.

Selain itu ada sel-sel yang berperan sebagai sel imun yang protektif. Sel imun yang pertama adalah sel Langerhans, yang merepresentasikan antigen terhadap mikroba. Kemudian ada sel fagosit yang bertugas memfagositosis mikroba yang masuk melewati keratin dan sel Langerhans.

#### - Fungsi absorpsi

Kulit tidak bisa menyerap air, tapi bisa menyerap material larut-lipid seperti vitamin A, D, E, dan K, obat-obatan tertentu, oksigen dan karbon dioksida. Permeabilitas kulit terhadap oksigen, karbondioksida dan uap air memungkinkan kulit ikut mengambil bagian pada fungsi respirasi. Selain itu beberapa material toksik dapat diserap seperti aseton, CCl<sub>4</sub>, dan merkuri. Beberapa obat juga dirancang untuk larut lemak, seperti kortison, sehingga mampu berpenetrasi ke kulit dan melepaskan antihistamin di tempat peradangan. Kemampuan absorpsi kulit dipengaruhi oleh tebal tipisnya kulit, hidrasi, kelembaban, metabolisme dan jenis vehikulum. Penyerapan dapat berlangsung melalui celah antarsel atau melalui muara saluran kelenjar tetapi lebih banyak yang melalui sel-sel epidermis daripada yang melalui muara kelenjar.

#### - Fungsi ekskresi

Kulit juga berfungsi sebagai tempat pembuangan suatu cairan yang keluar dari dalam tubuh berupa keringat dengan perantara 2 kelenjar keringat yang dimiliki, yakni kelenjar sebacea dan kelenjar keringat:

##### a. Kelenjar sebacea

Kelenjar sebacea merupakan kelenjar yang melekat pada folikel rambut dan melepaskan lipid yang dikenal sebagai sebum menuju lumen. Sebum dikeluarkan ketika

muskulus arektor pili berkontraksi menekan kelenjar sebacea sehingga sebum dikeluarkan ke folikel rambut lalu ke permukaan kulit. Sebum tersebut merupakan campuran dari trigliserida, kolesterol, protein, dan elektrolit. Sebum berfungsi menghambat pertumbuhan bakteri, melumasi dan memproteksi keratin.

#### b. Kelenjar keringat

Walaupun stratum korneum kedap air, namun sekitar 400 ml air dapat keluar dengan cara menguap melalui kelenjar keringat tiap hari. Bagi seorang yang bekerja dalam ruangan mengekskresikan 200 ml keringat tambahan, dan bagi orang yang aktif bekerja di luar ruangan akan menghasilkan kelenjar keringat yang lebih terbuka sehingga keringat yang dikeluarkan lebih banyak dari mereka yang bekerja di dalam ruangan. Selain mengeluarkan air dan panas, keringat juga merupakan sarana untuk mengekskresikan garam, karbondioksida, dan dua molekul organik hasil pemecahan protein yaitu amoniak dan urea.

##### - Fungsi persepsi

Kulit mengandung ujung-ujung syaraf sensorik di dermis dan subkutis. Terhadap rangsangan panas diperankan oleh badan-badan Ruffini di dermis dan subkutis. Terhadap dingin diperankan oleh badan-badan Krause yang terletak di dermis, badan taktil Meissner terletak di papila dermis berperan terhadap rabaan, demikian pula badan Merkel Ranvier yang terletak di epidermis. Sedangkan terhadap tekanan diperankan oleh badan Paccini di epidermis. Saraf-saraf sensorik tersebut lebih banyak jumlahnya di daerah yang erotik.

##### - Fungsi sebagai pengaturan suhu tubuh

Kulit berkontribusi terhadap pengaturan suhu tubuh (*termoregulasi*) melalui dua cara yaitu pengeluaran keringat dan menyesuaikan aliran darah di pembuluh kapiler. Pada saat suhu tinggi, tubuh akan mengeluarkan keringat dalam jumlah banyak serta memperlebar pembuluh darah (*vasodilatasi*) sehingga panas akan terbawa keluar dari tubuh. Sebaliknya, pada saat suhu rendah, tubuh akan mengeluarkan lebih sedikit keringat dan mempersempit pembuluh darah (*vasokonstriksi*) sehingga mengurangi pengeluaran panas oleh tubuh.

##### - Fungsi pembentukan vitamin D

Sintesis vitamin D dilakukan dengan mengaktivasi prekursor 7 dihidroksi kolesterol dengan bantuan sinar ultraviolet. Enzim di hati dan ginjal lalu memodifikasi prekursor dan menghasilkan calcitriol, bentuk vitamin D yang aktif. Calcitriol adalah

hormon yang berperan dalam mengabsorpsi kalsium makanan dari traktus gastrointestinal ke dalam pembuluh darah. Tubuh memang mampu menghasilkan vitamin D dengan sendirinya tetapi masih belum mampu memenuhi kebutuhan tubuh secara menyeluruh sehingga pemberian vitamin D secara buatan atau yang dapat diperoleh dari sumber makanan, buah-buahan dan sayuran yang banyak mengandung vitamin D masih tetap diperlukan. Pada manusia kulit dapat pula mengekspresikan emosi karena adanya pembuluh darah, kelenjar keringat, dan otot-otot di bawah kulit. (Sloane,2003)

## **B. STRUKTUR SUSUNAN KULIT**

Pada hewan vetebrata, terdapat beberapa perbedaan dalam susunan kulit. Maka, dapat diperbandingkan diantaranya dari Pisces, Amphibi, Reptil, Aves dan mamalia (manusia sebagai contohnya) sebagai berikut:

### **a. Kulit Pisces**

Kulit ikan terdiri atas lapisan epidermis dan lapisan dalam yang disebut dermis. Lapisan epidermis pada ikan selalu basah karena adanya lendir yang dihasilkan oleh sel-sel yang berbentuk piala yang terdapat di seluruh permukaan tubuhnya. Lapisan dermis berperan dalam pembentukan sisik pada ikan yang bersisik, dan derivat-derivat kulit lainnya. Lendir umumnya ikan yang tidak bersisik memproduksi lendir yang lebih banyak dan tebal dibanding dengan ikan yang bersisik. Ketebalan lendir yang meliputi kulit ikan dipengaruhi oleh kegiatan sel kelenjar yang berbentuk piala yang terletak di dalam epidermis. Kelenjar ini akan memproduksi lendir lebih banyak pada saat tertentu, misalnya pada saat ikan berusaha melepaskan diri dari bahaya/ genting dibanding pada saat atau keadaan normal. Lendir berguna untuk mengurangi gesekan dengan air supaya ia dapat berenang dengan lebih cepat, mencegah infeksi dan menutup luka, berperan dalam osmoregulasi sebagai lapisan semipermeable yang mencegah keluar masuknya air melalui kulit.

Pada beberapa ikan tertentu menggunakan lendir sebagai alat perlindungan pada saat terjadi kekeringan, misalnya ikan paru-paru (*Protopterus*) yang menanamkan diri pada lumpur selama musim panas dengan membungkus tubuhnya dengan lendir hingga musim penghujan tiba. Beberapa ikan yang menggunakan lendirnya untuk melindungi telur dari gangguan luar, misalnya anggota dari genus *Trichogaster*. Sisik - Ikan yang bersisik keras biasanya ditemukan pada golongan ikan primitif, sedangkan pada ikan modern, kekerasan sisiknya sudah fleksibel. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis

bahan yang dikandungnya. Sisik dibuat di dalam dermis sehingga sering diistilahkan sebagai rangka dermis. Di samping ikan bersisik terdapat pula ikan yang sama sekali tidak bersisik, ditemukan pada ikan lajur (*Trichiurus*, *Lepturancanthus*, *Demissolinea*), ikan subordo Siluroidea (*Pegasius*, *Clarias*, *Fluta alba*). Pisces tersebut memiliki lendir yang lebih tebal sehingga badannya menjadi lebih licin sebagai suatu kompensasi dari tidak terdapatnya lendir pada tubuhnya.

Ada beberapa jenis ikan yang hanya ditemukan sisik pada bagian tubuh tertentu saja. Namun adapula yang hanya ditemukan sepanjang linea lateralis. Ikan sidat (*Anguilla*) yang terlihat seperti tidak bersisik, sebenarnya bersisik tetapi sisiknya kecil dan dilapisi lendir yang tebal.

#### b. Kulit Amfibi

Pada amfibi, kulit merupakan organ yang penting. Kulit katak memiliki sifat permeabilitas, dimana air dan gas dapat “keluar-masuk”. Kulit katak juga berfungsi sebagai alat pernafasan dan harus lembab sehingga tidak kekeringan. Oleh karena itu katak harus mengembangkan adaptasi yang berhubungan erat dengan sifat dari kulit mereka. Untuk mengurangi kemungkinan kulit mengering maka adaptasi yang dilakukan antara lain: 1) Merapatkan tubuh untuk mengurangi luas permukaan yang bisa mengering, 2) Hidup dekat badan air, 3) Berlindung di tumbuhan teduh atau permukaan batu, 4) Menutupi kulit dengan bahan licin dan 5) Masuk ke dalam tanah.

Seperti juga pada beberapa jenis reptil (yang terlihat jelas adalah ular) yang mengelupaskan kulitnya maka pada waktu-waktu tertentu katak juga akan mengelupaskan kulit bagian atas (stratum corneum) secara berkala, terutama saat tumbuh. Kebanyakan dari jenis amfibi akan memakan kulit lamanya, yang merupakan sumber air dan unsur hara. Kulit yang lemas sebagai penutup tubuh berfungsi menutupi tubuh terhadap gangguan yang bersifat fisis dan patologis. Disamping itu sebagai alat untuk mengisap air karena katak tidak minum.

Kulit tersusun atas epidermis, dermis yang terbagi atas jaringan lain. Pada epidermis sebelah bawah merupakan lapisan germ yang selalu menghasilkan lapisan jangat yang setiap waktu bisa terkelupas. Tiap bulan selama musim hujan di bsawah lapisan jangat baru, sehingga setiap waktu lapisan jangat yang lama terlepas sudah siap pengantinya. Pada dermis terdapat jaringan ikat, di sebelah luar jaringan tersebut terdapat jaringan seperti karet busa yang mengandung banyak kelenjar dan pigmen. Bagian sebelah dalam dari dermis terdapat saraf dan pembuluh darah yang mempunyai peranan penting dalam proses pernafasan melalui kulit.

Kelenjar kulit menghasilkan sekresi yang berupa cairan untuk membasahi kulit luar.

Kelenjar kulit terbagi atas 2 yaitu:

1. *Glandulae mucosa* (kelenjar lendir) yang menghasilkan lendir bening untuk memudahkan katak melepaskan diri bila ditangkap.
2. *Glandulae toxicon* (kelenjar racun) yang menghasilkan zat racun yang pada tingkat tertentu dapat secara efektif mematikan hewan lain.

Dalam kulit terdapat butir-butir pigmen pada epidermis dan sel pigmen pada dermis. Beberapa jenis katak mempunyai kelenjar beracun (*granular gland*) pada kulit yang pada saat terganggu akan mengeluarkan cairan berwarna susu ataupun bening (kadang-kadang berbau dan lengket) yang bersifat racun yang secara kimiawi terdiri dari *bicyclic dan steroid alkaloid*. Kelenjar ini biasanya terkonsentrasi pada kepala atau pada bintil-bintil di sepanjang tubuh dan disebut sebagai kelenjar paratoid. Jenis-jenis katak dari Amerika Selatan memiliki racun yang sangat kuat yang dapat mematikan manusia. Katak *Dendrobates* memiliki warna yang indah sebagai “tanda” bahwa mereka beracun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa racun ini sebagian besar berasal dari serangga yang dimakan mereka, oleh karena itu katak-katak *Dendrobatidae* yang ditangkarkan dan diberi makana biasa akan kehilangan daya racunnya. Racun kodok umumnya memiliki kandungan kimiawi berupa *Biogenic amines* yaitu *epinephrine, nor epinephrine, dopamine, epinine, indolealkylamines* yang dapat mengakibatkan halusinasi dan melembutkan otot.

### 3. Kulit Reptil

Kulit/Integument pada Reptilia umumnya tidak mengandung kelenjar keringat. Integument adalah jaringan penutup permukaan, seperti kulit dan mukosa. Lapisan terluar dari integument yang menanduk tidak mengandung sel-sel saraf dan pembuluh darah. Bagian ini mati, dan lama-lama akan mengelupas. Permukaan lapisan epidermal mengalami keratinisasi. Lapisan ini akan ikut hilang apabila hewan berganti kulit. Pada *calotes* (bunglon) integument mengalami modifikasi warna. Perubahan warna ini dikarenakan adanya granulea pigment dalam dermis yang terkumpul atau menyebar karena pengaruh yang bermacam-macam. Pada *calotes* (bunglon) perubahan ini relatif cepat, karena selalu dibawah kontrol sistem *nervosum outonomicum*.

Untuk mempertahankan diri dari mangsa dan penyakit ataupun memudahkan menangkap mangsa, reptil mengembangkan berbagai pertahanan diri. Pewarnaan berfungsi baik sebagai kamuflase maupun peringatan terhadap predator potensial atas keberadaan racun. Secara morfologi, bentuk dan warna yang menyerupai lingkungan

sekitar menyulitkan predator memangsa mereka. Kulit amfibi memiliki kelenjar mucus. Sekresi mucus membuat kulit tetap lembab, mencegah masuknya bakteri dan pathogen lainnya.

Kulit reptilia menunjukkan adaptasi untuk membuat kulit menjadi kedap air dengan terbentuknya penutup tubuh berupa sisik tanduk. Hubungan antara sisik berupa daerah-daerah dimana bahan tanduk tipis dan dapat melipat. Pada *lepidosauria* seluruh generasi epidermis menyilih menjadi satu unit. Dalam stadium istirahat, epidermis terdiri atas stratum germinativum dan suatu generasi epidermis luar yang khas terdiri atas 5 lapisan. Lapisan ini dari luar ke dalam mula-mula tebal dengan sel-sel yang menanduk oleh B-keratin. Lapisan permukaan mempunyai duri-duri yang mikroskopis. Lapisan ini disebut oberhautchen. Di bawah lapisan B-keratin terdapat lapisan tengah, kemudian diikuti suatu lapisan yang cukup tebal dari bahan yang lepas-lepas, mati, tidak berintiserta mengandung a-keratin. Di bawah lapisan ini terdapat 2 lapisan sel hidup, yaitu suatu lapisan yang nantinya akan termasuk a-keratin dan suatu lapisan dalam yang nantinya menjadi jernih dan menyebabkan pemisahan dengan lapisan yang akan menyilih. Pada akhir stadium istirahat, epitel germinal secara cepat berproliferasi untuk membuat lapisan-lapisan generasi epidermis dalam. Bila generasi epidermis dalam ini menjadi dewasa, lapisan tersebut akan memisahkan diri dari lapisan yang paling dalam dari generasi epidermis luar dan penyilihan dapat berlangsung.

Lempeng keratin pada permukaan luar suatu sisik datar yang besar disebut skutum (*scute*). Skutum buaya dan kura-kura tidak pernah ditanggalkan. Pertumbuhan skutum berlangsung dengan menambah bahan keratin pada seluruh permukaan dalam skutum. Setiap gelombang pertumbuhan terentang hingga di luar batas skutum yang lama, membentuk cincin konsentris pada batok kura-kura (*turtle shell*).

#### 4. Kulit Aves

Tubuh dibungkus oleh kulit yang seolah-olah tak melekat pada otot. Dari kulit akan muncul bulu, yang merupakan hasil pertumbuhan epidermis menjadi bentuk ringan, fleksibel, dan sebagai pembungkus tubuh sangat resistensi. Pertumbuhan serupa sisik pada reptil. Pada mulanya bulu sebagai papil dermal yang selanjutnya mencuat menutupi epidermis. Dasar kuncup bulu itu melekok kedalam pada tepinya sehingga terbentuk follikulus yang merupakan lubang bulu pada kulit. Selaput epidermis sebelah luar dari kuncup bulu menanduk dan membentuk bungkus yang halus sedang epidermis membentuk lapisan penyusun rusuk bulu. Setral kuncup bulu itumempunyai bagian epidermis yang lunak yang mengandung pembuluh darah sebagai pembawa zat-zat

makanan dan proses pengeringan pada perkembangan selanjutnya.

Bulu adalah ciri khas kelas Aves yang tidak dimiliki oleh vertebrata lain. Hampir seluruh tubuh Aves ditutupi oleh bulu, yang secara filogenetik berasal dari epidermal tubuh, yang pada reptile serupa dengan sisik. Secara embriologis bulu Aves bermula dari papil dermal yang selanjutnya mencuat menutupi epidermis. Dasar bulu itu melekok ke dalam pada tepinya sehingga terbentuk folikulus yang merupakan lubang bulu pada kulit. Selaput epidermis sebelah luar dari kuncup bulu menanduk dan membentuk bungkus yang halus, sedang epidermis membentuk lapisan penyusun rusuk bulu. Sentral kuncup bulu mempunyai bagian epidermis yang lunak dan mengandung pembuluh darah sebagai pembawa zat-zat makanan dan proses pengeringan pada perkembangan selanjutnya.

Berdasarkan susunan anatomis bulu dibagi menjadi :

- Filoplumae, bulu-bulu kecil mirip rambut tersebar di seluruh tubuh. Ujungnya bercabang-cabang pendek dan halus. Jika diamati dengan seksama akan tampak terdiri dari shaft yang ramping dan beberapa barbulae di puncak.
- Plumulae, berbentuk hampir sama dengan filoplumae dengan perbedaan detail.
- Plumae, bulu yang sempurna.
- Barbulae, ujung dan sisi bawah tiap barbulae memiliki filamen kecil disebut *barbicels* yang berfungsi membantu menahan barbula yang saling bersambungan.

Lubang pada pangkal calamus disebut umbilicus inferior, sedangkan lubang pada ujung calamus disebut umbilicus superior. Bulu burung pada saat menetas disebut *neossoptile*, sedangkan setelah dewasa disebut *teleoptile*.

Menurut letaknya, bulu Aves dibedakan menjadi :

- Tectrices, bulu yang menutupi badan.
- Rectrices, bulu yang berada pada pangkal ekor, vexillumnya simetris dan berfungsi sebagai kemudi.
- Remiges, bulu pada sayap yang dibagi lagi menjadi:
  - Remiges primarie yang melekatnya secara digital pada digiti dan secara metacarpal pada metacarpalia.
  - Remiges secundarien yang melekatnya secara cubital pada radial ulna.
  - Remiges tertier yang terletak paling dalam nampak sebagai kelanjutan sekunder daerah siku.
  - Parapterum, bulu yang menutupi daerah bahu.

- Ala spuria, bulu kecil yang menempel pada ibu jari

Bentuk bulu ekor burung pada saat tidak terbang bermacam-macam, antara lain berbentuk persegi, bertakik, bercabang, bulu sebelah luar memanjang, bulu ekor dengan raket, bulu tengah panjang, bundar, berbentuk cakram, berbentuk tingkatan, dan berujung runcing. Warna bulu dihasilkan oleh butir pigmen, dengan difraksi dan refleksi cahaya oleh struktur bulu atau oleh pigmen dan struktur bulu. Pigmen pokok yang menimbulkan warna pada bulu adalah melanin dan karotenoid. Karotenoid sering disebut dengan lipokrom yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam metanol, eter atau karbon disulfida. Karotenoid terbagi menjadi 2, yaitu zooeritrin (animal red) dan zoosantin (animal yellow). Pigmen melanin terlarut dalam asam. Butir-butir eumelanin beraneka macam yaitu dari hitam sampai coklat gelap. Feomelanin yaitu hampir tanpa warna hingga coklat kemerahan.

Bulu-bulu burung sebenarnya tidak merata, tetapi dirancang pada bidang-bidang terbatas yang disebut pterilae dan ada bidang kecil yang tidak ditumbuhi bulu disebut apterile. Pengecualian pada penguin dan burung kiwi yang bulunya menutupi hampir sebagian besar tubuhnya.

Bulu burung dapat dinamai sesuai dengan bidangnya berada, yaitu:

- *Capital tract* yaitu bulu yang menutup bagian atas, samping dan belakang kepala dan terus ke pterilae berikutnya.
- *Spinal tract*, bulu yang memanjang dari atas leher ke punggung terus ke dasar ekor dan bisa berlanjut atau terpisah ditengah.
- *Ventral tract*, berawal diantara cabang rahang bawah dan memanjang turun ke sisi ventral leher. Biasanya bercabang menjadi dua bidang lateral melewati sepanjang sisi tubuh dan berakhir disekitar anus. Bagian apterilae dadabawah dan perut beberapa burung, kaya pembuluh darah selama bersarang dan merupakan daerah mengeram (brood patch). Pada saat mengeram bulu pada brood patch akan rontok dan kulitnya tipis.
- *Humeral tract* yaitu sepasang pterilae yang sejajar seperti pita sempit yang meluas ke belakang pada sisi pundak.
- *Caudal tract* termasuk retrices, bulu pada ekor, biasanya panjang dan kuat.
- *Alar tract* termasuk berbagai pterilae yang terletak pada sayap. Thumb merupakan sisa jari kedua. Sedangkan bulu yang menutupi permukaan atas dan bawah sayap disebut dngan covert dan bulu pada aksial sayap disebut aksillaria.
- *Femoral tract*, bulu yang meluas sepanjang permukaan luar paha dekat sendi lutut ke

tubuh.

- *Crural tract*, bulu yang menyusun sisa bidang bulu lainnya pada kaki

Bulu burung terbentuk dari struktur tak hidup sehingga mudah kusut akibat oksidasi dan gesekan. Bulu-bulu yang telah lama akan lepas secara periodik dan digantikan oleh bulu yang baru. Pelepasan dan pergantian bulu ini disebut dengan molting. Pergantian bulu terjadi pada waktu tertentu dalam satu tahun dan diselesaikan dalam satu periode (selama beberapa minggu).

## 5. Kulit Mamalia

Penutup tubuh berupa kulit lunak dan tipis kecuali bagian tertentu mengalami penebalan dan cornifikasi. Pada umumnya seluruh kulit ditutupi oleh rambut. Pada kulit (integumen) merupakan lapisan terluar tubuh manusia dan pelindung bagian dalam tubuh. Mamalia memiliki integumen yang terdiri dari 3 lapisan: paling luar adalah epidermis, yang tengah adalah dermis, dan paling dalam adalah hipodermis. Epidermis biasanya terdiri atas 30 lapis sel yang berfungsi menjadi lapisan tahan air. Sel-sel terluar dari lapisan epidermis ini sering terkelupas; epidermis bagian paling dalam sering membelah dan sel anaknya terdorong ke atas (ke arah luar). Bagian tengah, dermis, memiliki ketebalan 15-40 kali dibanding epidermis. Dermis terdiri dari berbagai komponen seperti pembuluh darah dan kelenjar. Hipodermis tersusun atas jaringan adiposa dan berfungsi untuk menyimpan lemak, penahan benturan, dan insulasi. Ketebalan lapisan ini bervariasi pada setiap spesies. Kulit tersusun atas tiga lapisan, yaitu epidermis (lapisan luar/kulit ari), dermis (lapisan dalam/kulit jangat), hipodermis (jaringan ikat bawah kulit):

### 1) Epidermis.

Lapisan epidermis terdiri atas *stratum korneum*, *stratum lusidum*, *stratum granulosum*, dan *stratum germinativum*. *Stratum korneum* tersusun dari sel-sel mati dan selalu mengelupas. *Stratum lusidum* tersusun atas sel-sel yang tidak berinti dan berfungsi mengganti *stratum korneum*. *Stratum granulosum* tersusun atas sel-sel yang berinti dan mengandung pigmen melanin. *Stratum germinativum* tersusun atas sel-sel yang selalu membentuk sel-sel baru ke arah luar.

- *Stratum korneum*, merupakan lapisan zat tanduk, mati dan selalu mengelupas.
- *Stratum lusidum*, merupakan lapisan zat tanduk
- *Stratum granulosum*, mengandung pigmen
- *Stratum germinativum*, selalu membentuk sel-sel baru ke arah luar

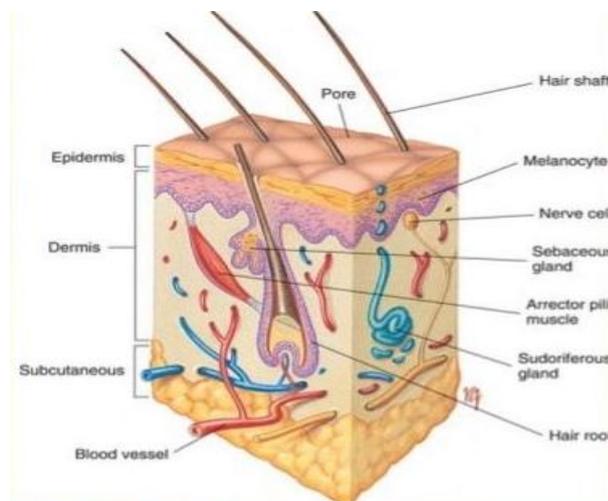
## 2) Dermis

Dermis terletak di bawah epidermis. Lapisan ini mengandung akar rambut, pembuluh darah, kelenjar, dan saraf. Kelenjar yang terdapat dalam lapisan ini adalah kelenjar keringat (*glandula sudorifera*) dan kelenjar minyak (*glandula sebacea*). Kelenjar keringat menghasilkan keringat yang di dalamnya terlarut berbagai macam garam, terutama garam dapur. Keringat dialirkan melalui saluran kelenjar keringat dan dikeluarkan dari dalam tubuh melalui pori-pori. Di dalam kantong rambut terdapat akar rambut dan batang rambut. Kelenjar minyak berfungsi menghasilkan minyak yang berfungsi meminyaki rambut agar tidak kering. Rambut dapat tumbuh terus karena mendapat sari-sari makanan pembuluh kapiler di bawah kantong rambut di dekat akar rambut terdapat otot penegak rambut.

- Akar rambut
- Pembuluh darah
- Syaraf
- Kelenjar minyak (*glandula sebacea*)
- Kelenjar keringat (*glandula sudorifera*)
- Lapisan lemak, terdapat di bawah dermis yang berfungsi melindungi tubuh dari pengaruh suhu luar

## 3) Hipodermis

Hipodermis terletak di bawah dermis. Lapisan ini banyak mengandung lemak. Lemak berfungsi sebagai cadangan makanan, pelindung tubuh terhadap benturan, dan menahan panas tubuh.



Sumber : <https://klikisma.com>

Kulit tersusun atas lapisan epidermis, lapisan dermis, dan lapisan hipodermis :

### 1) Epidermis

Epidermis merupakan lapisan teratas pada kulit manusia dan memiliki tebal yang berbeda-beda: 400-600  $\mu\text{m}$  untuk kulit tebal (kulit pada telapak tangan dan kaki) dan 75-150  $\mu\text{m}$  untuk kulit tipis (kulit selain telapak tangan dan kaki, memiliki rambut). Selain sel-sel epitel, epidermis juga tersusun atas lapisan: Melanosit, yaitu sel yang menghasilkan melanin melalui proses melanogenesis. Sel Langerhans, yaitu sel yang merupakan makrofag turunan sumsum tulang, yang merangsang sel Limfosit T, mengikat, mengolah, dan merepresentasikan antigen kepada sel Limfosit T. Dengan demikian, sel Langerhans berperan penting dalam imunologi kulit. Sel Merkel, yaitu sel yang berfungsi sebagai *mekanoreseptor sensoris* dan berhubungan fungsi dengan sistem *neuroendokrin difus*.

Epidermis yang merupakan lapisan terluar terdiri atas *stratum korneum*, *stratum lusidum*, *stratum granulosum*, dan *stratum germinativum*. *Stratum korneum* tersusun dari sel-sel mati dan selalu mengelupas. *Stratum lusidum* tersusun atas sel-sel yang tidak berinti dan berfungsi mengganti *stratum korneum*. *Stratum granulosum* tersusun atas sel-sel yang berinti dan mengandung pigmen melanin. *Stratum germinativum* tersusun atas sel-sel yang selalu membentuk sel-sel baru ke arah luar.

### 2) Dermis

Dermis yaitu lapisan kulit di bawah epidermis, memiliki ketebalan yang bervariasi bergantung pada daerah tubuh dan mencapai maksimum 4 mm di daerah punggung. Dermis terdiri atas dua lapisan dengan batas yang tidak nyata, yaitu *stratum papillare* dan *stratum reticular*. *Stratum papillare*, yang merupakan bagian utama dari papila dermis, terdiri atas jaringan ikat longgar. Pada *stratum* ini didapati *fibroblast*, *sel mast*, *makrofag*, dan *leukosit* yang keluar dari pembuluh (*ekstravasasi*). *Stratum retikulare*, yang lebih tebal dari *stratum papillare* dan tersusun atas jaringan ikat padat tak teratur.

Lapisan ini mengandung pembuluh darah, akar rambut, ujung syaraf, kelenjar keringat, dan kelenjar minyak. Kelenjar keringat menghasilkan keringat. Keringat mengandung air, garam, dan urea. Fungsi lain sebagai alat ekskresi adalah sebagai organ penerima rangsangan, pelindung terhadap kerusakan fisik, penyinaran, dan bibit penyakit, serta untuk pengaturan suhu tubuh.

### 3) Hipodermis

Hipodermis terletak di bawah dermis. Lapisan ini banyak mengandung lemak.

Lemak berfungsi sebagai cadangan makanan, pelindung tubuh terhadap benturan, dan menahan panas tubuh.

#### **E. BENTUK-BENTUK KERATIN**

Keratin melindungi kulit dari mikroba, abrasi (gesekan), panas, dan zat kimia. Keratin merupakan struktur yang keras, kaku, dan tersusun rapi dan erat seperti batu bata di permukaan kulit. Keratinisasi merupakan suatu proses pembentukan lapisan keratin dari sel-sel yang membelah. Keratinosit dimulai dari sel basal mengadakan pembelahan, lalu sel basal akan berpindah ke atas dan berubah bentuknya menjadi sel spinosum, makin ke atas sel menjadi makin gepeng dan bergranula menjadi sel granulosum. Makin lama inti menghilang, mengalami apoptosis dan menjadi sel tanduk yang amorf. Sel-sel yang sudah mengalami keratinisasi akan meluruh dan digantikan dengan sel di bawahnya yang baru saja mengalami keratinisasi untuk kemudian meluruh kembali, begitu seterusnya. Proses ini memakan waktu sekitar empat minggu untuk epidermis dengan ketebalan 0,1 mm. Apabila kulit di lapisan terluar tergerus, seperti pada abrasi atau terbakar, maka sel-sel basal akan membelah lebih cepat. Mekanisme pertumbuhan ini terutama dipengaruhi oleh *hormon epidermal growth factor (EPF)*.

Di dalam kulit serta appendiksnya terdapat dua macam keratin, yaitu keratin lunak dan keratin keras. Keratin lunak selain terdapat pada folikel rambut juga terdapat di permukaan kulit. Keratin lunak dapat diikuti terjadinya pada epidermis yang dimulai dari stratum granulosum dengan butir-butir keratohyalinnya, kemudian sel-sel menjadi jernih pada stratum lucidum dan selanjutnya menjadi stratum korneum yang dapat dilepaskan. Sedangkan keratin keras terdapat pada cuticula, cortex rambut dan kuku. Keratin keras dapat diikuti terjadinya mulai dari sel-sel epidermis yang mengalami perubahan sedikit demi sedikit dan akhirnya berubah menjadi keratin keras yang lebih homogen. Keratin keras juga lebih padat dan tidak dilepaskan, serta tidak begitu reaktif dan mengandung lebih banyak sulfur.

## F. MACAM-MACAM SISIK

Sisik secara umumnya berarti semacam lapisan kulit yang keras dan berhelai-helai, seperti pada ikan, ular atau kaki ayam. Sisik-sisik pada hewan, secara struktur umumnya merupakan bagian dari sistem integumen, yakni penutup luar tubuh binatang.

### A. Sisik Ikan

Ada beberapa macam sisik ikan yang dikenal, yakni:

#### 1. Sisik kosmoid (cosmoid)

Sisik kosmoid yang sesungguhnya hanya dijumpai pada ikan-ikan bangsa *Crossopterygi* yang telah punah. Sisik ini berlapis-lapis, di mana lapisan terdalam terbangun dari tulang yang memipih. Di atasnya berada selapis tulang yang berpembuluh darah, dan di atasnya lagi, selapis bahan serupa email gigi yang disebut kosmin (*cosmine*). Kemudian di bagian terluar terdapat lapisan keratin. Ikan coelacanth memiliki semacam sisik kosmoid yang telah berkembang, yang kehilangan lapisan kosmin dan lebih tipis dari sisik kosmoid sejati.

#### 2. Sisik ganoid

Sisik-sisik ganoid ditemukan pada ikan-ikan suku Lepisosteidae dan Polypteridae. Sisik-sisik ini serupa dengan sisik kosmoid, dengan sebuah lapisan ganoin terletak di antara lapisan kosmin dan enamel. Sisik-sisik ini berbentuk belah ketupat, mengkilap dan keras.

#### 3. Sisik plakoid

Sisik-sisik plakoid dimiliki oleh ikan hiu dan ikan-ikan bertulang rawan lainnya. Sisik-sisik ini memiliki struktur serupa gigi.

#### 4. Sisik leptoid

Sisik-sisik leptoid didapati pada ikan-ikan bertulang keras, dan memiliki dua bentuk. Yakni sisik sikloid (*cycloid*) dan ktenoid (*ctenoid*).

- Sisik-sisik sikloid memiliki tepi luar yang halus, dan paling umum ditemukan pada ikan-ikan yang lebih primitif yang memiliki sirip-sirip yang lembut. Misalnya adalah ikan-ikan salem dan karper.
- Sisik-sisik ktenoid bergerigi di tepi luarnya, dan biasanya ditemukan pada ikan-ikan yang lebih 'modern' yang memiliki sirip-sirip berduri.

### B. Sisik Reptil

Beberapa bentuk sisik yang umum pada reptil adalah sikloid (cenderung datar membundar), granular (berbingkul-bingkul), dan berlunas (memiliki gigir memanjang

di tengahnya, seperti lunas perahu). Perbedaan bentuk dan komposisi sisik-sisik ini pada berbagai bagian tubuh reptil biasa digunakan untuk mengidentifikasi spesies hewan tersebut.

### Bulu, Rambut, Kelenjar Kulit (Chromatophor)

#### 1. Bulu

Bulu merupakan hasil pertumbuhan epidermis menjadi bentuk ringan, fleksibel, dan sebagai pembungkus tubuh secara resisten. Pada mulanya bulu sebagai papil dermal yang selanjutnya memuat menutupi epidermis. Dasar kuncup bulu itu melekok ke dalam pada tepinya sehingga terbentuk follikulus yang merupakan lubang bulu pada kulit. Selaput epidermis sebelah luar dari kuncup bulu menanduk dan membentuk bungkus yang halus, sedangkan epidermis membentuk lapisan penyusun rusuk bulu. Sentral kuncup bulu itu mempunyai bagian epidermis yang lunak yang mengandung pembuluh darah sebagai pembawa zat-zat makanan dan proses pengeringan pada perkembangan selanjutnya.

#### 2. Rambut

Rambut atau sering disebut bulu adalah organ seperti benang yang tumbuh di kulit hewan dan manusia, terutama mamalia. Rambut muncul dari epidermis (kulit luar), walaupun berasal dari folikel rambut yang berada jauh di bawah dermis. Struktur mirip rambut, yang disebut trikoma, juga ditemukan pada tumbuhan.

#### 3. Kelenjar Kulit

Kulit juga berfungsi dalam ekskresi dengan perantaraan dua kelenjar eksokrinnya, yaitu kelenjar sebacea dan kelenjar keringat:

- Kelenjar sebacea

Kelenjar sebacea merupakan kelenjar yang melekat pada folikel rambut dan melepaskan lipid yang dikenal sebagai sebum menuju lumen. Sebum dikeluarkan ketika muskulus arektor pili berkontraksi menekan kelenjar sebacea sehingga sebum dikeluarkan ke folikel rambut lalu ke permukaan kulit. Sebum tersebut merupakan campuran dari trigliserida, kolesterol, protein, dan elektrolit. Sebum berfungsi menghambat pertumbuhan bakteri, melumasi dan memproteksi keratin.

- Kelenjar keringat

Walaupun stratum korneum kedap air, namun sekitar 400 mL air dapat keluar dengan cara menguap melalui kelenjar keringat tiap hari. Seorang yang bekerja

dalam ruangan mengekskresikan 200 mL keringat tambahan, dan bagi orang yang aktif jumlahnya lebih banyak lagi. Selain mengeluarkan air dan panas, keringat juga merupakan sarana untuk mengekskresikan garam, karbondioksida, dan dua molekul organik hasil pemecahan protein yaitu amoniak dan urea.

Terdapat dua jenis kelenjar keringat, yaitu

- Kelenjar keringat apokrin dan kelenjar keringat merokrin: Kelenjar keringat apokrin terdapat di daerah aksila, payudara dan pubis, serta aktif pada usia pubertas dan menghasilkan sekret yang kental dan bau yang khas. Kelenjar keringat apokrin bekerja ketika ada sinyal dari sistem saraf dan hormon sehingga sel-sel mioepitel yang ada di sekeliling kelenjar berkontraksi dan menekan kelenjar keringat apokrin. Akibatnya kelenjar keringat apokrin melepaskan sekretnya ke folikel rambut lalu ke permukaan luar.

- Kelenjar keringat merokrin (*ekrin*) terdapat di daerah telapak tangan dan kaki. Sekretnya mengandung air, elektrolit, nutrien organik, dan sampah metabolisme. Kadar pH- nya berkisar 4.0 – 6.8. Fungsi dari kelenjar keringat merokrin adalah mengatur temperatur permukaan, mengekskresikan air dan elektrolit serta melindungi dari agen asing dengan cara mempersulit perlekatan agen asing dan menghasilkan dermicidin, sebuah peptida kecil dengan sifat antibiotic.

Kelenjar kulit yang terdapat pada hewan khususnya vetebrata juga dapat terbagi menjadi:

#### 1. Kelenjar lendir (*mukus*)

Kelenjar lendir dapat dijumpai pada pisces dan amphibi. kebanyakan kelenjar lendir pada ikan bersel tunggal. Lendir membuat suatu lapisan pelindung di permukaantubuh yang berperan untuk mengurangi gesekan tubuh dengan air, serta menghalau mikroorganisme oleh karena itu lendir selalu ditanggalkan dan dibuat baru. Kelenjar lendir pada amphibia bersifat multiseluler dengan bagian sekretorinya terbenam di dalam dermis. Selain itu terdapat pula kelenjar bisa yang disebut kelenjar serous. Kelenjar ini menghasilkan zat-zat toksik untuk menghalau lawannya.

#### 2. Kelenjar bau

Kelenjar ini terdapat misalnya pada kaki kambing, rodentia, karnivora. Pada sigung (skunk) terdapat kelenjar bau di dekat anus, sedangkan pada ular terdapat di

dekat kloaka. Fungsi kelenjar bau adalah untuk komunikasi intraspecies, seperti membatasi teritori, untuk menarik pasangan, atau untuk pertahanan.

### 3. Kelenjar minyak

Kelenjar ini terbatas terdapat pada mammalia dan biasanya berhubungan dengan rambut. Fungsi kelenjar minyak adalah menggetahkan sebum yang berguna untuk melumasi rambut dan lapisan tanduk kulit. Modifikasi kelenjar minyak berupa kelenjar serumen yang terdapat pada telinga luar mammalia. Selain itu, kelenjar tarsal pada kelopak mata sebelah dalam dan kelenjar meiboom pada sudut-sudut mata juga merupakan modifikasi kelenjar minyak. Fungsi kelenjar ini adalah menghasilkan minyak yang menutupi kornea dan berfungsi sebagai pelumas.

### 4. Kelenjar keringat

Kelenjar ini hanya terdapat pada mamalia. Pada manusia, kelenjar keringat tersebar di seluruh permukaan tubuh, sedangkan pada mamalia lainnya penyebarannya lebih terbatas, misalnya di daerah telinga, bibir, kepala, punggung, jari kaki, telapak kaki, sekitar anus, dan kelenjar susu. Sekret kelenjar keringat bersifat seperti air serta mengandung garam-garam dan urea. Komposisi sekret tersebut berubah-ubah menurut keadaan metabolik hewannya. Evaporasi keringat menyebabkan penyejukan, sehingga membantu memelihara suhu tubuh yang konstan.

### 5. Kelenjar susu

Kelenjar susu (*glandula mammae*) hanya dimiliki oleh mammalia. Kelenjar ini merupakan modifikasi kelenjar keringat. Kelenjar susu terbentuk sepanjang garis susu, yang terentang dari ketiak sampai lipat paha. Berdasarkan wilayah-wilayah tempat kelenjar susu tumbuh, dapat dibedakan kelenjar susu aksila (ketiak), thoraks (dada), abdominal (perut), dan inguinal (lipat paha).

## **BAB VIII**

### **SISTEM OTOT DAN RANGKA**

Sistem gerak merupakan topik yang ada dalam materi biologi umum. Kami akan membahas topik tentang sistem otot dan rangka yang berhubungan dengan sistem gerak. Di dalam makalah ini akan dibahas tentang : pengertian otot dan rangka, jenis serta nama otot dan rangka, fungsi, bentuk, struktur cara pembentukan, macam dan letak otot dan rangka mekanisme kerja otot dan rangka serta kelainan- kelainan yang mungkin terjadi pada sistem gerak. Ada beberapa bagian yang dapat membantu antara organ satu dengan organ lainnya, contohnya saja otot. Otot melekat pada rangka atau tulang yang bergerak aktif. Selain itu, otot adalah jaringan pada tubuh hewan dengan ciri-ciri mampu berkontraksi yang dipengaruhi oleh stimulus sistem saraf.

Di dalam tubuh manusia terdapat otot, dari alis sampai telapak kaki terdapat otot yang mempengaruhinya. Sehingga, terjadilah pergerakan pada tubuh. Fungsi utama dari otot manusia adalah untuk menggerakkan bagian tubuh yang berupa alat gerak. Gerak yang terjadi pada tubuh manusia disebabkan karena kerja sama otot dan tulang. Tulang yang terdapat di dalam tubuh manusia tidak akan mengalami pergerakan jika tidak ada otot. Sekitar 40 % berat dari tubuh manusia adalah otot. Otot memiliki sel-sel yang tipis dan panjang ( Budiyo, 2011).

Tulang dan sendi membentuk rangka tubuh yang tidak dapat menghasilkan pergerakan sendiri. Pergerakan pada alat gerak terjadi karena pergantian kontraksi dan relaksasi otot, dimulai dari berubahnya energi kimia menjadi mekanik. Di dalam otot terdapat jaringan otot yang berfungsi untuk pergerakan, stabilisasi posisi tubuh dan mengatur volume organ. Sekitar 85% panas tubuh dihasilkan oleh kontraksi otot. Sifat jaringan otot ialah eksitabilitas/irritabilitas, dapat berkontraksi, dapat diregang tanpa merusak jaringan tersebut dan elastisitas. Jaringan otot rangka yang melekat pada tulang dan berfungsi menggerakkan bagian-bagian rangka. Jaringan otot rangka bersifat volunter karena berkontraksi dan berelaksasi dibawah kontrol kesadaran. Jaringan otot jantung kontraksinya tidak di bawah kontrol kesadaran (Wangko, dkk., 2014).

Sel jaringan otot berkontraksi atau memendek secara kuat sebagai respon terhadap sinyal dari jaringan saraf. Jaringan otot mengandung banyak sel yang tersusun sejajar antara satu dengan lain, pada susunan yang padat atau longgar. Kontraksi terkoordinasi lapisan atau cincin otot menggerakkan tubuh atau bagiannya. Jaringan otot terjadi pada kebanyakan hewan, tetapi kita memfokuskan pada jenis yang ditemukan di vertebrata (Starr, dkk., 2013).

## A. Sistem Organ Otot

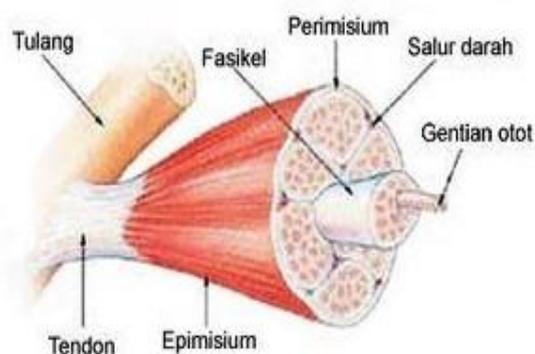
### 1. Pengertian Otot

Otot adalah sebuah jaringan konektif yang tugas utamanya adalah berkontraksi yang berfungsi untuk menggerakkan bagian-bagian tubuh baik yang disadari maupun yang tidak disadari. Otot mampu menggerakkan tulang karena mempunyai kemampuan berkontraksi. Otot rangka melekat pada tulang secara langsung ataupun dengan bantuan tendon. Otot bekerja berpasangan yang satu berkontraksi yang lain berelaksasi, sehingga otot bisa menggerakkan berbagai bagian dari tubuh manusia seperti lutut yang bisa dibengkokkan maupun diluruskan.

Sistem otot merupakan sistem tubuh yang memiliki fungsi untuk alat gerak. otot terdiri dari sel-sel (serabut otot) yang berfungsi untuk kontraksi. Sel otot memiliki kemampuan untuk berkontraksi (memendek dan menebal) dan relaksasi (kembali ke keadaan semula). Otot rangka merupakan organ utama dari sistem otot yang menyusun tubuh. Sistem ini terutama terdiri dari otot lurik dan jaringan ikat, msngandung jaringan syaraf yang mengontrol kontraksi otot dan jaringan epitel yang melapisi bagian dalam jaringan pembuluh darah. Otot memiliki 3 kemampuan khusus, yaitu:

1. Kontraktibilitas: Kemampuan untuk berkontraksi/memendek.
2. Ekstensibilitas: Kemampuan untuk melakukan gerakan kebalikan dari gerakan yang ditimbulkan saat kontraksi.
3. Elastisitas : Kemampuan otot untuk kembali pada ukuran semula setelah berkontraksi. Saat kembali pada ukuran semula otot disebut dalam keadaan relaksi.

### 1. Struktur Otot Secara Keseluruhan



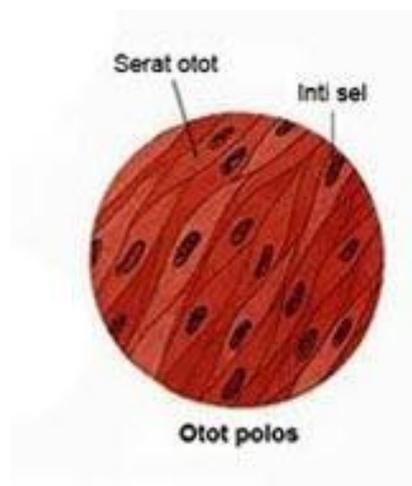
Gambar 7.1 Stuktur Jaringan Otot

Sumber : <https://www.rabbitica.blogspot.com>

Ketika menyentuh bagian tubuh, maka akan merasakan sebuah otot besar. Yang berada pada bagian tengah otot. Bagian otot ini merujuk pada pembesaran badan otot diantara titik-titik penempelannya yang terdiri dari ribuan otot tunggal (sel-sel otot). Otot rangka besar dikelilingi oleh lapisan penghubung yang kenyal disebut *fasia*. Lapisan luar dari *fasia* disebut *epimisium*. *Fasia* meluas dan menempel ke tulang adalah sebuah *tendon*, berstruktur seperti tali. Lapisan lain dari jaringan penghubung disebut *perimisium* yang mengelilingi kumpulan otot lebih kecil. Kumpulan otot disebut *fasikulus*. Serat otot secara individual ditemukan dalam *fasikulus* dan dikelilingi oleh lapisan ketiga dari jaringan penghubung yang disebut *endomysium* (Budiyono, 2011).

## 2. Jenis-jenis Otot

- Otot Polos

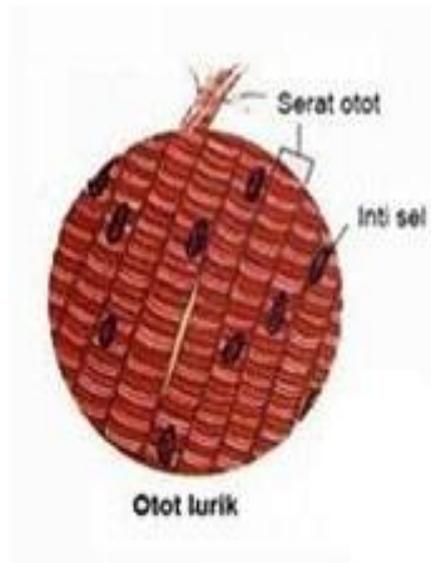


Gambar 7.2 Otot polos  
Sumber : <https://www.google.co.id>

Kita dapat menemukan otot polos di dinding banyak organ internal lunak seperti, uterus (rahim) dan kandung kemih. Sel tidak bercabang dari jaringan mengandung nukleus di tengahnya dan meruncing di bagian tepinya. Sel jaringan tersebut mengandung filamen aktin dan miosin, yang terikat di membran plasma oleh filamen intermediet. Jaringan otot polos berkontraksi lebih lambat daripada otot rangka, tetapi kontraksinya dapat bertahan lebih lama. Kontraksi otot polos mendorong materi melalui usus, mengecilkan diameter pembuluh darah .

- Nama lain : Otot alat dalam / visceral / musculus nonstriated / otot involunter.
- Struktur : Bentuk serabut panjang seperti kumparan, dengan ujung runcing, dengan inti berjumlah Satu terletak ditengah. Sel dengan satu nukleus, meruncing dibagian akhir tanpa lurik.
- Letak : Ditemukan di dinding arteri, saluran cerna saluran reproduksi, kandung kemih dan organ lainnya.
- Kontraksi : Tidak menurut kehendak atau diluar kendali sistem saraf pusat, gerakan lambat, ritmis dan tidak mudah lelah. Kontraksi tidak berada di bawah kontrol sadar (Budiyonno, 2011).

- Otot Lurik / Otot Rangka



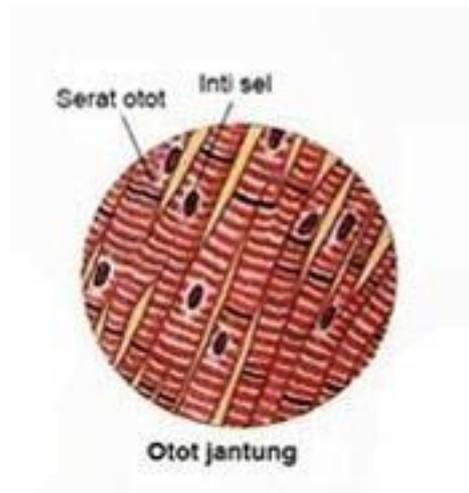
Gambar 7.3: Otot lurik/ Otot rangka  
 Sumber : <https://www.google.co.id/>

Jaringan otot rangka, pasangan fungsional tulang keras ( atau tulang rawan), berperan menggerakkan dan mempertahankan kedudukan dan bagian tubuh. jaringan otot rangka memiliki susunan sejajar serabut otot silinder panjang. Serabut terbentuk selama perkembangan ketika sel embrio bergabung bersama sehingga tiap serabut memiliki banyak nukleus. Serabut dipenuhi oleh miofibril-pita panjang dengan lapisan unit kontraktile yang disebut sarkomer. Lapisan sarkomer sangat teratur sehingga otot rangka memiliki penampakan lurik atau bergaris. Jaringan otot rangka menyusun sekitar 40% atau lebih bobot rata-rata manusia. Refleks mengaktivasi jaringan otot

rangka tetapi kita juga dapat menyebabkannya berkontraksi ketika kita ingin menggerakkan bagian tubuh. itulah alasan otot rangka disebut otot sadar (Starr, dkk., 2013).

- Nama lain : Otot rangka, otot serat lintang (musculus striated) atau otot involunter.
- Struktur : Serabut panjang, berwarna / lurik dengan garis terang dan gelap, memiliki inti dalam jumlah banyak dan terletak dipinggir. Sel silinder panjang dan banyak nukleus.
- Konrtaksi : Menurut kehendak kita (di bawah kendali sistem saraf pusat), gerakan cepat, kuat, mudah lelah dan tidak beraturan. Interaksi dengan tulang menyebabkan pergerakan dan mempertahankan bentuk tubuh (Budiyono, 2011).

- Otot Jantung



Gambar : 2.1.2 Otot jantung  
Sumber : <https://www.google.co.id>

Jaringan otot jantung terdapat hanya di dinding jantung. Seperti jaringan otot rangka, jaringan tersebut mengandung sarkomer dan seperti lurik. Tidak seperti jaringan otot rangka, jaringan tersebut mengandung sel bercabang. Dibanding dengan jaringan otot lain, otot jantung memiliki lebih banyak mitokondria, yang menyebabkan jantung berdetak dengan persediaan ATP yang bergantung pada respirasi aerobik. Tidak seperti otot rangka, otot jantung memiliki sedikit simpanan glikogen. Jika darah yang mengalir ke sel jantung terganggu, maka sel menggunakan glukosa dan oksigen secara cepat sehingga respirasi aerobik menurun. Serangan jantung mengganggu aliran darah dan akhirnya otot jantung (Starr, dkk., 2013).

- Nama lain : Myocardium atau musculus cardiata atau otot involunter.
- Struktur : Bentuk serabutnya memanjang, silindris, bercabang. Tampak adanya garis terang dan gelap. Memiliki satu inti yang terletak ditengah, sel lurik saling berkaitan diakhir sel, masing masing dengan satu sel nukleus.
- Letak : Terjadi hanya di dinding jantung.
- Kontruksi : Tidak menurut kehendak, gerakan lambat, ritmis dan tidak mudah lelah. Kontraksi tidak berada dibawah kontrol sadar.

### 3.Fungsi Sistem Otot

Fungsi sistem otot :

Menggerakkan rangka (tulang)

Jaringan otot yang menyusun ranggka (tulang) disebut dengan otot rangka. Bersama-sama menyusun sistem pergerakan yang mendukung lokomosi hewan dalam bergerak, berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya dengan berbagai tujuan, otot berfungsi sebagai alat gerak aktif. Artinyaaa, pergerakan yang terjadi ialah hasil dari kerja otot, sementara tulang membuat pergerakan itu menjadi nyata. Otot rangka disebut juga otot lurik karena coraknya berlurik-lurik bekerja dibawah pengaruh kesadaran (otak) atau kemauan kita.

Menggerakkan organ-organ pencernaan

Organ-organ pencernaan mulai dari kerongkongan sampai ke anus didukung dengan jaringan otot polos jauh lebih halus dan lambat. Oleh karena itu pergerakan yang dihasilkan otot polos selalu bertahap seperti gerakan peristaltik yakni gerakan mendorong makanan yang terjadi pada saluran pencernaan. Perbedaan antara otot lurik/ rangka dengan otot polos ialah cara kerja otot polos tidak dikontrol atas kemauan diri sendiri, melainkan terjadi di luar kesadaran.

Menggerakkan jantung

Jantung merupakan salah satu organ yang aktif bergerak. Pergerakan jantung sangat penting karena berpengaruh pada kelangsungan hidup organisme. Jantung memompakan darah yang membawa senyawa-senyawa penting bagi tubuh serta mengangkut limbah metabolisme untuk di keluarkan. Pompa jantung tak lain terdiri atas kerja otot yang menyusun jantung yaitu otot jantung. Otot jantung memiliki karakter kontraksi yang cepat dan diluar kesadaran tubuh.

Menahan tekanan

Tekanan yang dihasilkan dalam pompa jantung cukup besar, otot polos yang

elastis menyusun seluruh pembuluh darah mampu meredam tekanan jantung. Dengan demikian, darah yang dipompa dapat tetap mengalir sampai ke pelosok sel. Hal yang sama juga terjadi pada saluran urin dan rahim yang tersusun atas otot polos dengan kemampuan yang elastis. Rahim dapat melebar hingga 500 kali dari ukuran normal saat masa kehamilan. Sementara kantung kemih yang berfungsi menampung urin juga tersusun atas otot polos, dengan demikian kita dapat menahan tekanan urin karena kemampuannya mengembang.

Pada hewan vertebrata, sama halnya dengan manusia otot yang menyusun terdiri atas, otot polos, otot lurik/rangka dan otot jantung. Fungsi sistem otot pada vertebrata juga sama halnya dengan manusia sebagai alat gerak aktif melalui kontraksinya. Hewan yang memiliki penyusun rangka yang hampir sama dengan manusia, yaitu katak.

- Cara Kerja Otot

Dengan adanya proses khusus aktin dan miosin, otot bekerja dengan memendek (berkontraksi) dan mengendur (relaksasi). Cara kerja otot dibedakan menjadi :

4. Secara antagonis atau berlawanan, yaitu cara kerja dari dua otot yang satu berkontraksi yang satu berelaksasi. Contoh : otot trisep dan bicep pada lengan atas.
5. Secara sinergis atau bersamaan, yaitu cara kerja dari dua otot atau lebih yang sama berkontraksi dengan sama sama berelaksasi . Contoh :
  - Otot-otot proator yang terletak pada lengan bawah
  - Otot-otot dada
  - Otot-otot perut (Budiyono, 2011).

- Cara Otot Berkontraksi

Fungsi otot berasal dari organisasi internalnya, serabut otot panjang terletak sejajar dengan sumbu panjang otot. Serabut otot terdiri dari miofibril. Pita terang dan gelap bersilangan terdapat disepanjang miofibril. Pita memberikan penampakan lurik dan bergaris pada serabut otot. Tiap pita terdiri dari unit kontraksi otot yang disebut sarkomer. Jaringan elamen sitoskeletal disebut pita Z mengikat sarkomer yang saling bersebrangan. Sarkomer memiliki struktur sejajar filamen tipis dan tebal. Filamen tipis yang berikatan dengan pita Z memanjang ke dalam, menuju pusat sarkomer.

Filamen tipis terutama mengandung dua rantai aktin, suatu protein globular. Dua protein lain berhubungan dengan aktin, filamen tebal terletak pada sarkomer. Tiap filamen tebal mengandung miosin, suatu motoris dengan kepala. Kepala diatur posisinya menjadi beberapa nanometer dari filamen tipis. Serabut otot, miofibril,

filamen tipis dan filamen tebal semuanya terletak sejajar dengan sumbu panjang otot. Akibatnya, semua sarkomer dalam semua otot bekerja sama dan menarik pada arah yang sama. Filamen tidak mengubah panjangnya dan filamen miosin tidak mengubah posisinya. Sebaliknya, kepala miosin mengikat filamen aktin dan menggesernya menuju pusat sarkomer. Ketika filamen aktin ditarik ke dalam, pita Z yang berikatan dengannya ditarik mendekat dan sarkomer memendek. Kontraksi otot terjadi ketika sinyal dari sistem saraf menyebabkan kadar kalsium disekitar filamen naik.

- Sistem Otot pada Hewan Vertebrata

Pada ikan dan hewan-hewan vertebrata lain, hewan-hewan ini mempunyai otot, seperti otot-otot pada kepala dan badan.

1. Otot pada Ikan

Pekerjaan urat daging atau otot untuk setiap aktifitas kehidupan hewan sehari-hari sangat penting. Dari mulai gerakan tubuh hingga pada sistem peredaran darah, kegiatan utama gerakan tubuh disebabkan karena keaktifan otot tersebut. Pada prinsipnya ikan mempunyai tiga macam urat daging atau otot berdasarkan struktur dan fungsinya, yaitu: otot bergaris, otot jantung dan otot polos. Dari penempelannya juga bisa dibedakan menjadi dua jenis yaitu otot menempel pada rangka yaitu otot bergaris dan yang tidak menempel pada rangka yaitu otot jantung dan otot polos.

- a. Otot polos (urat daging licin)

Serabut otot polos lebih sederhana dan kecil dibandingkan dengan serabut otot lainnya. Serabut ini tumbuh dari mesenkhim embrio. Secara primer berasal dari mesoderm dengan disertai sel-sel jaringan ikat, kemudian berkembang menjadi otot polos. Kerja otot polos ini disebut involuntary karena kerjanya tidak dipengaruhi oleh rangsangan otak. Serabut otot polos pada umumnya tersusun dalam ikatan, tetapi banyak pula yang tersebar. Kontraksi otot ini lambat dan kerjanya lama. Otot polos antara lain terdapat pada:

1. Otot polos yang terdapat pada dinding saluran pencernaan, baik yang melingkar maupun yang memanjang. Otot ini digunakan untuk menggerakkan makanan (gerakan peristaltik); yang lainnya ditemukan pada saluran kelenjar pencernaan, kantung urine, trakhea dan bronkhi dari paru-paru.
2. Otot polos yang terdapat pada saluran peredaran darah, yaitu urat daging melingkar berguna untuk mengatur tekanan darah.
3. Otot polos yang terdapat pada mata yang digunakan dalam mengatur akomodasi dengan menggerakkan lensa mata dan mengatur intensitas cahaya.

4. Otot polos yang terdapat pada saluran ekskresi dan reproduksi digunakan dalam menggerakkan produk yang ada di dalamnya.

b. Otot jantung (urat daging jantung)

Jaringan otot jantung memperlihatkan garis-garis melintang pada serabutnya. Pada otot ini tidak ada serabut yang terpisah, masing-masing berhubungan satu sama lainnya. Otot jantung berkonstraksi kuat dan terus menerus bekerja, sampai individu ini mati. Kerja otot jantung ini sifatnya involuntary karena bekerja diluar rangsangan otak. Secara embriologi, otot jantung merupakan tipe istimewa dari otot polos, dimana sel-selnya menjadi bersatu seperti syncytium. Otot ini berwarna merah tua, berbeda dengan otot bergaris yang berkisar antara warna putih hingga warna merah jambu bergantung pada jenis ikannya. Otot ini disebut pula sebagai myocardium. Myocardium ini dilapisi oleh selaput pericardium (selaput luar) dan endocardium (selaput dalam).

c. Otot daging bergaris

Disebut otot bergaris karena serabutnya memperlihatkan garis-garis melintang dengan banyak inti tersebar pada bagian-bagian pinggirnya. Otot ini disebut juga otot rangka karena melekat pada rangka atau kulit, dan disebut voluntary karena kerjanya dipengaruhi oleh rangsangan otak. Bila dilihat secara keseluruhan, otot bergaris pada seluruh tubuh ikan terdiri dari kumpulan blok otot atau urat daging. Tiap tiap blok otot dinamakan myotome (pada saat embryo disebut myomer). Kumpulan otot ini, biasanya diberi nama sesuai dengan pergerakannya atau organ tempat otot itu melekat, seperti otot penegak sirip punggung, otot penarik sirip dada.

Pola konstruksi otot-otot parietal terdiri dari urutan myomere yang zig-zag diikat oleh myoseptum yaitu bagian jaringan ikat yang membatasi antara myomer berurutan. Myomer terbentang mulai dari tengkorak sampai ujung ekor yang berdaging. Setiap myomer terdiri dari bagian dorsal yang disebut epaksial dan bagian ventral disebut hypaksial. Keduanya dipisahkan oleh jaringan ikat yang disebut horizontal skeletogeneus septum. Di bagian permukaan selaput ini terdapat urat daging yang menutupinya dinamakan musculus lateralis superficialis. Umumnya serabut otot mengarah anteroposterior, tetapi beberapa serabut hypoksial dari setiap myomer tersusun serong ventromedial. Kontraksi dari kelompok myomer di satu pihak akan disambut oleh kontraksi kelompok myomer di lain pihak, menyebabkan tubuh ikan menjadi meliuk-liuk dalam gerakan berenang.

Pada umumnya kerja otot memiliki fungsi ganda, ada yang berfungsi sebagai synergis yang bekerja saling menyokong dengan yang lainnya, ada pula yang berfungsi

sebagai antagonis yang bekerja berlawanan, yaitu satu berkontraksi dan yang lainnya mengendur. Bagian- bagian besar pada otot bergaris ada 4, yaitu : Otot ocolomotor, yang terdapat pada mata dengan jumlah tiga pasang. Otot hypobranchial, terdapat pada dasar pharynx, rahang, hyoid dan lengkung insang (berfungsi sebagai pengembang). Otot branchiomic yang terdapat pada muka, rahang dan lengkung insang (berfungsi sebagai pengkerut). Otot yang bekerja terhadap rawan insang pada hiu ialah kelompok otot branchial yang terdiri dari otot-otot konstriktor, levator dan interakualia. Otot appendicular yang berfungsi untuk menggerakkan sirip (Batigne S, dkk., 2009).

## 2. Otot amfibi

Sistem otot pada amfibi, seperti system-system organ yang lain, sebagai transisi antara ikan dan reptile. Sistem otot pada ikan berpusat pada gerakan tubuh ke lateral, membuka dan menutup mulut serta gill apertura (celah insang) dan gerakan sirip yang relative sederhana. Kebutuhan hidup di darat mengubah susunan ini. Sistem otot aksial pada amfibi masih metamerik seperti pada ikan tapi tampak tanda-tanda perbedaan. Sekat horizontal membagi otot dorsal dan ventral. Bagian dari system otot epaksial atau dorsal mempengaruhi gerakan kepala. Otot ventral adalah bukti dalam pembagian otot-otot setiap segmen tubuh amfibi.

Selanjutnya otot hipaksial terbagi-bagi dalam lapisan-lapisan, kemudian membentuk otot- otot oblique eksternal, oblique internal dan otot transersus, sedangkan otot dermal sangat kurang.

Berbagai macam gerakan pada amfibi yaitu berenang, berjalan, meloncat atau memanjat, melibatkan perkembangan berbagai tipe otot. Beberapa diantaranya terletak dalam tungkai itu dan berupa otot intrinsik. Sama halnya dengan vertebrata yang lain, tubuh katak mengandung tiga macam otot, yaitu berserat halus (otot polos), otot jantung, dan otot berserat melintang (otot lurik). Perbedaan ini berdasarkan susunan secara mikroskopis dan fisiologis. Otot terdiri atas serat-serat yang satu sama lain digabung oleh jaringan ikat. Kedua ujung biasanya melekat pada tulang yang berlainan. Bagian central yang pasif disebut “origin” sedang bagian distal yang merupakan bagian yang aktif bergerak disebut “insertion”. Banyak otot yang memiliki perluasan dengan jaringan ikat sehingga dapat membungkus sebelah ujung tulang yang disebut “tendon”.

- a. Otot daging yang dipengaruhi oleh saraf (Otot lurik) dibagi atas 3 bentuk struktur umum:
  - Otot daging yang melebar dan pipih misalnya *Obliquus externus* dan

*Transverses* yang membentuk dinding abdomen.

- Otot daging gilik (silindris) dengan ujung yang menyisip, misalnya bisep.
- Otot daging sphincter dengan serat melingkar, misalnya sphincter yang berfungsi untuk menutup (Sunny W, 2014).

### 3. Sistem otot reptil

Kadal dan buaya memiliki kekuatan pada rahang karena didukung oleh otot adduktor pada rahang. Otot ini muncul dari fossa temporal dan menyisip pada sudut kanan untuk membuka rahang. Otot-otot adduktor memanjang dari daerah temporal menuju rahang bawah. Otot adduktor yang utama adalah otot pterigoideus, yang muncul dari tulang-tulang pterigoid pada langit-langit dan menyisip pada bagian posterior rahang bawah. Otot pterigoideus memberi penampakan yang gemuk pada rahang kadal jantan. Otot depresor mandibula berperan membuka rahang, muncul dari bagian belakang tengkorak dan menyisip pada prosesus retroartikular dari mandibula, otot ini lebih lemah dibandingkan otot-otot lain yang juga berperan menutup rahang. Otot aksial (otot badan) reptil mulai menunjukkan beberapa spesialisasi seperti yang ditemukan pada mamal. Otot reptil terutama untuk gerakan lateral tubuh dan menggerakkan ruas-ruas tulang belakang. Hal ini bisa diamati terutama pada bangsa ular sebab jaringan otot lengan sudah menghilang. Otot rangka pada kura-kura dan kerabatnya sangat berkurang kecuali pada daerah leher akibat adanya karapaks dan plastron. Fungsi-fungsi otot pada reptil antara lain, *Trapezius* untuk memperkuat bahu, *Latissimus dorsi* untuk memperkuat punggung, Interkosta untuk mengangkat rusuk, *Rectus abdominis* untuk mengempiskan dinding perut, *Transverses* untuk menekan perut dan menegangkan dan menarik dinding perut, *External oblique* rotasi thoraks ke sisi yang berlawanan, *Internal oblique* untuk rotasi thoraks ke sisi yang sama.

#### • Sistem Otot pada Invertebrata

Pada invertebrata sistem otot yang dimiliki tidak sama dengan hewan-hewan vertebrata, pada hewan rendah seperti protozoa tidak memiliki sistem tersebut. Pada sistem otot invertebrata dibagi menjadi dua yaitu, eksoskeleton dan sistem rangka hidrostatis. Invertebrata lain membutuhkan sistem tubuh luar untuk menutupi tubuh mereka. Eksoskeleton terbagi menjadi dua, yaitu :

- *Body chase*, menutupi seluruh permukaan tubuh hewan. Contoh : udang, laba-laba dan lainnya.
- *Shell*, tidak menutupi seluruh permukaan tubuh hewan. Contoh : molusca

Sedangkan rangka hidrostatis merupakan rangka tubuh invertebrata yang

bentuknya tergantung pada tekanan cairan tubuh. Contoh : cacing pipih untuk gerakan peristaltis, peristaltis adalah gerakan yang dihasilkan oleh kontraksi otot yang ritmik dari kepala hingga ekor.

#### 1. Sistem otot cacing pipih (*Platyhelminthes*)

Serabut otot terbagi atas sirkular, longitudinal, serong dan vertikal yang mana sirkular terdapat di bawah epidermis dan berkontraksi memanjangkan tubuhnya, longitudinal yang berfungsi memendekkan tubuhnya dan otot serong atau vertikal berfungsi untuk bergerak seperti membalik, melipat dan merentangkan dirinya keseluruhan arah.

#### 2. Sistem otot pada molusca

Sebagian otot besar berupa otot halus yang berkontraksi lambat namun dapat aktif berenang, menggerakkan cangkangnya terdapat otot halus atau otot lurik. Otot halus yang berfungsi untuk menutup cangkang pada saat istirahat dan otot lurik yang berfungsi untuk menimbulkan gerakan berenang.

#### - Sistem Organ Rangka

#### • **Pengertian Sistem Rangka**

Sistem rangka adalah suatu sistem organ yang memberikan dukungan fisik pada makhluk hidup. Sistem rangka adalah sistem yang memiliki fungsi untuk menyimpan bahan mineral, tempat pembentukan sel darah, tempat melekatnya otot rangka dan melindungi tubuh yang lunak. Fungsi kerangka adalah untuk memberikan bentuk keseluruhan tubuh, menjaga agar organ tubuh tetap berada di posisinya.

Seperti halnya vertebrata lain, manusia memiliki ranga yang menopang macam-macam otot ditubuh yang melindungi organ vital. Posisi dan persendian tulang-tulang rangka juga menentukan dasar pergerakan manusia. Rangka manusia dewasa sekitar kurang lebih 206 tulang.

#### • Tulang Akisial Tengkorak

Rangka tubuh dibentuk oleh 80 tulang tengkorak, tulang belakang, dan dada. Disamping fungsinya untuk melindungi organ vital (otak, jantung, paru-paru, sumsum belakang). Tulang-tulang ini menentukan struktur tubuh dan menopang tulang-tulang anggota gerak.

#### • Tulang bagian kepala

Tulang-tulang yang ada di bagian kepala :

1. Tulang dahi
2. Tulang ubun-ubun

3. Tulang kepala belakang
4. Tulang bajie
5. Tulang tapis
6. Tulang pelipis
7. Tulang bagian muka
8. Tulang-tulang yang ada pada bagian muka :
9. Tulang rahang atas
10. Tulang rahang bawah
11. Tulang pipi
12. Tulang lanhgit-langit
13. Tulang hidung
14. Tulang air mata
15. Tulang lidah

Tulang yang berada pada bagian bagian tengkorak tidak dapat digerakkan. Pada tulang muka, hanya tulang rahang bawah yang dapat digerakkan terhadap tulang rahang atas. Tulang kepala juga berfungsi sebagai pembentuk wajah.

- Tulang vertebrata (tulang belakang)
- 7 ruas tulang leher
- 12 ruas tulang punggung
- 5 ruas tulang pinggang
- 5 ruas tulang kerangkang (sakrum)
- 4 ruas tulang ekor
- Tulang dada
- Tulang hulu
- Badan
- Taju pedang
- Tulang Rusuk
- 7 pasang tulang rusuk sejati. Tulang rusuk ini bagian depan melekat pada badan tulang dada dan bagian belakang melekat pada tulang punggung.
- 3 pasang tulang palsu. Tulang rusuk ini bagian depan melekat pada tulang rusuk di atasnya dan bagian belakang melekat pada tulang punggung.
- 2 pasang tulang rusuk melayang. Tulang rusuk ini bagian belakang melekat pada tulang punggung dan bagian depan tidak melekat pada tulang yang lain.
- Tulang hioid

Hioid merupakan tulang yang berbentuk U, terdapat diantara laring dan mandibula, hioid berfungsi sebagai tempat pelekatan beberapa otot mulut dan lidah.

### 1. Tulang Apendikuler

Rangka apendikuler terdiri atas pinggul, bahu, telapak tangan, tungkai dan telapak kaki. Secara umum tulang rangka apendikuler menyusun alat gerak, yaitu tangan dan kaki yang dibedakan atas rangka atas dan rangka bawah.

- a. Tulang selangka
- b. Tulang belikat
- c. Tulang pangkal lengan, pengumpul, hasta
- d. Tangan
- e. Kaki

### Fungsi Rangka pada Tubuh

1. Untuk menggerakkan tubuh serta menentukan bentuk tubuh.
2. Melindungi alat-alat tubuh yang penting dan lemah, misalnya otak, jantung dan lain-lain.
3. Tempat melekatnya otot-otot.
4. Tempat pembentukkan sel darah merah dan sel darah putih.
5. Alat gerak pasif.

### Jenis Rangka pada Tubuh

#### 1. Tulang Rawan

- Tulang rawan hanya mengandung sedikit zat kapur sehingga lunak.
- Tulang rawan terdapat pada bayi, dan bagian-bagian tertentu pada kerangka dewasa.

#### 2. Tulang Keras

Merupakan bagian utama pada kerangka, susunannya terdiri dari sedikit sel-sel dan matriknya diperkuat dengan zat kapur, sehingga kuat dan keras. Berdasarkan strukturnya, tulang keras dibedakan menjadi tulang kompak (padat) dan spons. Sedangkan berdasarkan bentuknya dibedakan menjadi tulang pipih, tulang pendek dan tulang panjang. Rongga di dalam tulang berisi sumsum tulang dan ada dua macam yaitu, sumsum kering dan sumsum merah. Pertumbuhan tulang terjadi pada tulang rawan embrional dan kemudian pada cakra epifise (Batigne, dkk., 2009).

Sistem otot yang menyusun tubuh ada 3 yaitu : otot polos, otot lurik/rangka dan otot jantung. Otot polos ditemukan di dinding arteri, saluran cerna saluran reproduksi, kandung kemih dan organ lainnya. Tidak menurut kehendak atau diluar kendali sistem saraf pusat, gerakan lambat, ritmis dan tidak mudah lelah. Kontraksi tidak berada di bawah kontrol sadar. Otot lurik/ rangka terdapat diseluruh alat gerak tubuh yang bekerja menurut kehendak kita (di bawah kendali sistem saraf pusat), gerakan cepat, kuat, mudah lelah dan tidak beraturan. Interaksi dengan tulang menyebabkan pergerakan dan mempertahankan bentuk tubuh. Sedangkan otot jantung terjadi hanya di dinding jantung. Tidak menurut kehendak, gerakan lambat, ritmis dan tidak mudah lelah. Kontraksi tidak berada dibawah kontrol sadar.

Otot hanya mampu melakukan satu gerakan (agnois) meluruskan atau membengkokkan. Ada juga otot yang bekerja sama untuk membantu satu gerkan kumpulan otot ini disebut otot sinergis. Pada invertebrata sistem otot belum dimiliki oleh protozoa, porifera dan coelenterata.

Pada sistem rangka terdapat tulang aksial dan tulang apendikuler. Pada tulang aksial kita dapat jumpai dari mulai tulang tengkorak sampai tulang hioid. Sedangkan tulang apendikuler terdapat pada tulang selangka sampai kaki.

Fungsi rangka yang terdapat dalam tubuh adalah Untuk menggerakkan tubuh serta menentukan bentuk tubuh, Melindungi alat-alat tubuh yang penting dan lemah, misalnya otak, jantung dan lain-lain, Tempat melekatnya otot-otot, Tempat pembentukan sel darah merah dan sel darah putih, Alat gerak pasif. Jenis rangka yang terdapat dalam tubuh ada 2, yaitu tulang keras dan tulang lunak/rawan.

## **BAB VII**

### **SISTEM JARINGAN PADA HEWAN**

Hewan bertulang belakang (vertebrata) memiliki struktur yang sangat kompleks. Aktivitas tertentu melibatkan berbagai tingkatan organisasi tubuhnya, yaitu sel, jaringan, organ dan system organ. Sebagai contoh sederhana adalah jantung. Apa yang menyusun jantung? Bagaimana jantung bekerja? Jantung terdiri atas berjuta-juta sel sejenis yang membentuk jaringan.

Jaringan tersebut berkumpul membentuk organ jantung yang berfungsi untuk memompakan darah ke seluruh tubuh untuk membawa zat makanan, mineral dan oksigen. Jaringan adalah kelompok sel yang serupa secara struktural yang mengalami spesialisasi untuk menjalankan suatu fungsi tertentu. Ada empat jenis jaringan dasar yang ditemukan pada manusia yaitu jaringan epitelium, jaringan ikat, jaringan otot dan jaringan saraf. Semua struktur tubuh tersusun dari beragam jumlah jaringan. sebagian besar organ utama tersusun dari penggabungan keempat jenis jaringan ini juga.

#### **Jaringan Epitel**

Pembagian Jaringan epitel dapat dibagi ke dalam dua klasifikasi: epitelium penutup dan pelapis & epitelium glandular.

1. Epitelium penutup dan pelapis adalah lapisan sel yang menutupi bagian internal dan eksternal dari permukaan tubuh dan organ serta melapisi rongga tubuh dan organ berongga.
  - a. Endotelium adalah epitelium yang melapisi pembuluh darah.
  - b. Mesotelium adalah epitelium yang melapisi beberapa rongga tubuh.
2. Epitelium glandular berasal dari epitelium yang melapisi atau menutupi sel-sel yang tumbuh sampai ke dalam jaringan penunjang.
  - a. Kelenjar eksokrin mempertahankan duktus atau suatu hubungan ke permukaan tubuh.
  - b. Kelenjar endokrin adalah kelenjar yang tidak memiliki duktus keluar. Kelenjar ini kehilangan hubungan dengan permukaan tubuh dan menjadi massa padat yang terpisah.

Karakteristik umum

Struktur

Pada umumnya salah satu permukaan epitelium bersifat bebas dan menghadap ke cairan atau udara. Epitelium tidak memiliki suplai darah. Nutrisinya berasal dari difusi pembuluh-pembuluh darah di bawah jaringan ikat. tempatnya terikat dengan membran dasar (lamina basalis) yang tidak hidup. Sel-sel epitel tersusun rapat dengan sedikit materi interselular. Sel-sel epitel bereproduksi dengan cepat untuk mengganti sel yang rusak atau hilang.

Fungsi

Jaringan epitel menjalankan berbagai fungsi antara lain :

- a. Perlindungan terhadap dehidrasi, trauma, iritasi mekanik dan zat toksik.
- b. Absorpsi gas atau nutrien seperti dalam paru-paru atau saluran pencernaan.
- c. Transpor cairan, mukus, nutrien, atau zat partikulat lain.
- d. Sekresi produk-produk yang telah disintesis, seperti hormon dan enzim .
- e. Ekskresi sisa metabolisme seperti urine.
- f. Penerimaan sensorik oleh sel-sel epitel khusus pada ujung pengecap , hidung dan telinga.
- g. Epitelium penutup dan Pelapis

Klasifikasi.

Epitelium pelapis dan penutup diklasifikasikan sesuai dengan jumlah lapisan sel dan bentuk Sel . Berdasarkan perbedaannya maka epitelium diklasifikasikan ke dalam delapan jenis:

- a. Epitelium simpel tersusun dari lapisan tunggal sel. jenisnya antara lain:
  - Epitelium skuamosa simpel. Sel skuamosa tipis dan gepeng.
  - Epitelium kuboidal simpel. Sel ini berbentuk kubus dan ukuran tinggi dan lebarnya hampir sama.
  - Epitelium Kolumnar simpel. Sel-sel kolumnar berukuran tinggi lebih panjang dari ukuran lebarnya.
- b. Epitelium kolomnar pseudostratifikasi. Pada jenis ini, semua sel bersentuhan dengan lamina basalis. tetapi epitel terlihat berlapis karena penonjolan tinggi

sel.

- c. Epitelium bertingkat meliputi membran yang tebalnya mencapai dua sel atau lebih. Epitelium bertingkat lebih tahan lama dan tahan terhadap robekan daripada epitelium simpel. Jenis epitelium bertingkat, antara lain:

Epitelium skuamosa bertingkat

Epitelium kuboidal bertingkat

Epitelium kolumnar bertingkat

- d. Epitelium transisional

Spesialisasi pada permukaan sel epitel

Spesialisasi lateral membentuk sambungan interselular (sambungan kompleks), yang berfungsi sebagai tempat untuk menyatukan sel, bertindak sebagai segel untuk mencegah aliran materi melalui ruang interselular. dan menyediakan suatu cara untuk melakukan komunikasi interselular. Jenis sambungan Interselular meliputi :

- e. Zonula penutup adalah sambungan ketat, berhadapan dengan membran plasma yang menyatukan dan menghilangkan ruang interselular. sehingga mencegah aliran zat melalui jalur interselular. Penutup ini tepat berada di bawah permukaan bebas epitelium.
- f. Zonula adheren terletak di bawah zonula penutup. Zonula ini memiliki ruang interselular yang dapat terlihat. biasanya dengan lebar 20 nm sampai 25 nm, lengan filamen sitoplasma beradiasi ke arah luar.
- g. Desmosom merupakan kontak interselular yaitu ruang Interselular berjarak 30 nm yang memisahkan membran sel dihadapannya. Desmosom dipercaya sebagai hal penting untuk adhesi antar sel.
- h. Sambungan bercelah (nexus) adalah kontak yang terjadi tidak hanya antar sel epitel, tetapi Juga antara permukaan lateral jantung dan sel-sel otot polos. Sambungan ini terdiri dari celah interselular berukuran sekitar 2 nm dan mungkin merupakan jenis dasar struktural untuk komunikasi dari sel ke sel.

Spesialisasi apikal dapat terjadi pada area permukaan sel epitel yang terbuka, yang meliputi:

- a. Mikrovili adalah ekstensi silindris atau lipatan yang menonjol dari permukaan sel untuk menambah area permukaan. Jumlahnya banyak pada sel yang melapisi saluran pencernaan dan pada sel tubulus contortus proksimal ginjal.
- b. Silla merupakan struktur motil seperti rambut yang kecil tetapi lebih panjang dari mikrovili, mampu bergerak ke depan dan kebelakang dengan cepat. Silia dapat ditemukan pada saluran pernapasan atas, tubulus distal ginjal, sebagian saluran reproduksi perempuan, dan pada epitelium olfaktori.
- c. Stereosilla merupakan prosesus nonmotil yang panjang, yang sebenarnya adalah merupakan mikrovili berukuran lebih panjang. Stereosilia ini berada pada epididimis saluran reproduksi laki-laki.

Karakteristik dan distribusi setiap jenis epitel

Epitelium skuamosa simpel adalah lapisan tunggal sel gepeng dengan nukleus sentral seperti lempengan.

Distribusi. Epitelium skuamosa simpel terdapat pada area:

- a. Melapisi pembuluh darah dan pembuluh limfe (endotelium)
- b. Melapisi rongga tubuh (mesotelium)
- c. Saluran terkecil dari banyak kelenjar
- d. Bagian tubulus ginjal
- e. Duktus terminal dan kantong udara pada sistem respirasi.
- f. Penampakan dalam sebuah potongan melintang mikroskopik adalah selebar gabungan sel gepeng yang terlihat seperti sepiring telur goreng.

Epitelium kuboidal simpel tersusun dari lapisan tunggal sel bersisi enam dengan nukleus sentral berbentuk bulat telur.

Distribusi. Epitelium kuboidal simpel dapat ditemukan pada area berikut:

- a. Banyak kelenjar dan duktusnya
- b. Epitelium berpigmen pada, retina mata
- c. Lapisan germinal (permukaan) ovarium
- d. Bagian testis
- e. Permukaan anterior lensa mata.
- f. Penampakan pada potongan melintang mikroskopik adalah susunan kubus

yang terlihat seperti barisan kotak-kotak.  
Epitelium kolumnar simpel terdiri dari lapisan tunggal sel yang "terlihat seperti jajaran genjang dengan nukleus yang terletak lebih dekat ke dasar sel.

Distribusi. Sel kolumnar dapat ditemukan pada area tempat absorpsi atau sekresi berlangsung misalnya:

- a. Lambung, usus halus dan usus besar dan kandung empedu
- b. Duktus ovum dan uterus
- c. Bagiah-bagian saluran pernapasan
- d. Pada banyak kelenjar dan bagian-bagian duktus dari beberapa kelenjar.
- e. Penampakan pada potongan melintang mikroskopik akan terlihat serangkai jajaran genjang yang rapat.

Kelenjar uniselular, disebut sel goblet. berada pada epitelium kolumnar saluran pencernaan. Kelenjar tersebut mengeluarkan mukus yang menyebabkan setengah bagian sel ke atas membengkak dan membentuk goblet.

Epitelium pseudostratifikasi menyerupai epitelium bertingkat .Epitelium ini dinamakan demikian karena sel-selnya bertumpu Pada lamina basalis, tetapi banyak diantaranya tidak mencapai permukaan bebas.

Distribusi Sel epitel pseudostratifikasi dapat ditemukan pada area berikut:

- a. Sebagian besar saluran pernapasan (seperti. rongga nasal ,faring trakea,bronki)
- b. Seluruh uretra lakilaki dan sebagian uretra perempuan
- c. Sebagian besar duktus reproduksi pria.
- d. Penampakan dalam potongan melintang mikroskopik
- e. Sel berbentuk kuboidal atau kolumnar, sehingga tingginya bervariasi: hanya Sel kolumnar yang mencapai permukaan
- f. Permukaan sel memiliki silia mikroskopik.
- g. Banyak terdapat sel goblet yang mengeluarkan mukus.

Epitelium skuamosa bertingkat tersusun dari banyak lapisan Sel dengan sel kolumnar pada tingkat terendah. sel kuboidal pada tingkat menengah. dan lapisan sel-sel skuamosa pada permukaan bebasnya.

Distribusi. Epitelium skuamosa terbentuk setiap saat dibutuhkan untuk perlindungan

terhadap terjadinya friksi, pengeringan atau cedera mekanik.

Epidermis kulit adalah epitelium skuamosa bertingkat yang "kering": lapisan skuamosa berkornifikasi (berinfiltrasi dengan keratin protein yang disintesis) untuk mencegah kehilangan cairan.

Semua orifisium tubuh dilapisi dengan epitelium skuamosa bertingkat yang "basah". yang berfungsi sebagai pelindung terhadap friksi.

Penampakan epitelium skuamosa bertingkat pada potongan melintang mikroskopik terlihat memiliki banyak lapisan. dengan sel-sel skuamosa tipis pada permukaan

Epitelium kolumnar bertingkat jarang terbentuk: pada umumnya dapat ditemukan di tempat epitelium kolumnar simpel atau epitelium, pseudostratifikasi bergabung dengan epitelium skuamosa bertingkat dalam faring dan laring. dan dalam sebagian uretran & Epitelium kuboidal bertingkat dan epitelium transisional

Epitelium kuboidal bertingkat ada pada tubulus testis dan folikel ovarium duktus kelenjar keringat dan kelenjar sebacea.

Epitelium transisional adalah epitelium kuboidal bertingkat yang mengalami spesialisasi dengan penampakan yang bervariasi sesuai distensinya. Epitelium ini ditemukan pada kandung kemih dan saluran urinarius.

Pada epitelium transisional yang relaks. ada enam sampai tujuh lapisan sel.

Pada kandung kemih yang mengalami distensi. epitelium menipis menjadi dua sampai tiga lapisan.

Epitelium kelenjar. Kelenjar-kelenjar epitel adalah subdivisi kedua dari jaringan epitel. Secara luas, kelenjar tersebut dikategorikan menjadi kelenjar endokrin dan kelenjar eksokrin bergantung pada hubungan kelenjar dengan permukaan epitel. Kelenjar-kelenjar eksokrin dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara yang berbeda. .

Jumlah sel

Sebuah sel tunggal yang bertindak sebagai suatu unit kelenjar. dalam sel epitel dikenal sebagai kelenjar uniselular misalnya. sel goblet pada sel epitelium pencernaan.

Kelenjar multiselular adalah sebuah kelenjar yang di dalamnya terdapat banyak sel

yang bekerja untuk memproduksi sekresi. Biasanya, sel sel ini diorganisir dalam tuba atau kantong yang terbuka pada permukaan epitel. Contoh kelenjar multiselular adalah kelenjar keringat, kelenjar saliva & kelenjar mammae.

Jenis jenis sekresi

Kelenjar pensekresi mukus menghasilkan zat kental berlendir yang kaya akan senyawa protein polisakarida. yang sebelumnya disebut mukopoliisakarida dan mukoprotein dan sekarang disebut glikosaminoglikan. Mukus dihasilkan oleh sel-sel goblet dalam usus dan sel mukosa lain dalam lambung: kelenjar saliva dan dalam saluran-saluran pernapasan, urinaria dan saluran reproduksi.

Kelenjar pensekresi serosa menghasilkan cairan protein yang berair yang sering kali (tetapi tidak selalu) mengandung enzim. Bagian eksokrin dari pankreas adalah salah satu contoh organ yang mengandung sel-sel macam itu.

Kelenjar seromukosa menghasilkan suatu zat campuran. berkaitan dengan adanya kedua jenis sel. mukosa dan serosa, dalam kelenjar yang sama. seperti kelenjar parotid dan kelenjar saliva submaksilar.

Membran

Dalam ilmu mengenai jaringan. epitelium yang lembab dan terletak di bawah jaringan ikat disebut sebagai membran. Membran dipertahankan tetap lembab dengan adanya cairan mukus atau serosa.

Membran serosa terdiri dari mesotelium yang berada pada lapisan jaringan ikat Membran serosa yang melapisi rongga tubuh tertutup. antara lain membran perikardial (membungkus jantung), membran *pleural* (membungkus paru-paru) dan membran peritoneal (membungkus *visera abdominopelvis*).

Bagian parietal dari membran serosa melapisi dinding eksternal rongga tubuh.

Bagian viseral membungkus berbagai organ yang berada dalam rongga.

Sel epitelial pada membran serosa mensekresi cairan serosa yang melumasi permukaan organ-organ yang terbungkus sehingga organ dapat bergerak bebas dalam rongga toraks dan rongga abdomen.

Membran mukosa adalah lapisan penghasil mukus yang melapisi berbagai organ berongga pada bagian interior tubuh. Membran mukosa pada dasarnya tersusun dari tiga lapisan

Lapisan epitelium yang ada bisa simpel. pseudostratifikasi. atau bertingkat. dan dilumasi oleh sel goblet yang mengalami spesialisasi atau kelenjar multiselular yang membuka ke arahnya.

Lamina propria adalah jaringan ikat yang menyangga epitelium. Jaringan ini kaya pembuluh darah dan pembuluh limfe serta terkadang mengandung kelenjar.

Mukosa muskularis terdiri dari lapisan sirkular atau longitudinal otot polos.

### **Jaringan Ikat**

Jaringan ikat terdiri atas dua komponen utama, yaitu matriks ekstraseluler dan sel. Matriks ekstraseluler mengisi ruang-ruang diantara sel. Matriks ekstraseluler tersusun atas serabut dan substansi dasar, yang disekresikan oleh komponen sel jaringan ikat. Jaringan ikat merupakan jaringan yang paling melimpah pada tubuh dengan fungsi yang sangat beragam. Beberapa fungsi jaringan ikat yaitu; melindungi dan menyokong tubuh dan organ-organ tubuh, menghubungkan organ-organ tubuh, penyimpanan cadangan energi dalam bentuk lemak, membantu memberikan imunitas bagi tubuh, menghubungkan jaringan epitel dengan jaringan yang lain serta membentuk tendon tulang merupakan jaringan ikat yang paling keras, berperan melindungi organ-organ tubuh dan membentuk rangka tubuh tempat menempelnya otot, jaringan adipose berperan sebagai tempat penyimpanan lipid, Darah merupakan substansi cair yang salah satu fungsinya sebagai media transport substansi tertentu pada tubuh.

Terdapat beberapa klasifikasi jaringan ikat, dikarenakan keragaman jenis sel dan komponen matriks ekstraseluler, berikut ini salah satu contoh klasifikasi jaringan ikat :

- a. Jaringan Ikat Embrionik
- b. Mesenkim
- c. Jaringan Ikat Mukosa
- d. Jaringan Ikat Dewasa

- e. Jaringan Ikat Longgar
- f. Jaringan Ikat Areolar
- g. Jaringan Adiposa
- h. Jaringan Ikat Retikular
- i. Jaringan Ikat Padat
- j. Jaringan Ikat Padat Teratur
- k. Jaringan Ikat Padat Tidak Teratur
- l. Jaringan Ikat Elastin
- m. Kartilago
- n. Kartilago Hialin
- o. Fibrokartilago
- p. Kartilago Elastin
- q. Jaringan Tulang
- r. Jaringan Ikat Cair
- s. Darah
- t. Limfa

Pada bagian ini, akan diuraikan lebih jauh mengenai jaringan ikat dewasa.

#### Komponen Seluler Jaringan Ikat

Setiap jenis jaringan ikat mengandung kelompok sel-sel muda (immature) yang berakhiran –blas, seperti *fibroblasts* pada jaringan ikat longgar dan jaringan ikat padat, *chondroblasts* pada jaringan rawan, dan *osteoblasts* pada jaringan tulang. Sel-sel yang masih muda memiliki kemampuan membelah dan mensekresikan matriks ekstraseluler. Pada jaringan rawan dan tulang, ketika matriks ekstraseluler dihasilkan, sel-sel yang muda berdiferensiasi menjadi sel-sel dewasa dengan nama yang berakhiran-Sit, sebagai contoh kondrosit dan osteosit. Sel-sel dewasa telah kehilangan kemampuan membelah dan membentuk matriks ekstraseluler. Jenis sel-sel jaringan ikat bervariasi berdasarkan jenis jaringan ikat, antara lain;

Fibroblas, berukuran besar, berbentuk pipih dengan juluran sitoplasma, dapat ditemukan pada beberapa jenis jaringan ikat. Fibroblas bermigrasi melalui jaringan ikat berperan mensekresikan serabut dan substansi tertentu pada matriks ekstraseluler. Adipose, sering juga disebut sel-sel adipose yang menyimpan trigliseriad, terletak pada

jaringan bawah kulit dan disekitar organ seperti jantung dan ginjal.

Sel mast, terletak disekitar pembuluh darah, berperan menghasilkan histamine yang dapat menyebabkan pelebaran pembuluh darah sebagai bentuk respon inflamasi.

Sel-sel darah putih, bermigrasi dari darah menuju jaringan ikat, sebagai contoh neutrophil dapat ditemukan pada daerah yang mengalami infeksi dan eosinophil bermigrasi menuju daerah yang mengalami infeksi bakteri dan respon alergi.

Makrofag, berkembang dari monosit, merupakan jenis sel darah putih. Makrofag memiliki bentuk yang tidak beraturan dengan juluran-juluran sitoplasma pendek, dapat mencerna bakteri dan partikel asing melalui proses fagositosis.

Sel plasma, berukuran kecil, berkembang dari jenis sel darah putih yaitu limfosit B.

Sel plasma berperan mensekresikan antibody, komponen penting pada respon imun.

#### Komponen Matriks Jaringan Ikat

Setiap jaringan ikat memiliki ciri khusus, berdasarkan komponen penyusun matriks ekstraseluler yang mengisi ruang- ruang diantara sel. Matriks ekstraseluler, tersusun atas dua komponen utama, yaitu substansi dasar dan serabut. Substansi dasar dapat bersifat cair, semicair, gelatin, dan mengalami kalsifikasi. Substansi dasar mengandung air dan sejumlah molekul organik, dan

berperan mendukung komponen seluler, menghubungkan antara satu sel dengan sel yang lain, penyimpanan air, dan sebagai media pertukaran substansi antara darah dengan sel-sel jaringan ikat.

Tiga jenis serabut pada jaringan ikat, yaitu serabut kolagen berperan memberikan kekuatan, serabut elastin berperan memberikan kekuatan dan elastisitas, dan serabut retikuler berukuran sangat tipis dan bercabang-cabang membentuk struktur menyerupai jarring- jaring. Jumlah dan jenis serabut berperan pada kekuatan, elastisitas, dan struktur dari matriks ekstraseluler.

#### Jaringan Ikat Longgar

Jaringan ikat longgar (*loose connective tissue*) terdiri dari jaringan ikat areolar, retikular, dan jaringan adipose. Pada jaringan ikat longgar, serabut pada matriks ekstraselnya tersusun renggang, serabut pada jenis jaringan ini berperan memberikan kekuatan, elastisitas, dan dukungan. Substansi dasar bersifat semi cair (*viscous*). Sel-

sel pada jaringan ini juga berperan pada mekanisme imunitas tubuh, seperti makrofag, sel mass, dan sel-sel darah putih yang berpindah dari darah menuju matriks jaringan ikat.

#### Jaringan Ikat Padat

Pada jaringan ikat padat teratur (*dense regular connective tissue*), matriks ekstraselulernya mengandung serabut kolagen yang tersusun paralel dengan substansi dasar yang sangat sedikit. Jaringan ikat padat tidak teratur (*dense irregular connective tissue*) memiliki kesamaan dengan jaringan ikat padat teratur, namun serabut kolagen tidak tersusun dalam pola yang teratur. Struktur salah satu jenis jaringan ikat padat teratur,

#### Jaringan Rawan

Jaringan rawan tersusun atas jalinan padat serabut kolagen dan elastin yang kaku dan tertanam pada chondroitin sulfate. Sel-sel dewasa pada jaringan rawan disebut kondrosit, terletak sendiri atau berkelompok yang terletak dalam lacuna. Jaringan rawan dibungkus oleh jaringan ikat padat tidak teratur yang disebut perikondrium. Jaringan rawan (*cartilage*) terdiri dari rawan hialin, rawan elastin, dan fibrokartilago. Rawan hialin merupakan jenis rawan yang paling berlimpah pada tubuh, terletak pada daerah persendian dan pada cakram epifisi. Rawan hialin memberikan fleksibilitas, mengurangi friksi, dan menyerap tekanan. Rawan hialin adalah jenis rawan yang paling lemah dari tiga jenis jaringan rawan. Rawan elastin memberikan kekuatan, elastisitas, dan menjaga bentuk struktur tertentu pada tubuh, seperti pada daun telinga. Fibrokartilago adalah jaringan rawan paling kuat, terletak pada diskus intervertebral. Struktur salah satu jenis jaringan rawan, **Jaringan Tulang** Tulang merupakan jaringan ikat yang sangat keras, matriks ekstraseluler jaringan tulang tersusun dalam lapisan yang disebut lamella dan tersusun atas serabut kolagen, substansi dasar, dan garam-garam anorganik. Secara struktural, jaringan tulang dikelompokkan atas jaringan tulang padat dan jaringan tulang bunga karang. Unit dasar dari tulang padat disebut osteon atau sistem havers, yang terdiri atas lamella, lakuna, kanalikuli, dan sentral kanal. Tulang bunga karang mengandung sedikit osteon, enzim, protein, hormon, ion, dan gas-gas pernapasan. dan terutama tersusun atas struktur yang disebut trabekula, yang mengandung lamella, osteosit, lacuna, dan

kanalikuli. Ruang diantara trabekula berisi Jaringan otot bersifat sangat seluler yang sebahagian besar tersusun atas sel- sel otot. Seluruh jaringan otot mengandung pembuluh darah (bersifat vaskuler) dan

serabut saraf. Jaringan otot dapat menghasilkan kekuatan fisik yang dibutuhkan untuk pergerakan struktur tubuh tertentu dan menghasilkan panas tubuh. Berdasarkan struktur dan fungsinya, jaringan otot dibedakan atas jaringan otot rangka.

#### Jaringan Darah

Darah terdiri dari sel darah merah, sel darah putih, keeping-keping darah, dan plasma darah. Komponen plasma darah yaitu air dan sejumlah zat terlarut yang terdiri atas substansi nutrisi seperti glukosa dan asam amino, produk sisa metabolisme, polos (*smooth muscle*), dan jaringan otot jantung (*cardiac muscle*). Sel-sel jaringan otot rangka memiliki banyak inti dan berbentuk silindris. Jaringan otot rangka terutama menyusun otot-otot yang menempel pada tulang. Sel-sel jaringan otot jantung berukuran lebih kecil dibandingkan sel-sel jaringan otot rangka, memiliki percabangan dengan satu atau dua inti yang terletak pada bagian tengah sel. Diskus interkalar pada jaringan otot jantung tampak menyerupai pita yang berwarna gelap yang menghubungkan ujung dari satu sel otot dengan ujung dari sel otot yang lain. Jaringan otot jantung merupakan lapisan paling tebal pada dinding jantung (miokardium). Otot rangka dan otot jantung tampak berlurik (memiliki pita yang tampak terang dan gelap). Sel-sel jaringan otot polos berukuran kecil dan meruncing pada kedua ujung selnya, memiliki satu inti dan tidak tampak berlurik (*nonstriated*). Jaringan otot polos dapat ditemukan pada dinding saluran pernapasan, dinding saluran pencernaan, dinding saluran urogenitalia, dan dinding pembuluh darah. Struktur jaringan otot rangka, otot jantung, dan otot polos dengan menghasilkan impuls saraf yang akan mengaktifkan jaringan otot ataupun sekresi kelenjar. Dua komponen seluler dari jaringan saraf, yaitu sel saraf (neuron) dan sel-sel glia (neuroglia). Neuron berperan menerima dan mengirim informasi dalam bentuk impuls saraf, sedangkan neuroglia berperan mendukung neuron dan membantu menjalankan fungsinya. Neuron memiliki satu atau lebih juluran atau prosesus (pemanjangan seluler) yang menerima dan mengirimkan informasi dalam bentuk impuls saraf. Dendrit adalah juluran pada neuron yang menerima informasi dari reseptor sensoria atau dari neuron yang lain. Akson adalah juluran pada neuron yang mengirimkan informasi menuju neuron yang lain, otot, atau kelenjar. Bagian utama dari neuron adalah badan sel tempat dari inti sel (nukleus) berada

## **Jaringan Saraf**

Jaringan saraf merupakan penyusun utama dari otak, sumsum tulang belakang, dan serabut saraf, bersifat sangat seluler. Jaringan saraf akan memberikan respon Berdasarkan strukturnya, neuron dibedakan atas neuron unipolar, neuron bipolar, dan neuron multipolar, sedangkan berdasarkan fungsinya, neuron dibedakan atas neuron sensori, neuron motorik, dan sum-sum merah tulang.

Di depan telah dibahas mengenai berbagai macam jaringan yang terdapat pada hewan. Tidak semua organism mempunyai jaringan dalam tubuhnya. Pada organism tingkat rendah seperti Protozoa tubuhnya hanya terdiri dari satu sel. Jadi, Protozoa tidak memiliki jaringan pada tubuhnya.

Semakin tinggi tingkatan organism, semakin kompleks struktur penyusun tubuhnya. Tubuh organisme tingkat tinggi tersusun atas berbagai macam jaringan. Kelompok hewan Vertebrata juga tersusun dari berbagai macam jaringan seperti yang telah di bahas di depan. Namun, struktur jaringan yang terdapat pada tubuh setiap jenis hewan berbeda-beda walaupun fungsinya sama. Misalnya, jaringan darah pada setiap hewan mempunyai struktur berbeda-beda sebagai hasil adaptasi terhadap lingkungan.

## **BAB IX**

### **SISTEM SIRKULASI DARAH PADA HEWAN**

Hewan harus mampu melaksanakan aktivitas transportasi nutrien , gas dan produk metabolisme serta molekul-molekul padat atau cair didalam tubuhnya. Proses metabolisme, selain menghasilkan zat-zat yang berguna juga menghasilkan sampah yang harus dikeluarkan dari tubuh.

Sistem sirkulasi darah pada umumnya untuk organisasi tingkat rendah belum mempunyai sistem sirkulasi secara khusus. Misalnya pada Amoeba dan Paramecium. Sirkulasi bahan-bahan metabolisme dan sisanya dilakukan dengan aliran sitoplasma. Akan tetapi , proses difusi berlangsung sangat lambat sehingga cara tersebut tidak mungkin dapat memenuhi semua kebutuhan hewan yang berukuran besar atau hewan yang memiliki aktivitas metabolisme tinggi.

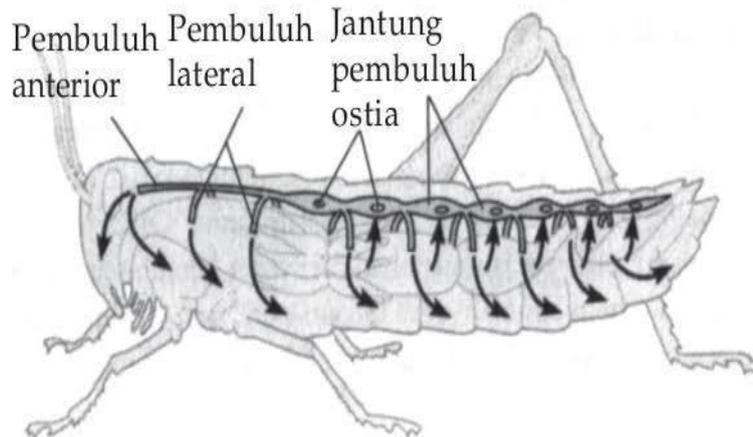
Oleh karena itu , pada hewan tingkat tinggi diperlukan sistem sirkulasi yang khusus yang menjaminkannya adanya pergerakan cairan ke seluruh tubuh secara tepat.

#### **A. Sistem Sirkulasi Terbuka**

Sirkulasi terbuka merupakan suatu sistem dimana pembuluh darah membentuk sirkuit yang sempurna diseluruh tubuh sehingga ketika darah mengalir, darah akan meninggalkan pembuluh darah dan mengalir diantara jaringan (ruang terbuka hemocoel dan blastocole). Bagi hewan-hewan dengan banyak lapisan-lapisan sel , jarak difusi terlalu besar untuk pertukaran nutrien-nutrien dan zat-zat buangan yang cukup melalui rongga gastrovaskular. Pada organisme-organisme ini , sistem sirkulasi meminimalkan jarak difusi zat-zat yang memasuki atau meninggalkan sel. Dengan mentranspor cairan keseluruh tubuh , sistem sirkulasi secara fungsional menghubungkan lingkungan berair dari sel-sel tubuh dengan organ-organ yang mempertukarkan gas-gas , mengabsorpsi nutrien-nutrien, dan membuang zat-zat buangan. Pada mamalia misalnya , O<sub>2</sub> dari udara yang dihirup berdifusi melintasi hanya dua lapis sel didalam paru-paru sebelum mencapai darah. Sistem sirkulasi yang digerakkan oleh jantung , kemudian mengangkut darah yang kaya oksigen keseluruh bagian tubuh. Sewaktu darah mengalir keseluruh tubuh jaringan-jaringan tubuh dalam pembuluh-pembuluh darah yang mungil , O<sub>2</sub> didalam darah kembali berdifusi hanya dalam jarak pendek sebelum memasuki cairan interstisial yang merendam sel-sel secara langsung.

Sistem sirkulasi memiliki tiga komponen dasar yaitu : cairan sirkulasi , seperangkat

tabung yang saling berhubungan , dan pompa yang berotot , yaitu jantung (heart). Jantung mendorong sirkulasi dengan menggunakan energi metabolik untuk meningkatkan tekanan hidrostatis dari cairan sirkulasi, yang kemudian mengalir melalui suatu sirkuit pembuluh- pembuluh darah dan kembali ke jantung. ( Campbell, 2004).



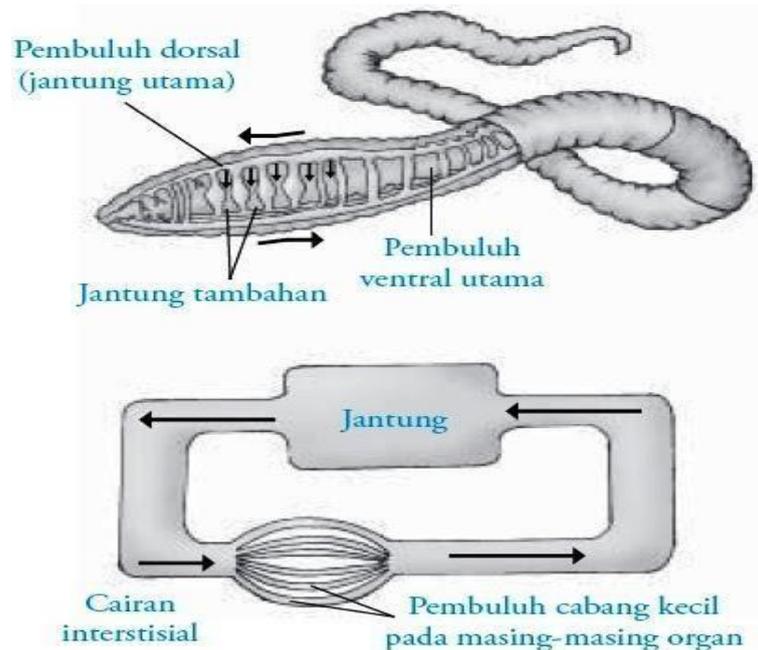
Sumber : ( Campbell, 2004 )

**Gambar ( 9.1 ) sistem sirkulasi terbuka.** Pada sirkulasi terbuka, seperti pada belalang, cairan sirkulasi, disebut hemolimfe, sama dengan cairan interstisial. Jantung memompa hemolimfe melalui pembuluh-pembuluh kedalam sinus, ruang- ruang yang terisi cairan tempat material-material dipertukarkan antara hemolimfe dan sel-sel. Hemolimfe kembali ke jantung melalui pori-pori yang dilengkapi dengan katup-katup yang menutup ketika jantung berkontraksi.

Antropoda dan sebagian besar moluska memiliki sistem sirkulasi terbuka (*open circulatory system*), dengan cairan sirkulasi yang merendam organ-organ secara langsung (contoh pada gambar 2.1 diatas). Pada hewan-hewan ini, cairan sirkulasi disebut hemolimfe juga merupakan cairan interstisial. Kontraksi satu atau lebih jantung memompa hemolimfe melalui pembuluh sirkulasi kedalam sinu-sinus yang saling terkoneksi, yaitu ruang-ruang disekitar organ-organ. Didalam sinus, pertukaran kimiawi terjadi antara hemolimfe dan sel-sel darah. Relaksasi jantung menarik kembali hemolimfe melalui pori-pori, dan pergerakan-pergerakan tubuh membantu mengedarkan hemolimfe melalui peremajaan sinus-sinus secara periodik. Sistem sirkulasi terbuka dari krustasea yang lebih besar, misalnya lobster dan kepiting, mencakup sistem pembuluh yang lebih ekstensif serta suatu pompa tambahan.

## B. Sistem Sirkulasi Tertutup ( Gambar 2.2 )

Dalam sirkulasi tertutup darah tertahan dalam pembuluh dan berbeda dari cairan interstisial, contoh : (Campbell, 2004).



Sumber: ( Campbell, 2004 )

**Gambar (9.2) Sistem Sirkulasi Tertutup.** Sistem sirkulasi tertutup mengedarkan darah didalam pembuluh, sehingga darah berbeda dari cairan interstisial. Pertukaran kimiawi terjadi antara darah dan cairan interstisial, serta antara cairan interstisial dan sel-sel tubuh. Pada cacing tanah, pembuluh dorsal berfungsi sebagai jantung utama, yang memompa darah kedepan melalui peristalsis. Didekat ujung anterior cacing, lima pasang pembuluh mengelilingi saluran pencernaan dan berfungsi sebagai jantung-jantung tambahan.

Satu atau lebih jantung memompa darah ke pembuluh-pembuluh besar yang bercabang kedalam pembuluh –pembuluh yang lebih kecil melalui organ-organ. Material-material dipertukarkan antara pembuluh darah terkecil dan cairan interstisial yang merendam sel- sel. Anelida (termasuk cacing tanah), sefalopoda (termasuk cumi-cumi dan gurita), dan semua vertebrata memiliki sistem sirkulasi tertutup.

Fakta bahwa sistem sirkulasi tertutup tersebar luas diantara hewan-hewan menunjukkan bahwa masing-masing sitem memiliki keunggulan. Tekanan hidrostatis lebih rendah yang terkait dengan sistem sirkulasi terbuka membuat sistem tersebut membutuhkan pengeluaran energi yang lebih rendah dari pada sistem sirkulasi tertutup. Manfaat-manfaat sistem sirkulasi tertutup mencakup tekanan darah yang relatif tinggi, yang memungkinkan pengantaran O<sub>2</sub> dan nutrien-nutrien yang efektif menuju ke sel-

sel dari hewan-hewan yang lebih besar dan lebih aktif. Sebagai contoh diantara moluska- moluska, sistem sirkulasi tertutup ditemukan dalam spesies-spesies yang paling besar dan paling aktif, yaitu cumi-cumi dan gurita.

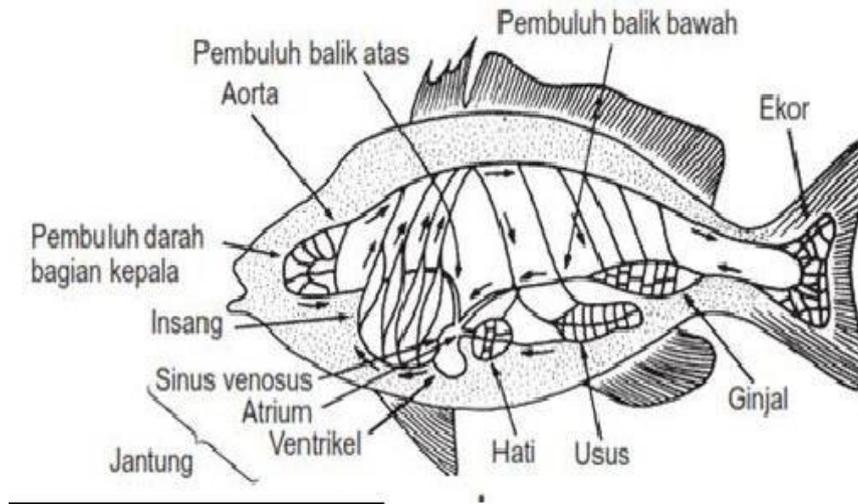
Ada lima ciri spesifik dari sistem sirkulasi tertutup ini terutama pada hewan tingkat tinggi yaitu :

- a. Terdapat pemisahan fungsi dari masing-masing organ tubuh yang termasuk kedalam sistem sirkulasi.
- b. Terdapat sistem pembuluh arteri yang berperan sebagai reservoir tekanan sekaligus mendorong darah ke kapiler.
- c. Terdapat dinding kapiler darah yang sangat tipis sehingga memudahkan perpindahan substansi dari darah dalam kapiler ke cairan diruang sel untuk selanjutnya memasuki sel.
- d. Tekanan darah dikapiler tertentu (diglomerulus pada ginjal vertebrata) cukup tinggi sehingga memungkinkan berlangsungnya ultrafiltrasi di ginjal.
- e. Terdapat sistem limfa yang penting dalam proses pengembalian cairan dari ruang antar sel ke pembuluh darah. ( Campbell, 2004 )

Sistem sirkulasi tertutup memiliki dua pola yang berbeda dalam proses sirkulasi darahnya. Pembagian didasarkan pada bagaimana susunan jantung dan bagaimana cara darah melakukan peredaran secara lengkap di seluruh tubuh. Atas dasar hal tersebut maka sirkulasi tertutup dibagi menjadi dua yaitu :

### **1. Sistem Sirkulasi Tunggal**

Pada ikan bertulang keras : pari, dan hiu, jantung terdiri dari dua ruang : satu atrium dan satu ventrikel. Darah melewati jantung sekali dalam setiap sirkuit lengkap, suatu susunan yang disebut sirkulasi tunggal, contoh disajikan pada Gambar (9.3)



**Gambar ( 2.3 ) Sirkulasi tunggal pada ikan.** Ikan memiliki jantung beruang-dua dan satu sirkuit aliran darah tunggal

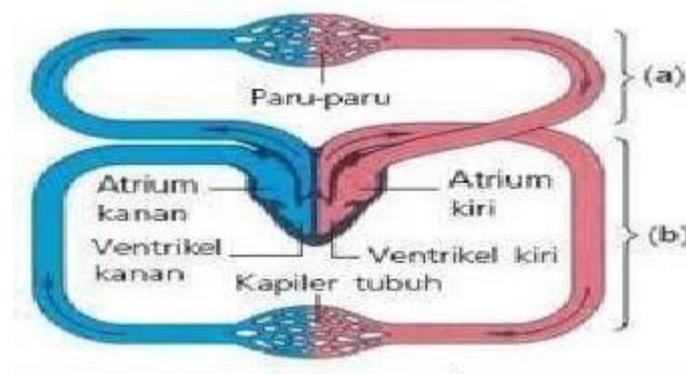
Darah yang memasuki jantung berkumpul didalam atrium sebelum berpindah ke ventrikel. Kontraksi ventrikel memompa darah ke insang, tempat terjadinya difusi neto O<sub>2</sub> kedalam darah dan CO<sub>2</sub> ke luar darah. Sewaktu darah meninggalkan insang, kapiler-kapiler bergabung kedalam pembuluh yang mengangkut darah kaya-oksigen ke bantalan-bantalan kapiler diseluruh tubuh. Darah kemudian kembali ke jantung.

Pada sirkulasi tunggal, darah yang meninggalkan jantung akan melewati dua bantalan kapiler sebelum kembali ke jantung. Ketika darah mengalir melalui bantalan.

kapiler, tekanan darah turun drastis. Penurunan tekanan darah dalam insang ikan bertulang keras, pari, atau hiu membatasi laju aliran darah dibagian-bagian tubuh yang lain. Akan tetapi, saat ikan berenang, kontraksi dan relaksasi otot-ototnya membantu mempercepat laju sirkulasi yang relatif lambat. ( Ville, dkk, 1984 ).

## 2. Sistem Sirkulasi Ganda ( Gambar 9.4 )

Pada tipe sirkulasi ganda, darah selama beredar akan melewati jantung sebanyak dua kali. Hal ini memerlukan struktur jantung yang spesifik yaitu terdiri atas 4 ruang (2 antrium dan 2 ventrikel). Darah meninggalkan jantung melalui ventrikel kanan dan menuju ke paru- paru dimana terjadi proses oksigenasi sehingga membawa darah kaya oksigen dari paru-paru untuk kembali ke jantung melalui antrium kiri dan ventrikel kiri untuk selanjutnya dipompa keseluruh tubuh untuk di suplai oksigen dan substansi lainnya yang diperlukan oleh sel-sel tubuh. Keuntungan dari sistem ini adalah terciptanya tekanan aliran darah yang relatif konstan sehingga laju sirkulasi lebih cepat dan juga berarti produk metabolisme secara lebih cepat. Kondisi ini tercipta adanya dua kali proses pemompaan darah oleh jantung yaitu pemompaan darah yang akan mengalir ke paru-paru dan pemompaan darah yang akan mengalir ke paru-paru dan pemompaan darah yang akan mengalir keseluruh tubuh.



**Gambar ( 9.4 ) Sistem Sirkulasi Ganda**

### C. Fungsi Sistem Sirkulasi

Secara garis besar, sistem sirkulasi memiliki tiga fungsi sebagai berikut :

- a. Menjamin atau memastikan terpenuhinya kebutuhan tubuh akan sari makanan dan oksigen, serta pembuangan zat sisa metabolisme dari tubuh dengan segera
- b. Berperan penting dalam penyebaran panas tubuh
- c. Menyebabkan tekanan atau kekuatan. ( Ville,dkk, 1984 ).

## D. Komponen-komponen Sistem Sirkulasi

### a. Jantung (cor)

Peranan jantung sebagai organ sistem sirkulasi terdiri atas 2 aspek penting. Pertama adalah sebagai pemompa cairan melintasi sistem sirkulasi yang berlangsung dengan mekanisme kontraksi dan relaksasi otot. Peran kedua adalah adanya beberapa kontrol penting dari jantung terhadap sistem sirkulasi secara keseluruhan dengan mengubah-ubah laju detakan dan daya kontraksi.

### b. Pembuluh darah

Pada kelompok hewan dengan sistem peredaran darah tertutup, terdapat 3 jenis pembuluh darah dalam proses sirkulasi yaitu arteri, kapiler dan vena.

**Arteri.** Fungsi dari pembuluh arteri adalah membawa darah dari jantung. Darah yang mengalir dalam arteri memiliki tekanan yang cukup tinggi sehingga dinding pembuluh harus cukup tebal dan kuat untuk menahan arah yang mengalir didalamnya. **Arteriola.** Merupakan pembuluh darah arteri kecil. Dinding pembuluh tersusun atas otot-otot polos yang banyak. Fungsi utama yang penting adalah menjamin kelangsungan aliran darah secara reguler ke organ-organ yang membutuhkan secara proporsional, yang difasilitasi oleh keberadaan otot polos pada dinding pembuluh.

**Kapiler.** Merupakan pembuluh terkecil dalam sistem sirkulasi. Fungsinya sebagai tempat terjadinya pertukaran gas, nutrisi, dan substansi-substansi lainnya antara darah dan sel. Fungsi tersebut didukung oleh struktur kapiler yang hanya tersusun atas selapis sel tipis dan luas permukaan total yang sangat besar.

**Venula dan vena.** Venula adalah vena kecil yang berhubungan langsung dengan kapiler, sedangkan vena berperan dalam mengembalikan darah ke jantung.

## E. Pola Sirkulasi Vertebrat

### 1.) Kebanyakan Sirkulasi pada pisces

Pada sebagian besar ikan, semua darah yang masuk dalam jantung melalui vena mempunyai kadar oksigen yang rendah dan karbondioksida yang tinggi, yaitu yang disebut darah vena. Jantung terdiri atas sebuah *sinus venosus*, sebuah *atrium*, sebuah ventrikel dan sebuah *konus arteriosus* yang tersusun dalam urutan linear. Kontraksi otot jantung meningkatkan tekanan darah yang didalam vena sangat rendah, dan mengeluarkan darah melalui arteri, aorta ventral, kelima atau keenam pasang lung aorta yang menjulur secara dorsal melalui kapiler didalam insang ke aorta dorsal. Pada waktu

darah melalui insang, karbondioksida dilepaskan dan oksigen diambil, hal ini mengubah darah arteri, aorta dorsal membagi darah melalui cabang-cabangnya keseluruh bagian tubuh.

## 2.) Sirkulasi pada amphibi

Pada amphibi, setiap bagian atrium terbuka melalui kanal antriovenrikular yang memiliki katub menuju ventrikel yang terdiri atas satu ruang yang terbagi-bagi. Ventrikel tersebut secara struktural memiliki jaringan otot dan jaringan ikat yang berlapis yang disebut trabekula dan menyerupai spons. Fungsi struktural tersebut adalah mencampuri darah dua atrium. *Conus arteriosus* sebagai saluran dari ruang ventrikel tersebut juga terbagi-bagi oleh katub spiral.

## 3.) Sirkulasi pada reptil

Pada kelompok reptil, sistem sirkulasi gandanya beraku umum pada kebanyakan spesies (dibandingkan amphibi yang banyak memperlihatkan variasi). Pola tersebut berhubungan dengan sistem respirasinya yang memiliki pulmo. Walaupun demikian, beberapa spesies reptil dari kelompok penyu memiliki sistem suplemen bagi pulmo yaitu dari dermal, pharingeal, dan kloaka.

## 4.) Sirkulasi pada Aves Mamalia

Aves memiliki sistem sirkulasi yang hampir mirip dengan mamalia dan dengan ruang jantung yang sudah tersekat dengan sempurna menjadi 4 ruangan (2 atrium dan 2 ventrikel) secara sistematis, darah dari vena diseluruh tubuh menuju ke atrium kanan dan ke ventrikel kanan. Dari ventrikel kanan mengalir melalui arteri pulmonalis menuju kapiler-kapiler dipulmo dan kemudian berkumpul kembali ke vena pulmonalis yang pada akhirnya akan kembali ke jantung melalui atrium kiri. Dari atrium kiri darah akan mengalir ke ventrikel kiri dan kemudian dipompa ke aorta menuju kepala, hepar, ren, usus dan dinding tubuh.

Seperti pada halnya aves, jantung mamalia juga memiliki 4 ruang yang bersekat secara sempurna sehingga tidak terjadi pencampuran darah yang kaya oksigen dan darah miskin oksigen. Darah dari vena sistematik akan mengalir ke bagian atrium kanan dari jantung melalui *vena cava superior* dan *vena cava inferior*. (Campbell, 2004).

Sistem sirkulasi terbuka adalah suatu sistem dimana pembuluh darah membentuk sirkuit yang sempurna diseluruh tubuh sehingga ketika darah mengalir, darah akan meninggalkan pembuluh darah dan mengalir diantara jaringan (ruang terbuka hemocoel dan blastocole). Sedangkan sistem sirkulasi tertutup adalah suatu sistem peredaran darah selalu berada dalam suatu seri pembuluh darah selama proses peredarannya dan tidak pernah keluar dari sistem.

## BAB X

### SISTEM RESPIRASI

Bernafas adalah hal yang harus terus menerus dilakukan oleh makhluk hidup baik tumbuhan, manusia, maupun hewan agar dapat melanjutkan hidup . Pernapasan adalah pertukaran gas yang dibutuhkan untuk metabolisme dalam tubuh . Alat pernafasan pada setiap jenis makhluk hidup pun berbeda tergantung pada habitat yang makhluk hidup tempati atau menyesuaikan habitat nya. Seperti halnya pada hewan memiliki berbagai macam saluran pernafasan seperti paru-paru yang dimiliki oleh mamalia, reptilia, amphibi , Cacing (*Annelida*) dan Amphibia memiliki kulit yang berfungsi juga sebagai tempat pertukaran gas. Ikan mengambil oksigen yang berada di lingkungannya (air) dengan menggunakan sistem insang. Sebagian besar *Arthropoda*, terutama serangga, telah memiliki sistem saluran pernafasan. Meskipun demikian, terdapat kelebihan dan kekurangan pada setiap mekanisme pernafasan yang dimiliki oleh setiap makhluk.

Pada bidang biologi terdapat ilmu yang mempelajari tentang hewan , didalamnya hewan berdasarkan ada atau tidak ada tulang belakangnya dibagi menjadi dua yaitu vertebrata dan invertebrata. Pada hewan vertebrata dan invertebrata memiliki saluran pernafasan yang berbeda . dengan adanya keanekaragaman yang terjadi pada hewan dan dengan seiring perkembangan ilmu pengetahuan maka sangat pentinglah bagi kita untuk mempelajari dan membahas tentang saluran pernafasan pada hewan yang sering disebut juga dengan sistem respirasi pada makalah kali ini(Campbell dkk, 2008).

Semua hewan menggerakkan tubuhnya atau bagian tubuhnya minimal pada beberapa bagian siklus hidupnya. Pergerakan memerlukan energi, yang biasanya disuplai oleh ATP. Cara paling efisien untuk membentuk ATP ialah respirasi aerobik, suatu jalur memerlukan oksigen dan melepaskan karbon dioksida sebagai produknya. Pada manusia dan hewan vertebrata lainnya, sistem respirasi berinteraksi dengan system organ lain.

Respirasi adalah proses fisiologis ketika hewan bertukaran oksigen dan karbon dioksida dengan lingkungannya. Respirasi bergantung pada kecenderungan gas oksigen ( $O_2$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ) untuk berdifusi menurut gradien konsentrasi atau untuk gas, gradien tekanan antara lingkungan internal dan eksternal.

Alat respirasi adalah alat atau bagian tubuh tempat O<sub>2</sub> dapat berdifusi masuk dan sebaliknya CO<sub>2</sub> dapat berdifusi keluar. Alat respirasi pada hewan bervariasi antara hewan yang satu dengan hewan yang lain, ada yang berupa paru-paru, insang, kulit, trakea, dan paru-paru buku, bahkan ada beberapa organisme yang belum mempunyai alat khusus sehingga oksigen berdifusi langsung dari lingkungan ke dalam tubuh, contohnya pada hewan bersel satu, porifera, dan coelenterata. Pada ketiga hewan ini oksigen berdifusi dari lingkungan melalui rongga tubuh.

Didalamn hewan berdasarkan ada atau tidak ada tulang belakangnya dibagi menjadi dua yaitu vertebrata dan invertebrata. Pada hewan vertebrata dan invertebrata memiliki saluran pernafasan yang berbeda.

#### A. Pengertian Hewan Vertebrata

Hewan vertebrata adalah golongan hewan yang memiliki tulang belakang sejati. Vertebrata juga merupakan subfilum di dalam Filum Chordata. Jadi, kata “vertebrata” juga merupakan salah satu kategori takson. Tulang belakang berasal dari perkembangan sumbu penyokong tubuh primer atau notokorda (korda dorsalis). Notokorda *vertebrata* hanya ada pada masa embrionik, setelah dewasa akan mengalami penulangan menjadi sistem penyokong tubuh sekunder, yaitu tulang belakang (*vertebrae*). Hewan vertebrata berukuran lebih besar dan lebih sempurna dibandingkan dengan hewan invertebrata. Kebanyakan hewan vertebrata memiliki sistem saraf yang lebih baik, yang membuat mereka lebih pintar.

Vertebrata dibagi atas beberapa kelas yaitu :

- a. Kelas Mamalia (Bahasa latin *mamae* artinya kelenjar buah dada, mamalia artinya hewan menyusui)
- b. Kelas Aves (Burung)
- c. Kelas Reptilia (Bahasa latin *repare* = merangkak/merayap)
- d. Kelas Amphibia (Latin *amphi* = dua, *bia* = hidup)
- e. Kelas Pisces (Ikan)

## B. Ciri-ciri Hewan Vewan Vertebrata

Ciri-ciri Umum Hewan Vertebrata :

- a. Memiliki tulang belakang terentang sampai ke bagian ekor
- b. tubuh memiliki tipe simetris bilateral
- c. pada bagian otak dilindungi oleh tulang tengkorak (kranium)
- d. mempunyai kepala, leher, badan dan ekor walaupun ekor dan leher tidak mutlak ada contohnya pada katak

## C. Contoh Respirasi Hewan Vertebrata

### 1. Sistem Respirasi Pada Pisces (Ikan)

Semua ikan memiliki celah insang yang terbuka menembus faring (bagian tenggoroknya). Pada ikan tanpa rahang dan ikan tulang rawan, celahinsang tampak dari luar, tetapi ikan bertulang sejati memiliki lapisan yang menyembunyikannya.

Anggota Pisces umumnya bempas dengan insang. Ada yang insangnya dilengkapi tutup insang (**operkulum**), misalnya ikan bertulang sejati (**Osteichthyes**), dan ada pula yang insangnya tidak bertutup insang, misalnya pada ikan bertulang rawan (**Chondrichthyes**). Di samping itu, ada pula kelompok ikan paru-paru, yang bernapas dengan **pulmosis**.

Insang ikan terdiri atas bagian lengkung insang, rigi-rigi dan lembar insang. Pada lengkung insang tumbuh pasangan rigi-rigi yang berguna untuk menyaring air pernafasan yang melalui insang.

Lembaran insang tersusun atas jaringan lunak, berbentuk sisir dan berwarna merah, karena mempunyai banyak pembuluh kapiler darah yang merupakan cabang dari arteri insang. Pada lembaran yang kaya kapiler darah inilah pertukaran CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> berlangsung

#### a. Mekanisme Pernafasan Pada Pisces

Tahap I (Tahap Pemasukan) : pada tahap ini mulut ikan membuka dan tutup insang menutup sehingga air masuk rongga mulut, kemudian menuju lembaran insang, disinilah oksigen yang larut dalam air diambil oleh darah, selain itu darah juga melepaskan karbondioksida dan uap air.

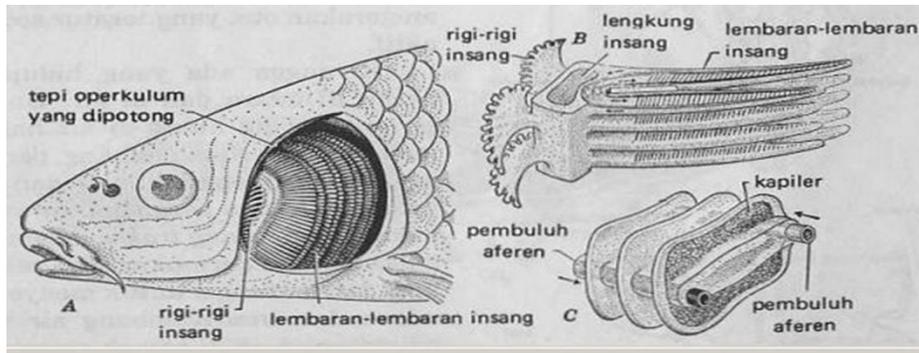
Tahap II (Tahap Pengeluaran) : mulut menutup dan tutup insang membuka sehingga air dari rongga mulut mengalir keluar melalui insang. Air yang dikeluarkan ini telah bercampur

dengan CO<sub>2</sub> dan uap air yang dilepaskan darah. Selain dimiliki oleh ikan, insang juga dimiliki oleh katak pada fase berudu, yaitu insang luar. Untuk ikan yang hidup di lumpur seperti ikan lele, gabus, betok, pada insangnya terdapat banyak lipatan yang disebut LABIRIN.

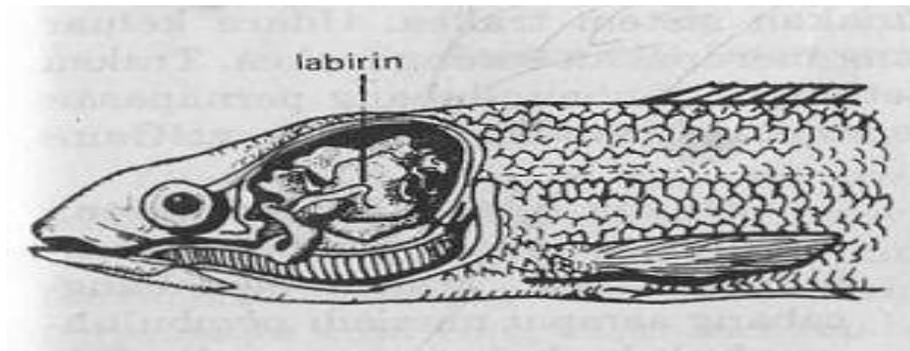
a.



b.



c.



<http://biologimediacentre.com>

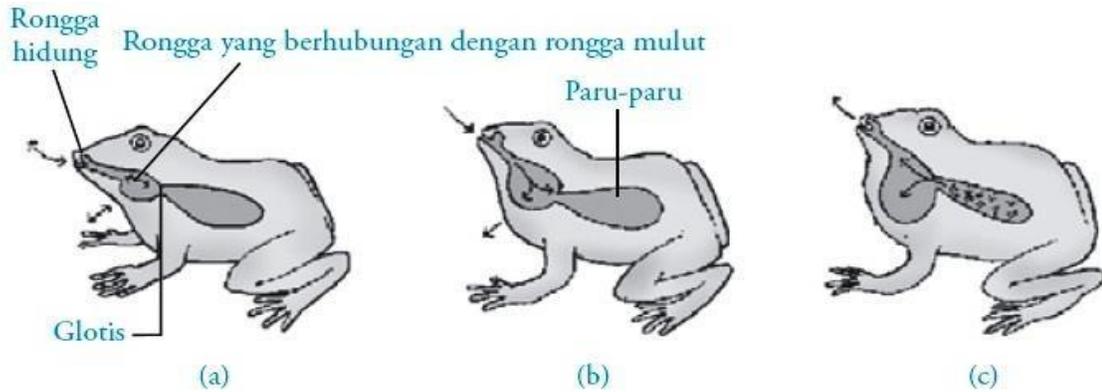
Keterangan gambar :

- a. Lokasi tutup insang pada ikan bertulang sejati, ikan bertulang sejati dengan tutup insang yang dibuang. Air mengalir masuk kedalam mulut, mengalir melalui insang, kemudian keluar melalui celah insang. Tiap insang memiliki lengkung insang, tempat filament insang berkaitan. Dua lengkung insang dengan filament. Aliran lawan arah dari air dan darah.
- b. Ikan terus-menerus memompa air melalui mulutnya dan melintasi lengkung insang, menggunakan pergerakan terkoordinasi dari rahang dan operculum ( penutup insang) untuk ventilasi ini.
- c. Gambar labirin pada ikan.

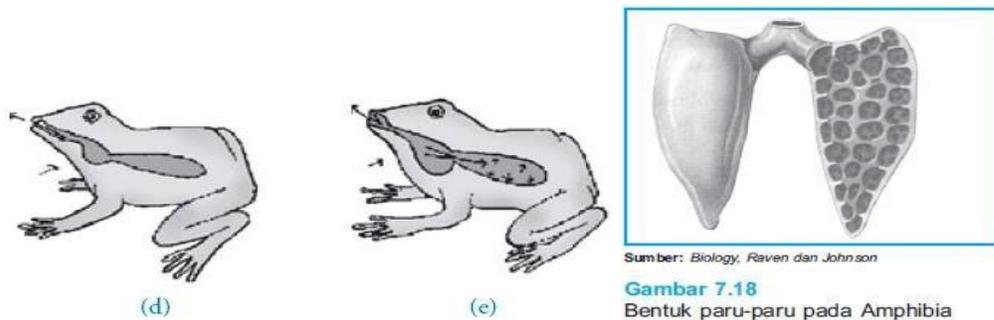
### **Sistem Pernafasan Pada Amfibia**

Seekor amfibia seperti katak memventilasi paru-parunya dengan pernapasan tekanan positif (*positive pressure breathing*) mengembungkan paru-paru dengan aliran udara yang dipaksakan. Selama tahap inhalasi pertama, otot-otot menurunkan dasar rongga mulut amfibia, menarik udara masuk melalui lubang-lubang hidung. Kemudian, dengan lubang-lubang hidung dan mulut yang tertutup, dasar rongga mulut terangkat, memaksa udara menuruni trakea. Selama ekshalasi udara tidak didorong keluar kembali oleh lentingan paru-paru yang elastis dan kompresi dinding tubuh yang berotot. Ketika katak-katak datang menggembungkannya dirinya dalam pameran agresif atau percumbuan, mereka memutuskan siklus pernapasan ini, menghirup udara beberapa kali tanpa menghembuskan napas sama sekali (Campbell dkk, 2008).

Katak merupakan vertebrata yang mengalami metamorfosis. Saat katak masih berupa berudu, hidup di air seperti ikan. Pada saat itu berudu bernapas dengan insang. Mula-mula berupa insang luar, dan setelah berumur lebih kurang 12 hari, insang luar diganti insang dalam. Selanjutnya insang dalam ini akan berkembang menjadi paru-paru, sedangkan insang luarnya berkembang menjadi bagian dari kulit. Setelah mengalami metamorfosis dan menjadi katak, alat pernapasannya berubah menjadi kulit dan paru-paru. Pernapasan dengan kulit berlangsung efektif secara difusi baik di darat maupun di air sedangkan pernafasan paru-paru hanya dilakukan saat berada di darat. Hewan yang memiliki insang luar sepanjang hidupnya adalah salamander.



Biology, Raven dan Johnson



Biology, Raven dan Johnson

Keterangan gambar :

- b. Dengan menurunkan dasar mulut, katak menarik udara ke dalam nostrilnya.
  - c. Hewan menutup nostrilnya dan mengangkat dasar mulut dan tenggoroknya, mendorong udara masuk paru-paru,
  - d. Mengangkat dan menurunkan dasar mulut dengan ritme tertentu membantu pertukaran gas
  - e. Mengontraksi otot dada dan mengangkat dasar mulut mendorong udara keluar dari paru-paru dan katak berekhalasi
  - f. Udara keluar melalui koane
  - g. Bentuk paru-paru pada amfibi
- a. Mekanisme Pernafasan Amphibi
- Fase Inspirasi : Udara bebas masuk melalui celah hidung (koane) ke rongga mulut terus ke paru-paru. Bila otot bawah rahang bawah (sub mandibularis) mengendor maka volume

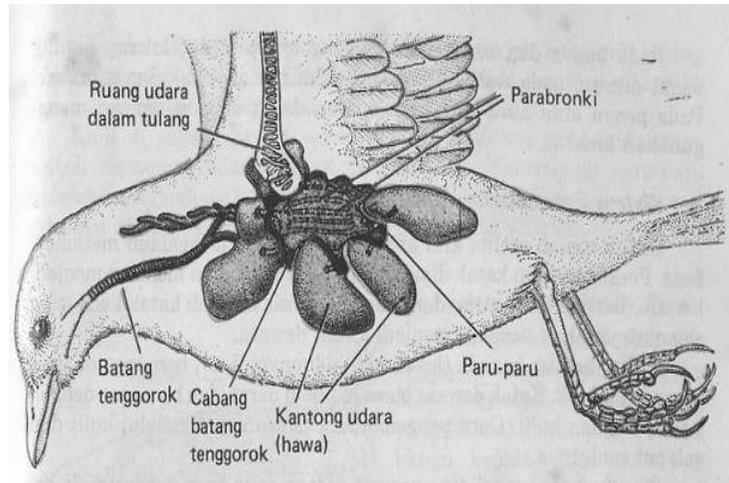
rongga mulut membesar. Selanjutnya udara dari luar akan masuk ke rongga mulut melalui koane. Kemudian koane tertutup, dilanjutkan otot bawah rahang bawah berkontraksi. Akibatnya rongga mulut mengecil, tekanan udara rongga mulut meningkat, sehingga udara dari rongga mulut masuk ke paru-paru. Di dalam paru-paru oksigen berdifusi ke darah kapiler, sedangkan darah kapiler alveolus berdifusi ke luar.

- Fase Ekspirasi : Setelah terjadi terjadi pertukaran gas di dalam paru-paru, otot bawah rahang bawah berelaksasi dan otot perut berkontraksi, sehingga rongga mulut membesar, sementara isi perut menekan paru-paru, sehingga udara dari dalam paru-paru masuk ke rongga mulut. Selanjutnya otot bawah rahang bawah berkontraksi, rongga mulut mengecil, sedangkan tekanannya meningkat sehingga udara akan keluar melalui koane.

### **3. Sistem pernapasan pada Aves (Burung)**

Susunan alat pemapasan burung terdiri atas:

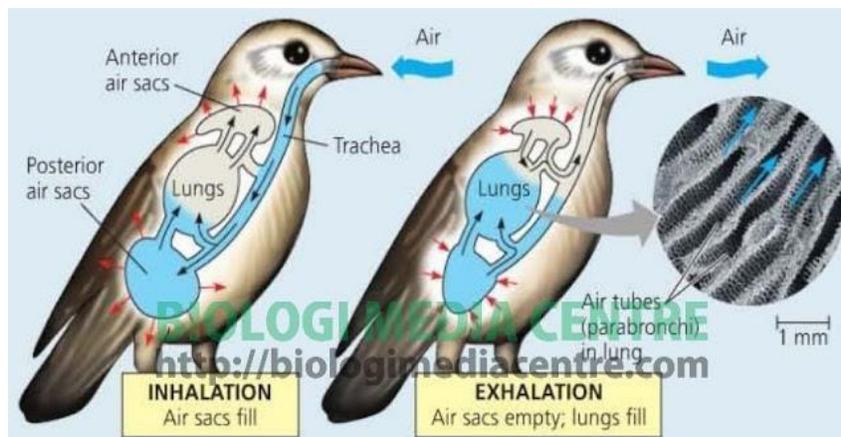
- lubang hidung
- celah tekak atau faring yang menghubungkan rongga mulut dengan trakea
- trakea atau batang tenggorok – di dalam percabangan batang tenggorok terdapat pita suara yang disebut syring
- sepasang paru-paru
- Paru-paru yang ukurannya relatif kecil ini dihubungkan dengan kantong-kantong hawa atau pundi-pundi hawa (sakus pneumatikus). Kantong hawa berfungsi untuk:
  - membantu pemapasan, terutama pada waktu terbang
  - membantu memperbesar ruang siring, sehingga memperkeras suara
  - mencegah hilangnya panas badan secara berlebihan
  - mengatur berat jenis tubuh pada saat burung terbang



<http://www.materisekolah.com/sistem-pernapasan-pada-hewan-invertebrata>

Keterangan gambar :

Sistem respirasi burung. Paru-paru burung dilengkapi dengan sistem kantong udara. Burung menghirup udara dengan mengembangkan otot dada, udara masuk melalui trakea kemudian diteruskan melalui bronkus ke kantong udara.



<http://biologimediacentre.com> Keterangan gambar :

Pengembangan dan pengempisan kantong-kantong udara (anak panah merah) memventilasi paru-paru, mendorong udara kesatu arah melalui tabung-tabung parallel mungil didalam paru-paru yang disebut parabronki (inset, SEM). Selama inhalasi, kedua perangkat kantong udara mengembang. Kantong posterior terisi oleh udara segar(biru) dari luar, sementara kantong anterior terisi oleh udara bekas (abu-abu) dari paru-paru, selama ekshalasi, kedua perangkat kantong udara mengempis, mendorong udara dari kantong posterior kedalam paru-paru, dan udara dari kantong anterior keluar dari sistem

melalui trakea. Pertukaran gas terjadi melintasi dinding parabronki. Dua siklus inhalasi dan ekshalasi diperlukan agar udara melewati seluruh jalur melewati system dan keluar dari tubuh burung.

#### **4. SISTEM PERNAFASAN PADA REPTIL**

Secara umum reptilia bernapas menggunakan paru-paru. contohnya buaya, kadal, ular, kura-kura, komodo dan cicak. Pengambilan oksigen dan pengeluaran karbondioksida terjadi di dalam paru-paru. Keluar masuknya udara dari dan keluar paru-paru karena adanya gerakan- gerakan dari tulang rusuk. Saluran pernapasan terdiri dari lubang hidung, trakea, bronkus dan paru- paru. Lubang hidung terdapat di ujung kepala atau moncong. Pada beberapa reptilia, pengambilan oksigen dibantu oleh lapisan kulit disekitar kloaka.

Secara umum, sebenarnya proses respirasi dari hewan reptil ketika melakukan fase inspirasi dan ekspirasi sungguhlah identik dengan proses pernapasan yang terjadi pada hewan mamalia. Saat fase inspirasi, tulang rusuk akan terangkat dan merenggang sehingga volume rongga dada pun pastinya akan semakin besar. Membesarnya volume rongga dada ini akan membuat udara luar masuk ke paru-paru. Saat fase ekspirasi, tulang rusuk akan melemas dan melakukan relaksasi sehingga volume rongga dada pun pastinya akan semakin kecil. Hal ini akan membuat udara yang berada di paru-paru keluar menuju saluran pernapasan. Khusus hewan reptil yang juga dapat hidup di air semisal buaya, maka akan terdapat katup pada lubang hidung, batang tenggorok, dan kerongkongan mereka sehingga ketika buaya menyelam ke dalam air, air tersebut tidak dapat memasuki saluran pernapasan ataupun sistem pencernaan buaya. Pada kura-kura, proses pernapasan yang dilakukan oleh paru-paru akan dibantu oleh semacam lapisan kulit tipis, dengan banyak kapiler darah disekitar kloaka.

#### **5. SISTEM PERNAFASAN PADA HEWAN MAMALIA**

Proses sistem pernapasan hewan mamalia secara umum sama persis dengan sistem respirasi dari manusia. Hewan yang termasuk dalam hewan mamalia merupakan hewan yang berkembang biak dengan cara melahirkan dan menyusui anaknya seperti misalnya kucing, anjing, sapi, dan lain-lain.

Secara umum, proses pernapasan hewan mamalia ini sama persis dengan manusia, dimana melalui rongga hidung, faring, trakea, bronkus, hingga paru-paru. Pada waktu hewan mamalia menarik nafas, maka secara otomatis otot diafragma akan berkontraksi. Nah, karena otot diafragma berkontraksi, maka otot-otot tulang rusuk juga akan berkontraksi sehingga rongga dada mengembang. Mengembangnya rongga dada akan membuat tekanan dalam rongga dada akan menjadi berkurang, sehingga udara yang dihirup melalui hidung akan masuk ke dalam paru-paru dan membuat paru-paru mengembang. Proses ini dinamakan dengan fase inspirasi pernapasan dada. Selanjutnya terjadi suatu proses yang dinamakan fase ekspirasi pernapasan dada yang ditandai oleh pelepasan udara melalui hidung. Proses ini disebabkan oleh melemasnya otot diafragma dan otot tulang rusuk dan juga dibantu oleh kontraksi dari otot perut. Melemasnya otot diafragma membuat otot diafragma ini akan melengkung keatas, sedangkan tulang rusuk akan menurun yang mengakibatkan rongga dada mengecil dan tekanannya naik. Meningkatnya tekanan rongga dada ini akan membuat udara akan keluar dari paru-paru melalui sistem pernapasan(starr dkk, 2013).

#### **D. Pengertian Hewan Invertebrata**

Hewan invertebrata adalah golongan hewan yang tidak memiliki tulang belakang. Berasal dari bahasa latin yaitu in = tanpa ,dan vertebrae = bertulang belakang. Pada umumnya hewan ini memiliki struktur morfologi, sistem pernafasan dan sistem peredaran darah yang lebih sederhana dari hewan vertebrata.

Hewan invertebrata terdiri atas beberapa filum sebagai berikut :

- a. Porifera
- b. Cnidaria
- c. Molusca
- d. Platyhelminthes
- e. Annelida
- f. Arthropoda
- g. Nemathehelminthes
- h. Echinidermata

## E. Ciri-ciri Hewan Invertebrata

- a. Tidak memiliki dinding sel yang menyokong tubuhnya
- b. Sebagian besar tubuhnya tersusun atas protein struktural kolagen
- c. Memakan bahan organik yang terurai

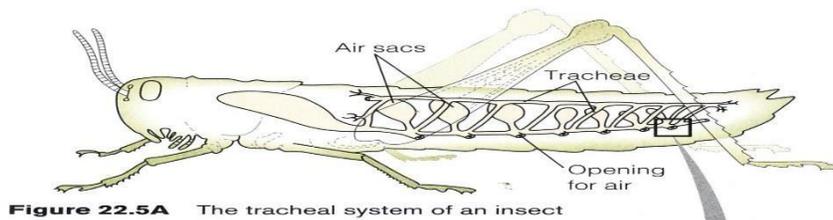
## F. Contoh Pernafasan Pada Hewan Invertebrata

### 1. Sistem Pernafasan pada Porifera

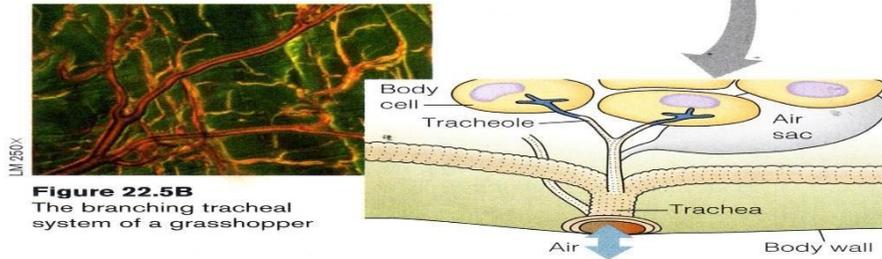
Tubuh hewan filum Porifera tersusun atas banyak sel dan memiliki jaringan yang sangat sederhana. Hewan ini banyak ditemukan di pantai atau di laut porifera tidak memiliki alat pernapasan khusus. Udra pernapasan berlangsung di sel-sel permukaan tubuh atau sel-sel leher yang bersentuhan dengan air. Oksigen yang diambil oleh porifera berasal dari oksigen yang terlarut di dalam air. Hewan filum Cnidaria yang meliputi golongan hewan karang, ubur-ubur, hydra, dan anemone laut, tubuhnya tersusun atas banyak sel dan memiliki jaringan. Cnidaria tidak memiliki alat pernapasan yang lengkap atau khusus. Sel-sel di bagian permukaan tubuhnya dapat melakukan pertukaran gas dengan lingkungannya.

### 2. Sistem Pernafasan pada Belalang

Belalang bernafas menggunakan trakea mekanisme pernapasan pada belalang diatur oleh otot perut (abdomen). Ketika otot perut (abdomen) berelaksasi, volume trakea normal sehingga udara masuk. Sebaliknya, ketika otot abdomen berkontraksi, volume trakea mengecil sehingga udara keluar. Jalur yang dilalui udara pernapasan, yaitu udara luar => stigma/spirakel => saluran/pembuluh trakea => trakeolus => jaringan tubuh. Jadi, sistem trakea berfungsi mengangkut O<sub>2</sub> dan mengedarkannya ke seluruh tubuh, serta sebaliknya mengangkut CO<sub>2</sub> hasil pernapasan untuk dikeluarkan dari tubuh. Dengan demikian, darah pada serangga hanya berfungsi mengangkut sari makanan dan bukan untuk mengangkut udara pernapasan.



**Figure 22.5A** The tracheal system of an insect



**Figure 22.5B**  
The branching tracheal system of a grasshopper

**Figure 22.5C**  
Tracheal connections to body cells

<http://www.materisekolah.com/sistem-pernapasan-pada-hewan-invertebrata>

Keterangan gambar :

- a. Sistem respirasi serangga terdiri dari saluran internal bercabang-cabang yang mengantarkan udara secara langsung kesel-sel tubuh. Cincin-cincin kitting memperkuat saluran terbesar disebut trakea.
- b. Irisan melintang trakeola dalam potongan kecil otot terbang serangga (TEM)
- c. Udara memasuki trakea melalui bukaan-bukaan pada permukaan tubuh serangga dan mengalir kedalam saluran-saluran kecil yang disebut trakeola.

### 3. Sistem pernafasan pada Echinodermata (Bintang Laut)

Filum Echinodermata (dari bahasa Yunani untuk kulit berduri). Echinodermata adalah filum hewan terbesar yang tidak memiliki anggota yang hidup di air tawar atau darat. Hewan-hewan ini juga mudah dikenali dari bentuk tubuhnya: kebanyakan memiliki simetri radial, khususnya simetri radial pentameral (terbagi lima). Walaupun terlihat primitif, Echinodermata adalah filum yang berkerabat relatif dekat dengan Chordata (yang di dalamnya tercakup Vertebrata), dan simetri radialnya berevolusi secara sekunder.

#### 1) Ciri-ciri Echinodermata

- a. Bentuk tubuh dewasanya adalah simetris radial
- b. Bentuk tubuh larvanya adalah simetris bilateral
- c. Kulitnya terdiri atas lempeng-lempeng kapur dan duri-duri kecil pada permukaannya

- d. Merupakan hewan pemakan sampah laut
- e. Pergerakannya dengan sistem ambulakral
- f. Saluran pencernaan masih sederhana
- g. Sistem syaraf dengan batang cincin yang bercabang ke arah radial.

## 2) Sistem Pernafasan dan Ekskresi

Echinodermata bernafas menggunakan paru-paru kulit atau dermal branchiae (Papulae) yaitu penonjolan dinding rongga tubuh (selom) yang tipis. Tonjolan ini dilindungi oleh silia dan pediselaria. Pada bagian inilah terjadi pertukaran oksigen dan karbondioksida. Ada pula beberapa jenis Echinodermata yang bernafas dengan menggunakan kaki tabung. Sisa-sisa metabolisme yang terjadi di dalam sel-sel tubuh akan diangkut oleh amoebocyte (sel-sel amoeboid) ke dermal branchiae untuk selanjutnya dilepas ke luar tubuh (Ryan, 1997).

## **BAB XI**

### **SISTEM REPRODUKSI**

Reproduksi aseksual maupun reproduksi seksual terjadi pada hewan. Reproduksi aseksual menghasilkan keturunan yang semua gennya berasal dari satu induk. Reproduksi seksual memerlukan penyatuan gamet jantan dan gamet betina untuk membentuk suatu zigot. Mekanisme reproduksi aseksual yang beraneka ragam membuat hewan mampu menghasilkan keturunan yang identik. Pembelahan, pertunasan dan fragmentasi dengan regenerasi adalah mekanisme reproduksi aseksual pada berbagai invertebrata. Siklus dan pola reproduksi hewan sangat bervariasi. Hewan dapat bereproduksi secara seksual atau aseksual saja, variasi pada kedua modus ini karena adanya parthenogenesis, hermafroditisme dan hermafroditisme sekuensial.

Mekanisme reproduksi seksual pada fertilisasi eksternal, telur yang dilepaskan oleh betina dibuahi atau difertilisasi oleh sperma, pada fertilisasi internal telur dan sperma menyatu didalam tubuh betina. Baik fertilisasi eksternal maupun internal bergantung pada mekanisme yang menjamin. Spesies yang melakukan fertilisasi internal umumnya menghasilkan zigot yang lebih sedikit, tetapi memberikan lebih banyak perlindungan parental dibandingkan dengan spesies yang melakukan fertilisasi eksternal. Sistem reproduksi yang kompleks telah dievolusikan pada banyak filum hewan, sistem reproduksi berkisar mulai dari produksi gamet oleh sel-sel yang belum terdiferensiasi dalam rongga tubuh hingga kesusunan kompleks gonad jantan dan betina dengan tuba dan kelenjar aksesoris yang membawa dan melindungi gamet dan embrio yang sedang berkembang.

Hewan mempunyai dua sistem komunikasi internal dan regulasi yaitu sistem saraf dan sistem endokrin. Sistem saraf yaitu sistem yang mengirimkan sinyal dengan kecepatan tinggi disepanjang sel-sel khusus yang disebut neuron. Secara keseluruhan semua sel penghasil hormon pada seekor hewan menyusun sistem endokrin. Organ pengsekresi hormone disebut sebagai kelenjar endokrin.

Kelenjar endokrin merupakan kelenjar yang tidak mempunyai saluran pembuangan. Oleh karena itu sekretnya disebut hormon, yang dilepaskan secara langsung ke pembuluh darah, hanya jaringan atau organ tertentu saja yang responsif terhadap suatu hormon dan jaringan atau organ tersebut dinamakan jaringan atau organ target. Sistem endokrin bersama-sama dengan saraf yang berfungsi untuk mengkoordinasi dan mengintegrasikan fungsi-fungsi tubuh. Kelenjar buntu atau tanpa

duktus (ductless gland) karena mengekresikan pembawa pesan kimiawinya secara langsung kedalam cairan tubuh. Sebaliknya kelenjar endokrin mensreksikan zat kimia seperti keringat, mukus dan enzim pencernaan kedalam duktus yang nanti akan mengalirkan produk itu ke lokasi yang tepat.

## 1. Gambaran Umum

Gambaran secara umum reproduksi hewan sebagai berikut :

### a. Baik reproduksi aseksual maupun reproduksi seksual terjadi pada kingdom hewan

Dua modus utama reproduksi pada hewan :

- Reproduksi aseksual (tanpa seks)

Reproduksi aseksual adalah penciptaan individu baru semua gen nya berasal dari satu induk tanpa peleburan telur dan sperma. Reproduksi aseksual secara keseluruhan mengandalkan pembelahan sel secara mitosis.

- Reproduksi seksual

Reproduksi seksual adalah penciptaan keturunan melalui peleburan gamet haploid untuk membentuk zigot (telur yang dibuahi) yang diploid. Gamet dibentuk melalui meiosis. Gamet betina, ovum (telur yang belum dibuahi), umumnya adalah sel yang relatif lebih besar dan tidak motil. Gamet jantan, spermatozoon, umumnya adalah sel yang kecil namun motil. Reproduksi seksual meningkatkan keragaman genetik diantara keturunan dengan cara membangkitkan kombinasi unik gen yang diwariskan dari dua induk. Dengan menghasilkan keturunan yang mempunyai fenotipe beraneka ragam, reproduksi seksual bisa meningkatkan keberhasilan reproduksi induk ketika patogen atau faktor lingkungan lain berubah relatif cepat.

### b. Mekanisme reproduksi aseksual yang beraneka ragam membuat hewan mampu menghasilkan keturunan yang identik secara cepat

Banyak invertebrata dapat bereproduksi secara aseksual dengan cara pembelahan (fission), yaitu pemisahan sebuah induk menjadi dua atau lebih individu dengan ukuran yang kira-kira sama. Juga umum ditemukan diantara invertebrate, pertunasan (budding) yang melibatkan proses pemisahan individu baru dari individu yang sudah ada, sebagai contoh pada hewan cnidaria dan tunikata tertentu, individu baru tumbuh keluar dari tubuh seekor induk. Keturunan itu bisa memisahkan diri dari induk atau masih bisa tetap menempel padanya dan akhirnya membentuk koloni yang

besar. Karang batu yang bisa berdiameter lebih dari satu meter adalah koloni cnidarian yang terdiri dari atas beberapa ribu individu yang saling berhubungan dalam reproduksi aseksual bentuk lain, beberapa invertebrate melepaskan sekelompok sel-sel khusus yang dapat tumbuh individu baru. Sebagai contoh, gemula (gemmule) dari spons dan terbentuk ketika sel-sel dari berbagai jenis bermigrasi didalam spons itu dan kemudian dikelilingi oleh suatu lapisan pelindung.

Menjadi beberapa bagian, dan beberapa atau semuanya berkembang menjadi individu dewasa yang lengkap. bagi hewan untuk dapat bereproduksi dengan cara ini, fragmentasi harus disertai dengan regenerasi, yaitu pertumbuhan kembali bagian tubuh yang hilang itu. Reproduksi melalui fragmentasi dan regenerasi terjadi pada hewan spons, cnidarian, annelida polikaeta dan tunikata. Banyak hewan lain juga dapat menggantikan anggota tubuh yang hilang dengan cara regenerasi misal pada bintang laut dari genus *Linckia*, individu baru bisa tumbuh dan berkembang dari sepotong lengan. Dengan demikian, satu hewan dengan lima lengan jika diputuskan semuanya, secara aseksual dapat menghasilkan lima keturunan.

c. *Siklus dan pola reproduksi hewan sangat bervariasi*

Sebagian besar hewan memperlihatkan siklus yang jelas dan pasti dalam aktivitas reproduksi yang seringkali dikaitkan dengan perubahan musim. Sifat periodic reproduksi memungkinkan hewan untuk menghemat sumber daya dan menghasilkan keturunan ketika lebih banyak energi tersedia dibandingkan dengan yang diperlukan untuk pemeliharaan kondisi dan ketika kondisi lingkungan mendukung kelangsungan hidup keturunan, domba betina misalnya mempunyai siklus reproduksi selama 15 hari dan berevolusi pada pertengahan setiap siklus.

Hewan dapat bereproduksi hanya secara aseksual atau seksual atau bisa bergantian melakukan kedua modus tersebut. pada avid (aphid, kutu daun), rotifer dan krustase air tawar daphnia, setiap betina dapat menghasilkan dua jenis telur tergantung pada kondisi lingkungan misalnya waktu dalam setahun. Satu jenis telur dibuahi, tetapi jenis telur yang lain berkembang dengan cara parthenogenesis, yaitu proses perkembangan telur tanpa dibuahi. Hewan dewas yang dihasilkan melalui parthenogenesis seringkali haploid, dan sel-selnya tidak mengalami meiosis dalam pembentukan telur-telur baru. Dalam kasus daphnia, pergantian dari reproduksi seksual ke reproduksi aseksual seringkali berkaitan dengan musim. Reproduksi aseksual terjadi pada kondisi

yang menguntungkan dan reproduksi seksual terjadi pada kondisi yang menguntungkan dan reproduksi seksual terjadi selama adanya cekaman lingkungan.

Partenogenesis mempunyai peranan dalam organisasi sosial spesies tertentu dari lebah, tawon, dan semut. Lebah madu jantan atau dinamakan drone, dihasilkan secara partenogenesis, sementara lebah madu betina baik pekerja yang steril maupun betina yang reproduktif (ratu), berkembang dari telur yang dibuahi (Campbell dkk, 2004.)

## 2. Mekanisme Reproduksi Seksual

Mekanisme reproduksi seksual sebagai berikut :

- a. *Baik fertilisasi internal maupun eksternal bergantung pada mekanisme yang menjamin bahwa sperma dewasa menemukan telur yang fertil dari spesies yang sama*

1. Pembentukan gamet

Tidak seperti tumbuhan, pada hewan tidak terdapat pergiliran generasi haploid dan diploid. Fertilisasi tetap didahului oleh meiosis, sedang hasil meiosis adalah gamet itu sendiri. Produksi sel kelamin atau gamet, melibatkan meiosis yang berlangsung didalam gonad (testis atau ovarium) melalui proses gametogenesis. Pada semua hewan dihasilkan heterogamet. Untuk dapat melakukan fungsinya secara efektif, gamet harus motil dan mengandung cadangan makanan untuk energi dan bahan untuk perkembangan embrio. Kedua syarat ini tidak dapat disatukan sehingga diadakan penyesuaian (pembagian tugas) satu gamet yaitu sperma bersifat motil, kecil dan gamet lainnya yaitu telur dibekali dengan persediaan makanan.

Sperma dihasilkan dalam testis oleh sel khusus yang disebut spermatogonia melalui proses yang disebut spermatogenesis. Spermatogonia yang bersifat diploid ini dapat membelah diri secara mitosis membentuk spermatogonia baru atau dapat berubah langsung menjadi spermatosis. Spermatosis bermeiosis dan menghasilkan empat sel haploid yaitu spermatid. Spermatid melalui proses spermiogenesis (*remodeling*) kemudian hampir kehilangan semua stoplasma dan berkembang menjadi sperma berflagelum. Sebuah sel sperma terdiri atas badan dari flagellum dan menyediakan energi untuk pergerakan.

Telur dihasilkan dalam ovarium oleh oogenia melalui proses oogenesis. Oogenia yang bersifat diploid membelah secara mitosis menghasilkan sel oogenia tambahan yang ada pada kebanyakan hewan akuatik dan amfibia proses tersebut terjadi sekali setahun. Pada kebanyakan vertebrata, pembelahan meiosis kedua hanya sampai pada metafase kemudian berhenti. Pada waktu ini telur siap lepas dari folikel melalui proses ovulasi. Masa hidup sperma dan telur biasanya dinyatakan dalam hitungan jam. Selanjutnya sperma dapat berenang dalam jarak terbatas dan tertentu. Meskipun demikian, karena sebagian besar hewan mempunyai kemampuan untuk bergerak dan sperma biasanya dapat dilepaskan dekat telur. Adapun persyaratan lain untuk pergerakan sperma dan terjadinya fertilisasi dengan baik yaitu adanya lingkungan yang basah.

## 2. Mempertemukan gamet

Fertilisasi dapat terjadi langsung dalam air setelah induk melepaskan gamet (fertilisasi eksternal). Kehidupan di darat menimbulkan persoalan tersendiri dalam upaya mempertemukan gamet dan melindunginya dari kekeringan. Melalui kopulasi, alat khusus reproduksi jantan dan betina yang nantinya sperma jantan akan ditampung dalam penampungan sperma sampai betina siap meletakkan telurnya dan telur-telur tersebut akan dibuahi oleh sperma tadi yang nantinya akan diselesaikan didalam tubuh betina yang basah. Vertebrata darat yang pertama adalah amfibia, seperti namanya mereka bisa bertahan hidup di air dan di darat salah satu contohnya adalah kodok benggala jantan, kebanyakan kodok kembali kedalam air untuk melakukan reproduksi seksual, dimana kodok jantan akan meletakkan spermanya diatas telur kodok betina didalam air, sehingga pada spesies ini kopulasi sebenarnya tidak pernah terjadi.

Reptilia adalah vertebrata pertama yang mampu hidup didaratan sesungguhnya. Hewan-hewan ini mempunyai adaptasi struktur dan fisiologi penting yang memungkinkannya hidup meskipun dalam iklim panas dan kering. Seperti untuk reproduksi seksual persoalan untuk gamet dapat diatasi dengan fertilisasi internal (Halimatusyahdia dkk, 2018).

Fertilisasi internal juga memerlukan sistem reproduksi yang canggih termasuk organ kopulasi yang mengirimkan sperma dan reseptakel atau penyangga untuk penyimpanannya dan pengangkutannya menuju telur yang matang. Karena fertilisasi eksternal memerlukan suatu lingkungan dimana sebuah telur dapat berkembang tanpa kekeringan atau cekapan panas, maka fertilisasi jenis tersebut terjadi hampir secara

eksklusif dihabitat yang lembab. Banyak invertebrata akuatik hanya sekedar melepaskan telur dan spermanya kedalam lingkungan sekitar dan fertilisasi terjadi tanpa adanya kontak fisik yang sesungguhnya diantara kedua induk.

Banyak ikan dan amfibia yang melakukan fertilisasi eksternal yang memperlihatkan perilaku kawin yang spesifik yang berakhir dengan seekor jantan membuahi telur-telur seekor betina. Petunjuk lingkungan seperti suhu atau bisa menyebabkan semua individu yang terdapat dalam populasi itu melepaskan gamet secara bersamaan atau sinyal kimiawi dari satu individu yang melepaskan gamet pada individu lain. Feromon adalah sinyal kimiawi yang dihasilkan oleh suatu organisme yang memengaruhi perilaku individu lain dari spesies yang sama.

- b.** *Spesies yang melakukan fertilisasi internal umumnya menghasilkan zigot yang lebih sedikit, tetapi memberikan lebih banyak perlindungan parental dibandingkan dengan spesies yang melakukan fertilisasi eksternal.*

Semua spesies menghasilkan lebih banyak anak dibandingkan dengan yang bertahan hidup sehingga mencapai usia reproduktif. Spesies yang melakukan fertilisasi eksternal umumnya menghasilkan banyak sekali zigot, tetapi perbandingan yang bertahan hidup dan berkembang lebih lanjut seringkali sangat sedikit jumlahnya. Fertilisasi internal umumnya menghasilkan lebih sedikit zigot, tetapi hal tersebut bisa diimbangi oleh perlindungan yang lebih besar dari embrio, pemeliharaan dan pengawasan yang lebih besar atas anak oleh induk betina, pemeliharaan telur dan keturunan oleh induk.

Banyak spesies hewan terestrial menghasilkan telur yang tahan menghadapi lingkungan yang keras. Burung, reptilia dan monotremata mempunyai telur beramnion dengan cangkang kalsium dan protein yang menahan hilangnya air dan kerusakan fisik. Sebaliknya, telur-telur ikan dan amfibia hanya mempunyai lapisan pelindung bergelatin.

Banyak hewan yang menahan embrio mensekresi suatu mantel pelindung disekitar telur itu. Embrio tersebut berkembang didalam saluran reproduksi betina. Diantara mamalia, seperti kanguru dan possum menahan embrionya selama periode singkat dalam uterus, embrio itu kemudian merangkak keluar dan menyelesaikan perkembangan fetus (janin) nya dengan cara melekat pada kelenjar susu dalam kantung induknya. Embrio mamalia euteria (mamalia berplasenta)

berkembang secara keseluruhan didalam uterus dengan diberi makan oleh aliran darah induk melalui organ khusus yaitu plasenta.

Ketika seekor anak kanguru merangkak keluar dari kantung induknya untuk pertama kali, ia masih belum mampu hidup bebas dan mandiri, tetapi pemeliharaan anak oleh induk jauh lebih luas. Pada satu spesies katak tropis misalnya, jantan membawa kecebong dalam lambungnya sampai kecebong - kecebong itu bermetamorfosis dan melompat keluar sebagai katak muda dan terdapat banyak kasus pengasuhan anak oleh induk diantara invertebrata.

### **3. Sistem Reproduksi Yang Kompleks telah Dievolusikan Pada Banyak Filum Hewan**

Untuk bereproduksi secara seksual, hewan harus mempunyai sistem yang menghasilkan dan mengirimkan gamet dari satu jenis kelamin kegamet dengan jenis kelamin yang lain yang berbeda. Sistem reproduksi tersebut sangat beraneka ragam, sistem yang paling sederhana bahkan sama sekali tidak mempunyai gonad yang jelas, yaitu organ yang menghasilkan gamet pada sebagian besar hewan. Sistem reproduksi yang paling kompleks mempunyai banyak kumpulan saluran dan kelenjar aksesoris yang membawa dan melindungi gamet dan embrio yang sedang berkembang. Banyak hewan yang tubuhnya relatif sederhana dan mempunyai sistem reproduksi yang sangat kompleks. Misalnya pada sistem reproduksi cacing pipih merupakan salah satu yang paling kompleks dalam kingdom hewan.

Salah satu sistem yang tidak terlalu kompleks adalah sistem cacing polikaeta (*Filum Annelida*). Sebagian besar polikaeta mempunyai jenis kelamin yang terpisah tetapi tidak mempunyai gonad yang jelas, telur dan spermanya berkembang dari sel-sel yang belum berdiferensiasi yang melapisi rongga tubuh (*Selom, Coelom*). Setelah gamet dewasa, gamet dilepaskan dari dinding tubuh dan mengisi selom. Tergantung pada spesies, gamet dewasa bisa dilepaskan melalui lubang ekskresi atau massa telur yang membengkak itu memecahkan tubuh sehingga terbuka, membunuh induk dan menumpahkan telur-telurnya.

Sebagian besar serangga mempunyai jenis kelamin yang terpisah dengan sistem reproduksi yang kompleks. Pada jantan, sperma berkembang dalam sepasang testes dan dialirkan sepanjang duktus (saluran) yang melilit menuju dua

veskula seminalis, tempat sperma akan disimpan. Selama perkawinan, sperma diejakulasi kedalam sistem reproduksi betina. Pada betina, telur berkembang dalam sepasang ovarium dan dialirkan melalui duktus ke vagina, dimana fertilisasi terjadi. Pada banyak spesies, sistem reproduksi betina meliputi spermateka yaitu sebuah kantung tempat sperma disimpan didalamnya selama satu tahun atau lebih.

Bangun dasar semua sistem reproduksi vertebrata sangat mirip, tetapi terdapat beberapa variasi penting. Pada vertebrata yang bukan mamalia, sistem pencernaan, sistem ekskresi, dan sistem reproduksi mempunyai satu pembukaan yang sama ke bagian luar tubuh yaitu kloaka yang kemungkinan sudah ada pada leluhur vertebrata. Sebaliknya, sebagian besar mamalia tidak memiliki kloaka dan mempunyai lubang terpisah untuk saluran pencernaan dan sebagian besar mamalia betina mempunyai lubang terpisah untuk sistem ekskresi dan juga untuk sistem reproduksi. Uterus sebagian besar vertebrata sebagian atau seluruhnya terbagi kedalam dua ruang. Akan tetapi, pada manusia dan mamalia hanya menghasilkan beberapa anak pada satu waktu dan pada burung dan juga ular, uterus merupakan suatu struktur tunggal. Sistem reproduksi jantan banyak berbeda dalam organ kopulasi. Banyak vertebrata nonmamalia tidak mempunyai penis yang berkembang baik dan hanya sekedar membuka kloaka untuk ejakulasi (Campbell Reece-Mitchell, 2004).

#### **4. Sistem Endokrin**

Kata hormon berasal dari awal 1900-an. Ahli fisiologi W. Bayliss dan E. Starling berusaha menemukan zat yang menstimulasi sekresi cairan pankreas ketika makanan bergerak melalui usus anjing. Ketika mereka mengetahuinya, asam bercampur dengan makanan di dalam lambung. Bayliss dan Starling memblokir saraf tetapi tidak pembuluh darah ke usus kecil di laboratorium hewani. Pankreas tetap merespons ketika makanan asam dari lambung memasuki usus kecil. Pankreas bahkan merespon terhadap ekstrak sel dari lapisan usus, yang merupakan epitelium kelenjar. Beberapa zat yang dihasilkan oleh sel kelenjar memberi sinyal kepada pankreas untuk memulai sekresinya. Starling memberikan istilah hormon untuk sekresi kelenjar. Kelenjar dan sumber hormon lainnya secara kolektif menunjukkan sistem endokrin hewan (Starr, dkk, 2013).

Hormon adalah zat kimia yang dihasilkan oleh organ yang spesifik yang dilepaskan ke pembuluh darah untuk memengaruhi organ yang lain baik dekat maupun jauh. Endokrin yaitu langsung ke pembuluh darah (hemokrin). Sistem endokrin terdiri dari beberapa kelenjar. Morfologi umum dari kelenjar endokrin adalah beberapa ductus. Ductus – ductus ini akan melepaskan sekretnya secara langsung ataupun tidak langsung system atau ductus lain (Haviz, 2013).

Persinyalan kimiawi oleh hormon adalah fungsi dari sistem endokrin (endocrine system), salah satu dari dua sistem dasar untuk komunikasi dan regulasi di seluruh tubuh. Hormon – hormon yang di sekresikan oleh sel sel endokrin meregulasi reproduksi, perkembangan, metabolisme energi, pertumbuhan dan perilaku. Hormon – hormon yang disekresikan ke dalam cairan ekstraselular oleh sel sel endoktrin mencapai sel-sel target melalui aliran darah (hemolimfe). Beberapa sel-sel sistem endokrin dijumpai dalam organ-organ yang merupakan bagian dari sistem-sistem organ yang lain. Misalny didalam sistem pencernaan dan ekskresi, lambung dan ginjal sama-sama memiliki sel-sel endokrin. Sel – sel endokrin yang lain mengelompok dalam organ – organ tak bersaluran yang disebut kelenjar endokrin (endocrine gland).

Seperti sel endokrin yang terisolasi, kelenjar endokrin menyekresikan hormon secara langsung ke dalam cairan sekitar. Dengan demikian, kelenjar endokrin berlawanan dengan kelenjar eksokrin (exocrine gland), misalnya kelenjar ludah, yang memiliki saluran pengangkut zat – zat hasil sekresi ke permukaan tubuh atau ke dalam rongga tubuh. Dalam persinyalan endokrin, molekul – molekul hasil sekresi berdifusi kedalam aliran darah dan memicu respons dalam sel – sel target dimana pun (Campbell, 2008).

Sistem endokrin dan sistem saraf berhubungan dekat. Kedua sel neuron dan endokrin berasal dari lapisan ektodermal embrio. Keduanya merespons terhadap hipotalamus. Kebanyakan organ menerima dan merespons terhadap kedua sinyal saraf dan hormon. Hormon mempengaruhi perkembangan otak keduanya sebelum dan sesudah kelahiran. Hormon dapat juga memengaruhi proses saraf seperti siklus tidur, bangun emosi, suasana hati, dan ingatan. Sebaliknya sistem saraf memengaruhi sekresi hormon. Contohnya saat stress sinyal saraf menyebabkan meningkat sekresi beberapa hormon dan penurunan sekresi hormon lain.

Sistem endokrin disebut juga sistem kelenjar buntu, yaitu kelenjar yang tidak

mempunyai saluran khusus untuk mengeluarkan sekretnya. Sekret dari kelenjar endokrin disebut hormon. Hormon berasal dari kata hormaein yang artinya “membangkitkan”. Hormon berperan dalam mengatur berbagai aktivitas dalam tubuh hewan, antara lain aktivitas pertumbuhan, reproduksi, osmoregulasi, pencernaan, dan integrasi serta koordinasi tubuh. Ciri – ciri hormon adalah :

1. Hormon diproduksi dan disekresikan ke dalam darah oleh sel kelenjar endokrin dalam jumlah yang sangat kecil.
2. Hormon diangkut oleh darah menuju sel (jaringan target).
3. Hormon mengadakan interaksi dengan reseptor khusus yang terdapat di sel target.
4. Hormon mempunyai pengaruh mengaktifkan enzim khusus.
5. Hormon mempunyai pengaruh tidak hanya terhadap satu sel target, tapi juga dapat mempengaruhi beberapa sel target yang berlainan (Starr. dkk. 2013).

## DAFTAR PUSTAKA

- Alkatiri, Saleh. 1996. *Kajian ringkas biologi*. Surabaya : Airlangga University press.
- Campbell, dkk. 2004. *Biologi Edisi Kelima Jilid 3*. Jakarta: Erlangga.
- Fahn, A. (1982). *Plant anatomy* (p. 544pp).
- Kimball, J. W. (1999). *Biology*. Kimball, John W..
- Marianti,A& Sumadi. 2007. *Biologi Sel*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Miller, S. A., Harley, J. P., Aloï, J., & Erickson, G. (2002). *Zoology*. New York: McGraw-Hill.
- Parakkasi.1980. *Ilmu Gizi dan Makanan Ternak*. Bandung:Angkasa
- Sloane Ethel.2003. *Anatomi dan Fisiologi Untuk Pemula*. Jakarta:EGC.
- Syafi`i, A.2006. **KRITIK ISLAM ATAS TEORI EVOLUSI DARWIN**
- Thenawidjaja, M. 1982. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: PT. Glora Aksara Pratama
- Wijana, N. *Biologi Dasar*. Yogyakarta: Innosain
- Ville, Claude dkk. 2009. *Zoologi Umum*. Jakarta: Erlangga.