



**Buku Ajar**

# **BIOLOGI**

**Dra. Lina Lustiana, M.Kes**

# ***BUKU AJAR BIOLOGI***

Penulis: Dra.Lina Listiana,M.Kes

Editor: Vela Rahamyani

Desain Cover : Lukman

Tata Letak: Nurhidayatullah

Terbitan Pertama, September 2017  
xiii + 233 halaman  
14,8 cm x 21 cm

**ISBN: 978-979-98658-8-5**



# Prakata

## **Mengapa buku ini ditulis?**

Mata kuliah Biologi Umum merupakan mata kuliah dasar yang merupakan prasyarat untuk mata kuliah selanjutnya di jurusan/program studi Pendidikan :Biologi. Selama ini pengalaman penulis mengampu mata kuliah Biologi Umum, dalam perkuliaan mahasiswa belum mempunyai hand out atau buku ajar, walaupun banyak literature lain atau text Book Biologi Umum yang digunakan sebagai acuan dalam perkuliahan. Dari banyak buku acuan belum ada yang secara detail mendeskripsikan tentang tujuan yang ingin dicapai setelah pembelajarn berakhir. Oleh karena itu sangat tepat dengan ditulisnya buku ini untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa dan mengatasi kesulitan belajar sehingga tercapai tujuan kompetensi pembelajaran.

## **Siapa khalayak pengguna buku ini?**

Sararan utama pengguna buku ini adalah mahasiswa jurusan/program studi Pendidikan Biologi, Jurusan Biologi, jurusan sains (IPA) atau khalayak umum di seluruh Indonesia.

## **Bagaimana struktur buku ini?**

Buku ini berisi uraian materi biologi secara umum, yang terdiri atas sepuluh bab dengan struktur setiap bab memuat kompetensi dasar, indikator kompetensi, uraian materi, rangkuman, bahan diskusi, rujukan pengayaan dan latihan soal-soal. Adapun ringkasan isi dari masing-masing bab disajikan di bawah ini :

- Bab 1 **Hakekat Sains.** Membahas tentang hakekat sains, metode ilmiah, aspek sains, tujuan sains, ketrampilan sains, filsafat sains dan bahasa sains.
- Bab 2 **Asal Usul Makhluk Hidup.** Membahas tentang konsep tentang kehidupan, asal mula kehidupan pada tingkat molekuler dan cirri-ciri makhluk hidup.
- Bab 3 **Sel Sebagai Struktur Dasar Kehidupan.** Membahas tentang sejarah dan teori sel, protoplasma sebagai substansi dasar makhluk hidup, dan sel sebagai unit structural kehidupan.

- Bab 4 **Sel sebagai Penyusun Tubuh MakhluK Hidup.** Membahas tentang pengertian jaringan, system jaringan pada tumbuhan, dan system jaringan pada hewan.
- Bab 5 **Metabolisme.** Membahas tentang pengertian metabolisme, enzim, katabolisme dan anabolisme.
- Bab 6 **Ekologi, Ekosistem dan Lingkungan.** Membahas tentang konsep ekologi dan ekosistem serta siklus unsure-unsur kimia di alam.
- Bab 7 **Klasifikasi dan Keanekaragaman Tumbuhan.**  
Membahas tentang prinsip-prinsip klasifikasi, dan keanekaragaman tumbuhan.
- Bab 8 **Keanekaragaman Hewan.**  
Membahas tentang keanekaragaman dunia hewan invertebrata dan vertebrata.
- Bab 9 **Fisiologi Tumbuhan.** Membahas tentang transport pada tumbuhan, respirasi tumbuhan, osmoregulasi dan kebutuhan nutrisi pada tumbuhan.
- Bab 10 **Fisiologi Hewan.** Membahas tentang proses-proses yang terjadi dalam tubuh yaitu system pencernaan, system rangka (skelet), system pernapasan, system pengeluaran, system syaraf, system indera dan system transportasi.

### **Bagaimana menggunakan buku ini?**

Buku ini dibuat untuk memudahkan belajar mahasiswa, karena dalam buku ini dirancang agar mahasiswa diberi kesempatan dan difokuskan untuk berlatih setelah selesai membahas satu uraian materi, dengan disajikannya beberapa pertanyaan dalam “bahan diskusi” dan “latihan soal-soal”. Selanjutnya untuk menggunakan buku ini diharapkan dimulai dengan melihat Standar kompetensi dan kompetensi dasar yang menjadi tujuan dalam pembelajaran, selanjutnya memahami uraian materi disini diharapkan dosen menggunakan strategi pembelajaran yang aktif dengan berbagai metode yang inovatif sehingga tidak memberi kesan membosankan, berikutnya mahasiswa berlatih menyelesaikan permasalahan secara berkelompok yang tertuang dalam bahan diskusi. Dan pada bagian akhir pembelajaran mahasiswa dapat mengerjakan latihan soal-soal sebagai evaluasi untuk mengetahui ketercapaian kompetensi pembelajaran.

Terakhir, harapan penulis mudah-mudahan buku ini dapat diterima oleh semua khalayak pengguna, bermanfaat dan membantu dalam perkuliahan. Tentu saja buku ini masih sangat jauh dari kesempurnaan oleh karenanya besar harapan penulis untuk memperoleh saran dan masukkan untuk perbaikan buku ini dari para pakar biologi serta dari pembaca.

Surabaya, September 2012

Penulis

# Daftar Isi

Prakata .....	iii
Daftar isi .....	v
Daftar Tabel .....	vii
Daftar Bagan .....	vii
Daftar Gambar .....	viii

## **BAB 1**

HAKIKAT SAINS .....	1
1.1 Pengertian Sains .....	1
1.2 Metode Ilmiah .....	2
1.3 Aspek Sains .....	5
1.4 Ketrampilan Proses Sains .....	6
1.5 Tujuan Sains .....	8
1.6 Nilai-nilai Sains .....	9
1.7 Filsafat Ilmu atau Sains .....	12
1.8 Bahasa Sains .....	14

## **BAB 2**

ASAL USUL MAKHLUK HIDUP .....	17
2.1 Konsep Tentang Kehidupan .....	17
2.2 Asal Mula Kehidupan pada Tingkat Molekuler .....	22
2.3 Ciri-ciri Makhluk Hidup .....	27

## **BAB 3**

SEL SEBAGAI STRUKTUR DASAR KEHIDUPAN .....	35
3.1 Sejarah dan Teori Sel .....	35
3.2 Protoplasma sebagai Substansi Dasar Makhluk Hidup .....	36
3.3 Sel sebagai Unit Struktural Kehidupan .....	41

## **BAB 4**

SEL SEBAGAI PENYUSUN TUBUH MAKHLUK HIDUP .....	59
4.1 Pengertian Jaringan .....	59
4.2 Sistem Jaringan pada Tumbuhan .....	59
4.3 Sistem Jaringan pada Hewan .....	68

## **BAB 5**

METABOLISME .....	75
5.1 Pengertian Metabolisme .....	75
5.2 Enzim (Biokatalisator).....	76
5.3 Katabolisme .....	79
5.4 Anabolisme .....	84

**BAB 6**

EKOLOGI, EKOSISTEM DAN LINGKUNGAN .....	91
6.1 Konsep Ekologi dan Ekosistem .....	91
6.2 Siklus Unsur-unsur Kimia .....	97

**BAB 7**

KLASIFIKASI DAN KEANEKARAGAMAN TUMBUHAN .....	107
7.1 Prinsip-prinsip Klasifikasi .....	107
7.2 Keanekaragaman Tumbuhan .....	112

**BAB 8**

KEANEKARAGAMAN HEWAN .....	123
8.1 Invertebrata .....	123
8.2 Vertebrata .....	133

**BAB 9**

FISIOLOGI TUMBUHAN .....	141
9.1 Transpor pada Tumbuhan .....	141
9.2 Respirasi Tumbuhan .....	147
9.3 Osmoregulasi pada Tumbuhan .....	148
9.4 Kebutuhan Nutrisi pada Tumbuhan .....	150

**BAB10**

FISIOLOGI HEWAN .....	155
10.1 Sistem Pencernaan .....	155
10.2 Sistem Rangka (Skelet) .....	162
10.3 Sistem Pernapasan .....	167
10.4 Sistem Pengeluaran .....	167
10.5 Sistem Saraf .....	177
10.6 Sistem Indera .....	182
10.7 Sistem Transportasi .....	188

Daftar Pustaka .....	199
Glosarium .....	203
Indeks .....	213
Biodat Penulis .....	221

# Daftar Tabel

- Tabel 7.1 Klasifikasi Beberapa Organisme Umum .....
- Tabel 7.2 Perbedaan Tanaman Dikotil dan Monokotil....
- Tabel 10.2 Komposisi Udara Keluar Masuk Paru-paru ....

# Daftar Gambar

Gambar 2.1	Lingkungan Hidup .....	18
Gambar 2.2	Lalat Hijau, Mikroskop dan Ikan air tawar ....	20
Gambar 2.3	Percobaan Francesco Redi.....	21
Gambar 2.4	Percobaan Louis Pasteur .....	22
Gambar 2.5	Tata Surya .....	23
Gambar 2.6	Alexander Oparin .....	24
Gambar 2.7	Alat Percobaan Stanley Miller .....	25
Gambar 2.8	Sel Hewan dan Sel Tumbuhan .....	27
Gambar 2.9	Reproduksi Sexual Hydra.....	28
Gambar 2.10	Helianthus annuus .....	29
Gambar 2.11	Gerakan pada Amoeba .....	30
Gambar 2.12	Mirabilis jalapa .....	30
Gambar 2.13	Adaptasi Makhluk Hidup .....	31
Gambar 3.1	Struktur Bakteri .....	43
Gambar 3.2	Sel Hewan.....	45
Gambar 3.3	Membran Sel.....	46
Gambar 3.4	Retikulum Endoplasma.....	46
Gambar 3.5	Struktur Ribosom .....	47
Gambar 3.6	Ribosom dengan sub unit besar dan kecil .....	48
Gambar 3.7	Mitochondria .....	48
Gambar 3.8	Lisosom .....	49
Gambar 3.9	Struktur Badan Golgi .....	50
Gambar 3.10	Badan Golgi dan Fungsinya .....	51
Gambar 3.11	Struktur Sentirol.....	51
Gambar 3.12	Peroksisom .....	52
Gambar 3.13	Stuktur Kloroplas.....	53
Gambar 3.14	Struktur Kloproplas dan Klorofil .....	54
Gambar 3.15	Vakuola Tumbuhan .....	54
Gambar 3.16	Inti Sel .....	55
Gambar 4.1	Anatomi sel Xylem dan Floem .....	61
Gambar 4.2	Sistem Jaringan Akar .....	63
Gambar 4.3	Anatomi Batang (melintang) .....	64
Gambar 4.4	Struktur Anatomi Batang Tumbuhan.....	65
Gambar 4.5	Struktur Jaringan Daun .....	66
Gambar 4.6	Anatomi Bunga .....	66
Gambar 4.7	Irisan Melintang buah Kelapa dan Jeruk.....	67
Gambar 4.8	Struktur Biji Tumbuhan .....	67
Gambar 4.9	Berbagai Macam Sel Epitel.....	68
Gambar 4.10	Tiga Tipe Jaringan Otot.....	70
Gambar 4.11	Sebuah Neuron .....	71
Gambar 4.12	Alat Reproduksi pada Manusia .....	77



Gambar 5.1	Reaksi Enzim Substrat .....	78
Gambar 5.2	Cara Kerja Enzim .....	79
Gambar 5.3	Glikolisis .....	80
Gambar 5.4	Siklus Krebs .....	81
Gambar 5.5	Sistem Transpor Elektron .....	82
Gambar 5.6	Perangkat Percobaan Ingenhouz .....	85
Gambar 5.7	Percobaan .....	86
Gambar 6.1	Ekosistem Sebuah Kolam .....	93
Gambar 6.2	Diagram Arus Energi.....	96
Gambar 6.3	Piramida Ekologi .....	97
Gambar 6.4	Siklus Karbon .....	98
Gambar 6.5	Siklus Nitrogen .....	99
Gambar 6.6	Siklus Phospat .....	100
Gambar 6.7	Hubungan Parasitisme .....	101
Gambar 6.8	Hubungan Komensalisme .....	102
Gambar 6.9	Hubungan Mutualisme .....	102
Gambar 7.1	Perbandingan Anggota Badan yang Homolog .....	108
Gambar 7.2	Berbagai Macam Bentuk dan Tipe Bunga .....	113
Gambar 7.3	Keanekaragaman Tumbuhan .....	113
Gambar 7.4	Berbagai Jenis Lumut .....	115
Gambar 7.5	Berbagai Jenis Tumbuhan Berpembuluh .....	116
Gambar 7.6	Tumbuhan Monokotil .....	117
Gambar 7.7	Contoh Adaptasi Tumbuhan Angiospermae .....	119
Gambar 8.1	Spongia sp .....	124
Gambar 8.2	Gorgonia sp .....	125
Gambar 8.3	Taenia sp .....	126
Gambar 8.4	Ascaris lumbricoides .....	127
Gambar 8.5	Cacing Annelida .....	128
Gambar 8.6	Mollusca .....	129
Gambar 8.7	Arthropoda (Scylla serrat).....	130
Gambar 8.8	Asteria sp dan Temnopleurus.....	132
Gambar 8.9	Cyprinus carpio .....	134
Gambar 8.10	Rana sp .....	134
Gambar 8.11	Bufo sp .....	134
Gambar 8.12	Mabouya multifasciata .....	136
Gambar 8.13	Lepus sp .....	138
Gambar 9.1	Transpor pada Tumbuhan .....	142
Gambar 9.2	Pertumbuhan Primer Ujung Akar Bawang .....	143
Gambar 9.3	Transpor Lateral Air dan Mineral dalam Akar .....	145
Gambar 9.4	Adaptasi Tumbuhan Serofit .....	148
Gambar 9.5	Peristiwa Gutasi .....	150
Gambar 9.6	Pengambilan Nutrisi oleh Tumbuhan .....	151
Gambar 9.7	Tumbuhan Venus dan Kantung Semar .....	152
Gambar 10.1	Penampang Gigi .....	157
Gambar 10.2	Penampang Lidah .....	157
Gambar 10.3	Anatomi Lambung .....	158



Gambar 10.4 Usus Halus dan Usus Besar .....	160
Gambar 10.5 Rangka Manusia .....	164
Gambar 10.6 Sistem Pernapasan .....	167
Gambar 10.7 Anatomi Paru-paru .....	169
Gambar 10.8 Struktur Ginjal .....	172
Gambar 10.9 Struktur Nefron .....	174
Gambar 10.10 Struktur Kulit .....	175
Gambar 10.11 Struktur Neuron .....	177
Gambar 10.12 Struktur Mata .....	183
Gambar 10.13 Struktur Telinga .....	183

# BAB 1

## Hakikat Sains

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa dapat mendiskripsikan hakikat sains, konsep dasar sains dan menerapkan berbagai metodologi sains yang menyangkut penemuan dan inquiri dalam memecahkan masalah.

### ◆ Indikator Kompetensi

Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:

1. Menjelaskan pengertian sains,
2. Mengurutkan langkah-langkah metode ilmiah dalam memecahkan permasalahan,
3. Menguraikan makna keterampilan proses dalam sains,
4. Menjelaskan alasan dengan banyaknya ilmuwan yang atheis dihubungkan dengan filsafat sains,
5. menjelaskan nilai-nilai pedagogis sains.

### 1.1 Pengertian Sains

Sejak kebudayaan Yunani sains-sains mulai berkembang ke seluruh dunia. Perkembangnan sains ini sedikit demi sedikit telah menghilangkan kepercayaan kepada tahyul atau prasangka yang telah banyak dianut orang-orang zaman dulu. Sains-sains yang baru telah banyak ditemukan

oleh para ilmuwan sebagai contoh pada abad ke-17 **William Harvey** (berkebangsaan Inggris) mengemukakan bahwa peredaran darah pada tubuh manusia melalui arteri dan vena, sebelumnya dipercaya bahwa aliran darah pada vena di dalam tubuh seperti pasang surutnya air laut. Pada abad ke-18 **Edward Jenner** (berkebangsaan Inggris) menemukan vaksin pertama untuk melawan cacar. Selanjutnya **Sir Alexander Fleming** dari Scotlandia pada tahun 1929 menemukan penisilin sebagai obat antibiotika pertama.

Sains terus menerus bertambah dan berkembang, serta hasil penelitian dari sains tersebut dapat dirasakan semua masyarakat dunia baik secara langsung maupun tidak langsung. Dengan segala manifestasi dan pengaruhnya dalam kehidupan sehari-hari menimbulkan suatu pertanyaan, "Apakah sebenarnya sains itu"? Istilah sains berasal dari bahasa Inggris "Science" artinya ilmu pengetahuan. Sesungguhnya juga bermakna "Natural Science" atau Ilmu Pengetahuan Alam. Beberapa definisi tentang sains adalah (1) susunan pengetahuan yang sangat penting, (2) pengetahuan yang sangat penting yang berhubungan dengan gejala-gejala kebendaan dan didasarkan atas pengamatan dan deduksi, (3) sekumpulan pengetahuan yang dihimpun melalui metode ilmiah.

Para ilmuwan dan ilmuwati sains mempunyai pendapat yang berbeda tentang apa sains itu? Pendapat-pendapat tersebut antara lain sebagai berikut. **Colette** (1994), dalam bukunya; *The in The Middle and Secondary Schools* menyatakan bahwa sains harus dipandang dari tiga sisi, yaitu pertama "science is a way of thinking", sains dipandang sebagai suatu cara berpikir, kedua "science is a way of investigation", sains dipandang sebagai cara untuk memperoleh kebenaran, dan ketiga science is a body of knowledge", sains dipandang sebagai tubuh pengetahuan yang diperoleh dari proses inquiry. Sementara itu, **Abruscato** (1995) dalam bukunya "Teaching Children Science" mendefinisikan sains sebagai pengetahuan yang diperoleh melalui serangkaian proses yang dilakukan secara sistematis oleh manusia (dalam hal ini saintis) dalam menjelaskan tentang alam. Sebagaimana ahli lain, **Abruscato** melihat sains dari tiga aspek, yaitu science as process (sains sebagai proses), science as knowledge (sains sebagai pengetahuan), dan science as a set of values (sains sebagai seperangkat nilai).

**Bernal** (1969 dalam **Ibrahim**, dkk, 2004.) menyatakan bahwa untuk dapat memahami sains haruslah melalui pemahaman dari berbagai segi. Ia menonjolkan adanya 5 aspek sains, yaitu sains sebagai (1) institusi, (2) metode, (3) kumpulan pengetahuan, (4) faktor utama untuk memelihara dan mengembangkan produksi, dan (5) faktor utama yang mempengaruhi kepercayaan dan sikap manusia terhadap alam semesta dan manusia.

Sains juga dapat dibedakan atas (1) Physical Sciences (sains fisik) terdiri dari fisika, kimia dan geologi, (2) Biological Sciences (sains biologi) terdiri dari biologi, psikologi dan sosiologi.

Dengan demikian sains dapat didefinisikan sebagai seperangkat

proses sains dan sikap/ nilai sains untuk menemukan pengetahuan ilmiah atau produk sains. Proses ilmiah yang kemudian dikenal sebagai metode ilmiah, sedangkan produk ilmiah menurut **Carin** (1993) meliputi **fakta, konsep, prinsip, teori, dan hukum**. Oleh sebab itu pada hakikatnya sains terdiri atas *produk sains, proses sains, dan sikap sains*.

## 1.2 Metode Ilmiah

Bagaimana cara para ilmuwan dan ilmuwati dalam memecahkan suatu masalah? Para ilmuwan menggunakan suatu langkah atau metode tertentu untuk memecahkan masalah. Langkah-langkah yang digunakan dikenal dengan langkah ilmiah dan metodenya dikenal dengan **Metode Ilmiah**. Metode ilmiah merupakan ciri khusus yang dapat dijadikan identitas sains. Oleh karena itu cara yang telah disepakati oleh para ahli untuk mendapatkan sains adalah melalui metode ilmiah.

Metode ilmiah merupakan kombinasi antara pola penalaran yang bersifat empiris dan pola penalaran yang bersifat rasional. Keduanya digabungkan untuk mengakomodasi kelebihan sekaligus menutupi kekurangan masing-masing (Prasetyo dan Haryanto, 1992). Apa yang dimaksud dengan metode ilmiah yang digunakan dalam menghasilkan produk-produk sains? Mengapa metode ilmiah yang digunakan dalam menghasilkan produk sains? Bagaimana metode ilmiah itu diaplikasikan?.

Pertanyaan-pertanyaan itu akan dicari jawabannya dalam uraian sub-bab ini. Diharapkan dengan memahami hal-hal yang berkaitan dengan metode ilmiah ini, kita akan semakin memahami bagaimana menanamkan metode ilmiah kepada mahasiswa. Siswa dan siswi tidak saja tahu apa, mengapa, dan bagaimana metode ilmiah dalam sains, tetapi juga aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

Secara sederhana, dapat dikatakan bahwa metode ilmiah adalah satu arah dalam memperoleh pengetahuan. Suatu rangkaian prosedur tertentu yang harus diikuti untuk mendapatkan jawaban tertentu dari pertanyaan tertentu pula. Prosedur Ilmiah atau metode ilmiah dapat diuraikan dalam langkah-langkah sebagai berikut.

### 1.2.1 Penginderaan dan Penentuan Masalah

Dunia yang dihadapi para ilmuwan dan ilmuwati terdiri dari fakta dan kejadian yang tak terbilang banyaknya di mana keadaan seperti ini tidak memberikan suatu keteraturan yang berarti. Ketika manusia menemukan beberapa kesulitan dalam menghadapi dunia ini dalam rangka memecahkan kesulitan tersebut secara berakal, maka pemikiran akan mulai berbentuk. Dengan perkataan lain, manusia menciptakan masalah dan mengajukan sesuatu menurut pikirannya adalah pernyataan yang dapat dijawab. Tanpa adanya suatu masalah yang didefinisikan secara jelas, manusia tak akan mempunyai jalan untuk mengetahui fakta apa yang harus dikumpulkan. Metode keilmuan pada tahap permulaan ini menekankan pada pernyataan yang jelas dan tepat dari sebuah masalah.

Tahap permulaan metode keilmuan menganggap dunia sebagai suatu kumpulan objek dan kejadian yang nyata yang dapat diamati secara empiris. Kepada dunia itu kemudian kita terapkan suatu peraturan atau struktur hubungan, yang melingkupi dan membatasi fakta-fakta yang tertangkap oleh indera serta dapat diberi arti. Paham kaum rasionalis pada tahap ini didukung oleh metode keilmuan dengan argumentasi bahwa penalaran itulah yang membangun struktur dan mengarahkan penyelidikan. Penalaran memberikan manusia: kepekaan terhadap masalah dan tanpa kepekaan itu tak mungkin kita dapat mengatur fakta-fakta dalam cara yang dapat dipahami. Jika tak terdapat pernyataan lantas bagaimana terdapat jawaban?

### **1.2.2 Perumusan Masalah**

Tahap ini merupakan lanjutan dari langkah menemukan masalah, perumusan masalah bertujuan untuk menjelaskan suatu masalah sehingga memudahkan di dalam langkah-langkah pemecahannya. Sebagai contoh perumusan masalah dari masalah yang telah ditentukan pada poin di atas adalah: "Apakah pembentukan zat tepung dalam fotosintesis dipengaruhi oleh sinar matahari?"

Tahap ini merupakan sesuatu yang paling dikenal dalam metode keilmuan. Disebabkan oleh banyaknya kegiatan keilmuan yang diarahkan kepada pengumpulan data ini, sehingga banyak orang yang menyamakan keilmuan dengan pengumpulan fakta.

### **1.2.3 Pengumpulan dan Klasifikasi Data**

Tahap ini merupakan sesuatu yang paling dikenal dalam metode keilmuan. Disebabkan oleh banyaknya kegiatan keilmuan yang diarahkan kepada pengumpulan data, sehingga banyak orang yang menyamakan keilmuan dengan pengumpulan fakta.

Seorang peneliti sebelum memulai eksperimen terlebih dahulu akan mencari atau mengumpulkan informasi dan data yang berhubungan dengan masalah yang ditelitinya. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pengulangan terhadap percobaan yang telah siap untuk dikerjakan. Dengan demikian pengamatan atau observasi, perpustakaan, buku-buku sumber, jurnal-jurnal penelitian dan internet merupakan hal yang sangat menunjang kerja seorang peneliti.

Tahap metode keilmuan ini menekankan kepada penyusunan fakta dalam kelompok, jenis-jenis, dan kelas-kelas. Dalam semua cabang-cabang ilmu usaha untuk mengidentifikasi, menganalisis, membandingkan, dan membedakan fakta-fakta yang relevan tergantung kepada adanya sistem klasifikasi yang disebut taksonomi. Para ilmuwan dan ilmuwati modern terus berusaha menyempurnakan taksonomi khusus bidang keilmuan mereka.

### **1.2.4 Perumusan Hipotesis**

Hipotesis adalah pernyataan sementara tentang hubungan antara

benda-benda (variabel-variabel). Hubungan hipotesis ini diajukan dalam bentuk dugaan kerja, atau teori, yang merupakan dasar dalam menjelaskan kemungkinan hubungan tersebut. Hipotesis diajukan secara khas dengan dasar coba-coba (*trial and error*). Hipotesis hanya merupakan dugaan yang beralasan atau mungkin merupakan perluasan dari hipotesis yang terdahulu yang telah teruji kebenarannya yang kemudian diterapkan pada data yang baru. Dalam kedua hal di atas, hipotesis berfungsi untuk mengikat data sedemikian rupa, sehingga hubungan yang diduga dapat kita gambarkan, dan penjelasan yang mungkin dapat kita ajukan. Hipotesis juga mengungkapkan kepada kita syarat apa yang harus dipenuhi dan pengamatan apa yang diperlukan jika kita ingin menguji kebenaran dari dugaan kerja tersebut.

.Sebelum langkah berikutnya eksperimen, terlebih dahulu dirumuskan hipotesis yaitu suatu pernyataan yang merupakan penjelasan atau jawaban sementara terhadap masalah yang akan dipecahkan. Sebagai contoh, hipotesis untuk masalah di atas adalah: "Pembentukan zat tepung pada suatu tumbuhan dipengaruhi oleh sinar matahari". Hipotesis tersebut tidak boleh diterima begitu saja sebelum diuji kebenarannya melalui eksperimen.

### 1.2.5 Eksperimen

Pengujian terhadap kebenaran dalam ilmu berarti mengetes alternatif-alternatif hipotesis dengan pengamatan kenyataan sebenarnya melalui eksperimen. Dalam hubungan ini, maka keputusan terakhir terletak pada fakta/realita. Jika fakta tidak mendukung satu hipotesis, maka hipotesis yang lain dipilih dan diproses ulang kembali. Hakim yang terakhir dalam hal ini adalah data empiris, kaidah yang bersifat umum, atau hukum, haruslah memenuhi persyaratan pengujian empiris, tetapi kaum rasionalis tidak menyerah dalam tahap pengujian kebenaran. Mereka mengungkapkan bahwa suatu hipotesis hanya baru bisa diterima secara keilmuan jika dia konsisten dengan hipotesis-hipotesis yang sebelumnya disusun dan teruji kebenarannya.

Pendapat atau jawaban atas masalah yang tidak didukung oleh bukti merupakan ilusi dan tidak bijaksana. Eksperimen dapat menunjukkan bukti, sehingga jawaban yang bersifat dugaan itu menjadi jawaban yang benar atau ilmiah. Eksperimen yang baik harus dirancang dengan seksama, sehingga semua faktor dapat dikendalikan agar hipotesis dapat diuji kebenarannya.

### 1.2.6 Pengamatan Hasil eksperimen

Untuk menentukan apakah hipotesis terbukti atau tidak maka langkah berikutnya melakukan pengamatan terhadap eksperimen yang sedang dilakukan. Dalam pengamatan ini seorang ilmuwan harus benar-benar teliti, karena ketidaktelitian dapat mengakibatkan kesalahan di dalam pengambilan kesimpulan.

### 1.2.7 Simpulan

Tahap akhir dari metode ilmiah adalah membuat kesimpulan dari hasil eksperimen. Kesimpulan keseluruhan harus dibuat berdasarkan fakta yang dihasilkan dari eksperimen. Seringkali kesimpulan ditemukan berbentuk konsep atau hukum.

## 1.3 Aspek Sains

### 1.3.1 Sains Sebagai Institusi

Sains sebagai institusi diartikan sebagai suatu kelembagaan imajiner. Kelembagaan dari bidang profesi tertentu seperti halnya bidang profesi, bidang kedokteran, bidang pendidikan, dan sebagainya. Misalnya orang bertanya, "Anda bekerja di mana?", yang ditanya itu menjawab di bidang sains. Bidang sains ini memang baru muncul abad ke-20 atau diakui oleh masyarakat akan eksistensinya karena kenyataan telah ada beribu manusia menggantungkan hidupnya dalam bidang ini.

### 1.3.2 Sains Sebagai Suatu Metode

Sains sebagai suatu metode adalah suatu hal yang abstrak, merupakan suatu konsepsi. Konsepsi metode sains itu sendiri juga bukan merupakan hal yang tetap, karena pengertiannya berkembang sesuai dengan perkembangan sejarah. Jadi metode sains merupakan suatu proses yang masih terus berubah. Metode sains terdiri dari sejumlah kegiatan baik mental maupun manual, termasuk di dalamnya, observasi, eksperimentasi, klasifikasi, pengukuran, dan sebagainya. Metode sains juga melibatkan teori-teori hipotesis serta hukum-hukum. Sains sebagai metode mengacu pada proses pengembangan sains melalui metode ilmiah.

### 1.3.3 Sains Sebagai Kumpulan Pengetahuan.

Sains sebagai kumpulan pengetahuan dapat dipandang sebagai suatu "*body of knowledge*" yang terus tumbuh. Kumpulan pengetahuan sains tidak sama seperti pengetahuan agama atau kesenian. "*religion concernet with the presertation of 'internal' truth, while art it is individual performance rather than the school that matters*". Agama berkaitan dengan kelestarian kebenaran yang mutlak, sedangkan kesenian bersifat individual. Jadi perbedaan dengan sains adalah bahwa sains itu kebenarannya itu tidak mutlak dan jumlahnya pun selalu berkembang. Adapun perbedaan dengan seni adalah bahwa seni itu bersifat individual, tidak demikian hal dengan sains yang dapat diperiksa. Kebenarannya setiap saat oleh orang lain ataupun diulang observasinya.

### 1.3.4 Sains Sebagai Faktor Pengembang Produksi

Sebagai salah satu faktor utama yang mempengaruhi kepercayaan dan sikap, sains adalah alat untuk menguasai alam dan untuk memberikan sumbangan bagi kesejahteraan umat manusia. Sebagai contoh adalah keuntungan uang yang didapat dari sains dan teknologinya di bidang kesehatan dan industri.



## 1.4 Keterampilan Proses Sains

Ibarat melakukan kegiatan dalam suatu pekerjaan diperlukan keterampilan. Seorang penjahit melakukan kegiatan seperti pengukuran, pemotongan, pembuatan model, dan menjahit untuk menggabungkan potongan kain menjadi sebetuk pakaian yang bagus. Dalam melakukan kegiatan tersebut diperlukan keterampilan, misalnya keterampilan mengukur, menggantung, membuat model, dan sebagainya.

Seorang ahli sains melakukan serangkaian proses sains atau metode ilmiah sebagaimana yang dikemukakan di atas. Dalam melakukan kegiatan ilmiah juga diperlukan keterampilan. Keterampilan yang diperlukan dalam melakukan kegiatan metode ilmiah disebut sebagai keterampilan proses sains. Keterampilan proses sains seperti; melakukan pengamatan, keterampilan melakukan pengukuran dengan Sistem Internasional (SI), keterampilan proses klasifikasi, dan sebagainya.

### 1.4.1 Keterampilan Proses Melakukan Pengamatan

Pengamatan merupakan keterampilan proses dasar yang harus dimiliki oleh setiap orang yang belajar sains. Dengan kemampuan pengamatan yang baik akan mampu mengumpulkan data secara akurat dan lengkap. Data yang akurat dan lengkap serta berkualitas tinggi akan memberikan potret yang utuh tentang objek yang diamati. Dengan demikian simpulan yang dirumuskan berdasarkan data pengamatan yang akurat itu akan akurat pula.

Melalui observasi, kita belajar tentang dunia di sekitar kita yang sangat menakjubkan ini. Orang mengatakan: **Indera** adalah *jendela ke dunia*. Kita mengamati benda-benda dan peristiwa maupun gejala-gejala di sekitar kita melalui panca indera yang kita miliki, yaitu mata sebagai indera pengelihatan, telinga sebagai indera pendengar, kulit sebagai indera peraba dan perasa, lidah sebagai indera pengecap, dan hidung sebagai indera pembau.

Melalui indera kita memperoleh informasi. Berdasarkan informasi itu kita termotivasi untuk semakin ingin tahu, kita bertanya, berfikir, membuat penafsiran tentang apa yang kita amati. Selanjutnya kita mengadakan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh informasi lebih banyak atau untuk mencari jawaban pertanyaan kita atau untuk menguji apa yang kita pikirkan dan seterusnya.

Kemampuan melakukan pengamatan adalah keterampilan proses yang paling dasar dalam sains dan sangat penting untuk mengembangkan keterampilan yang lainnya, misalnya keterampilan menafsirkan, keterampilan mengkomunikasikan, keterampilan membuat prediksi, mengklasifikasikan, mengukur, dan sebagainya.

Pengamatan yang dilakukan hanya dengan menggunakan alat indera tanpa mengacu kepada satuan pengukuran baku tertentu, disebut pengamatan **pengamatan kualitatif**, sedangkan pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang mengacu kepada suatu pengukuran baku tertentu disebut **pengamatan kuantitatif**.

Besaran yang diperoleh dari menghitung/mencacah termasuk juga dalam pengamatan kuantitatif.

### **1.4.2 Keterampilan Proses Melakukan Pengukuran dengan Sistem Internasional**

Untuk membantu pengamatan terutama pengamatan kuantitatif, digunakan alat ukur standar. Untuk melengkapi kemampuan pengamatan seseorang yang belajar sains harus juga terampil menggunakan alat ukur tersebut.

Kita mungkin sangat akrab dengan pengukuran yang menggunakan sistem oleh ilmuwan dalam tahun 1795. Pengembangan sistem metrik yang seragam ini telah menggunakan unit pengukuran yang berbeda-beda. Bentuk modern sistem metrik ini dikenal dengan **Sistem Internasional (SI)**, yang sudah diadopsi dan digunakan di seluruh dunia semenjak tahun 1960.

Sistem metrik ini mudah digunakan karena nama unitnya sistematis dan memiliki dasar desimal (10). Sebagai contoh meter adalah unit dasar untuk pengukuran panjang, gram untuk pengukuran massa, dan liter untuk pengukuran volume. Ukuran unit bervariasi dengan mengalikan dengan 10. Awalan digunakan untuk memberi nama unit yang lebih besar atau yang lebih kecil.

### **1.4.3 Keterampilan Proses Melakukan Klasifikasi**

Kehidupan ini sebenarnya adalah proses menentukan pilihan. Pada saat menentukan pilihan itulah, klasifikasi menjadi sangat penting. Para ahli berpendapat bahwa untuk memahami sejumlah besar benda atau kejadian, penting untuk menyusun benda-benda itu menurut pola tertentu. Bila kita menyusun benda atau kejadian dengan mengamati persamaan, perbedaan, dan kemudian mengelompokkan benda atau kejadian itu berdasarkan tujuan tertentu. Proses itulah yang disebut dengan penggolongan atau klasifikasi.

Di dalam dunia ilmu pengetahuan, klasifikasi membantu seseorang untuk menyederhanakan objek studinya sehingga mudah dipelajari. Pengelompokan atau klasifikasi pada hakikatnya adalah mencari persamaan di antara objek yang berbeda, dan mencari perbedaan di antara anggota kelompok objek yang seragam. Persamaan dan perbedaan adalah fakta hasil observasi. Oleh sebab itu, untuk dapat melakukan klasifikasi yang baik, mutlak memerlukan keterampilan pengamatan yang baik pula.

## **1.5 Tujuan Sains**

Tujuan sains yaitu membentuk dan menggunakan teori. Sains bertujuan juga menemukan kebenaran, menemukan fakta. Kebenaran dalam sains adalah kebenaran yang sementara “tidak mutlak”. Metode ilmiah sebagai ciri dari sains tidak dapat berhubungan dengan macam-macam kebenaran yang mutlak. Sesuatu yang mutlak berarti telah

berakhir, karena telah sempurna, tetapi sebaliknya sains tidak pernah berakhir. Metode ilmiah tidak dapat menentukan sesuatu secara mutlak. Bila sesuatu telah diketahui mutlak, maka sains tidak dapat diharapkan bertindak lebih lanjut. Sains hanya dapat mengemukakan bukti kebenaran sementara yaitu “teori”.

Kata “Fakta (fact)” dan “Bukti (proof)” juga dapat menunjukkan suatu yang mutlak atau sementara. Jika sesuatu itu bersifat mutlak maka bukan merupakan sains, tetapi sebaliknya bila bersifat sementara adalah sains.

## 1.6 Nilai-Nilai Sains

Sains mempunyai nilai-nilai yang terkandung di dalamnya. Nilai-nilai yang terkandung di dalam sains sebagai berikut.

### 1.6.1 Nilai-nilai Sosial dalam Sains

#### 1.6.1.1 Nilai Etik dan Estika Sains

Sains baik sebagai suatu kumpulan pengetahuan ilmiah maupun sebagai suatu proses untuk mendapatkan ilmu itu sendiri, mempunyai nilai-nilai etik dan estetika yang tinggi. Nilai-nilai itu terutama terletak pada sistem yang mengutamakan “*kebenaran yang objektif*” pada tempat yang paling utama. Adapun proses sains itu sendiri dapat dianggap sebagai suatu latihan mencari, meresapkan, dan menghayati nilai-nilai luhur itu.

Lain daripada itu di kalangan para ilmuwan dan ilmuwati itu terdapat *hubungan yang saling percaya*, baik para ilmuwan dan ilmuwati pada masa kini maupun dengan para ilmuwan dan ilmuwati masa lampau. Para ilmuwan dan ilmuwati itu masing-masing mempunyai kebebasan dengan caranya sendiri merumuskan hukum-hukum yang mereka temukan dengan metode yang mereka gunakan. Sains merupakan suatu sistem yang besar dan utuh. Suatu temuan merupakan pelengkap dari yang lain sehingga mereka saling bahu-membahu untuk menyusun suatu sistem lengkap dan harmonis itu. Temuan masa lalu yang kurang sempurna merupakan jembatan untuk temuan yang lebih sempurna, sehingga *penemu yang terdahulu tetap dihormati* bahkan diabadikan nama-namanya. Sebagai contoh adalah hukum Boyle yang sebenarnya hanya berlaku untuk gas ideal yang tak pernah ada itu tetap menjadi jembatan guna menetapkan hukum-hukum gas yang sempurna.

Adakah keindahan pada sains yang objektif dan rasional itu? Alam semesta dan seluruh isinya ini memang disusun sedemikian teratur dan serasi dan indah sekali oleh Sang Maha Pencipta. Lihatlah susunan galaksi, tata surya sampai susunan yang lebih dalam dari atom-atom demikian teratur dan serasi dengan kaidah-kaidahnya yang lebih akurat. Adapun sains sebenarnya sekadar mendeskripsikan keadaan tersebut. Dengan demikian tentu saja sains memiliki nilai-nilai keindahan tersebut, namun bila hal itu tak terjadi maka hasil pengamatan kita jualah yang keliru.

### 1.6.1.2 Nilai Moral Humaniora dari Sains

Telah diketahui bahwa sains mengandung nilai etis dan estetis namun sebenarnya sains baru mempunyai nilai moral pada aplikasinya. Aplikasi sains dapat diketahui melalui penelusuran sejarahnya dan pengungkapan peranan sains dalam meningkatkan kesejahteraan manusia.

Pengaruhnya telah terasa dalam bidang kesehatan, sandang, pangan, komunikasi dan industri. Sesuatu ingin diungkapkan dalam hal ini adalah nilai moral terutama karena sains kecuali mempunyai tujuan mulia untuk kemanusiaan itu juga dapat digunakan untuk hal-hal sebaliknya. Sebagai contoh adalah pembuatan senjata pemusnah yang mengerikan bom hidrogen, bom kimia, bom kuman sampai pada rekayasa genetika yang bila tidak dikendalikan dengan seksama akan dapat memusnahkan kemanusiaan itu sendiri. Pembuatan robot-robot semula yang bertujuan untuk efisiensi itupun bisa disalahgunakan untuk tujuan-tujuan kriminal.

Jadi singkatnya nilai-nilai moral/humaniora dari sains tampaknya mempunyai dua muka yang berlawanan arah. Muka yang menuju cita-cita kemanusiaan yang luhur muka yang lain menuju kepada tindak immoral yang tidak saja dapat melenyapkan nilai-nilai luhur namun dapat melenyapkan eksistensi manusia itu sendiri.

Namun seperti apa yang telah Anda ketahui bahwa sains dan teknologi sekedar alat yang sangat tergantung dari manusianya yang berada di belakang alat itu, untuk apa alat itu digunakan. Dengan kata lain, sains itu sendiri adalah "suci", yang "tidak suci" itu manusianya.

### 1.6.1.3 Nilai Ekonomi Sains

Profesi dalam bidang sains berbeda dengan profesi dalam bidang lain, misalnya bidang kedokteran, hukum, dan sebagainya dalam hal kaitannya dengan ekonomi. Kalau seorang ahli hukum memberikan nasehat hukum atau seorang dokter memberikan jasa pemeriksaan atau pembedahan maka mereka akan langsung mendapat imbalan jasanya yang secara ekonomi sangat menguntungkan bagi dirinya. Lain hal dengan seorang ahli sains, telah bertahun-tahun melakukan suatu penelitian. Katakanlah ia menemukan suatu kaidah dari suatu fenomena tertentu. Apakah temuannya itu mempunyai nilai ekonomi? Memang tidak dapat dikatakan dengan tegas karena nilai ekonominya tidak langsung. Ini baru terjadi kenyataan bila temuan tersebut dapat digunakan untuk memproduksi suatu yang bermanfaat bagi masyarakat. Lain daripada itu, bagi sang penemu, keberhasilannya itu dapat meningkatkan harga dirinya atau kepercayaan masyarakat terhadap dirinya. Ini berarti temuannya itu dapat memberi "nilai tambah" bagi dirinya. Kondisi yang tidak terlalu menguntungkan ini sering digunakan oleh para penguasa untuk memanfaatkan para ilmuwan sains bagi kepentingan kekuasaannya, misalnya penelitian tentang bom atom.

## **1.6.2 Nilai Psikologis atau Pedagogis Sains**

### **1.6.2.1 Sikap Mencintai Kebenaran**

Seperti kita ketahui, bahwa sains selalu mendambakan kebenaran, yaitu sesuai pikiran dan kenyataan. Oleh karena itu mereka yang selalu terlibat dalam profesi sains diharapkan mendapatkan imbas atau dampak positif berupa sikap ilmiah yang demikian itu.

Sikap mencintai kebenaran itu dapat mendorong manusia berlaku jujur dan objektif. Sikap semacam ini sungguh merupakan modal yang sangat berharga dalam kehidupan menuju kebahagiaan hidup.

### **1.6.2.2 Sikap Tidak Purbasangka**

Sains membimbing kita untuk tidak berpikir secara prasangka. Kita boleh saja mengadakan dugaan yang masuk akal (hipotesis) asal dugaan tersebut diuji kebenarannya sesuai kenyataan atau tidak, baru menetapkan kesimpulan. Dalam kehidupan sehari-hari, sikap purbasangka sangat sering menimbulkan bencana pertengkaran dan hidup ini menjadi tidak tenang dan tidak bahagia.

### **1.6.2.3 Menyadari Kebenaran Ilmu Tidak Mutlak**

Atas kesadarannya bahwa kesimpulan yang ia dapatkan dapat berlaku untuk sementara (tidak mutlak) atau menyadari pengetahuan yang ia dapat itu baru sebagian yang bisa dicapai, maka hal ini akan menjadikan orang itu bersikap rendah hati dan tidak sombong. Ia tetap menyadari bahwa ada sesuatu yang tertinggal yang belum dapat diketahui.

### **1.6.2.4 Keyakinan Bahwa Tatanan Alam Bersifat Teratur**

Dengan mempelajari tentang hubungan antara gejala alam akan mendapat/menemukan adanya kaidah-kaidah dan hukum-hukum alam yang ternyata begitu konsisten aturan-aturannya, sehingga orang akan menyadari bahwa alam semesta itu telah ditata dengan teratur. Hal ini dapat memberikan pengaruh positif untuk meningkatkan ketakwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah dapat mengatur alam semesta ini. Lain daripada itu, ia tidak akan percaya lagi pada "keberuntungan" dan "perjudian" ataupun "ramalan astrologi" Ia percaya pada hukum sebab-akibat.

### **1.6.2.5 Bersifat Toleran terhadap Orang Lain**

Menyadari bahwa pengetahuan yang ia miliki bersifat tidak mutlak sempurna, maka ia dapat menghargai pendapat orang lain yang ternyata lebih mengetahuinya atau lebih sempurna untuk memperbaiki, melengkapi, maupun untuk meningkatkan pengetahuan. Ia juga tidak bersikap memaksakan pendapatnya untuk diterima oleh orang lain.

### **1.6.2.6 Bersikap Ulet**

Orang-orang yang biasa berkecimpung dalam penggalian sains, sebenarnya mereka itu sedang mencari atau menggali kebenaran. Mereka akan bahagia bila mendapat kebenaran yang mereka yakini itu.

Kebahagiaannya juga akan bertambah apabila kebenaran yang mereka peroleh itu juga dapat membuat orang lain sejahtera dan bahagia dalam hidupnya. Oleh karena itu, mereka tidak putus asa dan selalu berusaha mencari kebenaran itu walaupun seringkali tidak memperoleh apa-apa.

### **1.6.2.7 Sikap Teliti dan Hati-hati**

Metode ilmiah memang harus dilaksanakan dengan cara yang seksama, baik dalam rasionalnya, eksperimentasi, maupun dalam mengambil kesimpulan. Suatu kebiasaan yang dilakukan terus menerus memang dapat masuk dalam sanubarinya dan menjadi tabiatnya. Oleh karena itu, seorang ilmuwan sains akan didorong memiliki sifat-sifat yang baik yang teliti dalam melakukan sesuatu serta hati-hati dalam mengambil kesimpulan atau dalam mengeluarkan pendapatnya. Sifat semacam ini sangatlah baik dalam kehidupan di masyarakat sehari-hari.

### **1.6.2. 8 Sikap Ingin Tahu (corious)**

Rasa ingin tahu ini memang telah dimiliki oleh setiap manusia secara naluriah. Rasa ingin tahu merupakan titik awal dari pengetahuan yang dimiliki oleh manusia. Dari pengetahuan timbul ilmu pengetahuan. Para ilmuwan ataupun mereka yang sering berkecimpung dalam bidang sains akan didorong untuk ingin tahu lebih banyak, karena ilmu pengetahuan itu merupakan sistem yang utuh, sehingga pengetahuan yang satu akan menunjang untuk mudah memahami yang lain, dan pengetahuan yang mereka dapatkan tentu akan memberi "*reinforcement*" untuk mendorong mereka mencari tahu lebih banyak. Ilmu pengetahuan yang mereka peroleh tentunya bermanfaat bagi dirinya ataupun bagi orang lain.

### **1.6.2.9 Sikap Optimistis**

Ilmuwan IPA selalu optimisist karena mereka sudah terbiasa dengan suatu eksperimentasi yang tak selalu menghasilkan sesuatu yang mereka harapkan. Namun, bila berhasil, temuannya itu akan memberikan imbalan kebahagiaan yang tak ternilai dengan uang. Oleh karena itu, ilmuwan dan ilmuwati sains berpendirian bahwa segala sesuatu tidaklah ada yang tak mungkin dikerjakan. Sesuatu permasalahan yang muncul dihadapinya dengan ungkapan kata-kata "akan saya pikirkan", "mari kita coba", atau "berikan saya kesempatan", yaitu ungkapan kata-kata dari seorang yang optimistis.

Mungkin masih ada beberapa sikap mulia lain sebagai dampak positif dari sains, namun kiranya cukuplah sebagai bekal bagi mahasiswa dan mahasiswi (calon pendidik sains) untuk dapat mengembangkan sikap tersebut kepada anak didiknya nanti melalui sains.

## **1.7 Filsafat Ilmua atau Sains**

Dampak yang penting dalam metode ilmiah adalah menentukan dasar filsafat yang berfungsi sebagai dasar acuan ilmiah. Filsafat sains

hendaknya dapat diverifikasi keseluruhan atau bagian demi bagian melalui eksperimen sehingga memiliki nilai ilmiah. Ada beberapa filsafat sains, antara lain:

### 1.7.1 Vitalisme

Dalam sejarah perkembangan sains, awalnya sains masih bercampur dengan kepercayaan atau agama dan ilmu lainnya. Oleh karena itu pada awalnya dalam sains terdapat filsafat Vitalisme. Vitalisme merupakan suatu pandangan yang menyatakan adanya kekuatan di luar alam. Kekuatan tersebut memiliki peranan penting mengatur segala sesuatu yang terjadi di alam semesta. Kekuatan itu disebut sebagai *Tuhan Yang Maha Kuasa atau Gaya Vital*. Kekuatan itu menentukan alam, membimbing tingkah laku atom, planet, bintang dan benda hidup lainnya. Pada makhluk hidup gaya vital juga disebut nyawa atau jiwa. Sebagian besar filsafat dalam agama termasuk filsafat vitalisme. Pandangan Vitalisme membawa manusia ke arah *Theisme*.

### 1.7.2 Mekanisme

Mekanisme merupakan suatu pandangan yang menyatakan bahwa sebagai penyebab yang mengatur semua gerakan di alam semesta ini adalah *Hukum*. Berdasarkan penginderaan menunjukkan bahwa semua peristiwa di alam semesta berdasar hukum alam misalnya, hukum fisika, hukum kimia. Dengan dasar hukum alam pandangan mekanisme dianalisis secara eksperimental menurut metode ilmiah. Dengan demikian pandangan ini beranggapan bahwa gejala pada benda hidup secara otomatis terjadi hanya berdasar peristiwa fisika kimiawi belaka.

Tetapi pandangan mekanisme tidak dapat menjelaskan apakah hidup, apakah tujuan hidup manusia dan sebagainya. Pandangan mekanisme yang menyamakan gejala makhluk hidup dengan gejala benda tidak hidup, sehingga perbedaan hakiki tidak ada. Hal ini dapat mengarahkan manusia pada pandangan materialisme yang selanjutnya disebut *Atheisme*

### 1.7.3 Agnotisme

Terdapat perbedaan prinsip antara pandangan Vitalisme dan Mekanisme, terutama tentang ada tidaknya Sang Pencipta alam semesta ini. Untuk menghindari pertentangan ini terdapat aliran yang melepaskan diri dari kedua aliran tersebut yang tidak memperdulikan keberadaan Sang Pencipta aliran ini disebut *Agnotisme*. Mereka pengikut aliran ini hanya mempelajari gejala-gejala alam saja. Aliran ini banyak dianut oleh ilmuwan-ilmuwan barat.

### 1.7.4 Filsafat Pancasila

Sebagaimana kita ketahui bahwa filsafat negara dan bangsa kita adalah Pancasila, sehingga semua warga negara termasuk ilmuwan

Indonesia adalah penganut filsafat Pancasila dengan demikian penganut *Theisme*. Ilmuwan Indonesia hendaknya dapat menjembantani antara filsafat Vitalisme dengan Mekanisme. Sebagai contoh dalam menjawab pertanyaan “Bagaimana atau kapan hukum alam itu terjadi di alam semesta ini?”, satu-satunya jawaban adalah “hal itu diciptakan oleh Tuhan”. Hukum Alam yaitu dimulai dari titik awal ke filsafat Vitalisme dan proses selanjutnya menurut filsafat Mekanisme. Dalam hal ini bagi kita hukum alam sama dengan hukum Tuhan. Walaupun pada jawaban awal secara prosedur tidak ilmiah, tetapi mekanisme yang dianggap ilmiah juga tidak dapat menentukan kapan hukum alam itu mulai berlaku. Kecuali kita beranggapan bahwa hukum alam itu juga hukum Tuhan.

Dalam mempelajari gejala-gejala hidup dan makhluk hidup tentu kita akan menemukan masalah-masalah seperti di atas. Misalnya makhluk hidup itu mempunyai awal dan setelah berjalan pasti akan berakhir. Penginderaan dalam hal ini akan menimbulkan pertanyaan, “Bagaimana kita mengetahui titik awal dan titik akhir akan terjadi?, Keadaan yang bagaimana yang membawa kita pada keadaan akhir?”.

## 1.8 Bahasa Sains

Seperti bahasa lainnya Sains juga memiliki tata bahasa yakni metode ilmiah, memiliki pengarang yakni ilmuwan dan kepustakaan yakni karya-karya tulis ilmuwan dengan berbagai dialek atau bentuk-bentuk ekspresi yakni fisika, kimia, biologi dan sebagainya. Sains benar-benar merupakan bahasa yang universal, dimengerti oleh semua orang di muka bumi. Dalam sains terdapat ide yang dinyatakan dalam bahasa yang berbeda tetapi setara. Misalnya Bahasa Indonesia mengatakan “Air”, Bahasa Inggrisnya “Water”, dalam Bahasa Latin “Aqua” dan dalam Bahasa Sains adalah “H<sub>2</sub>O”. Semuanya setara. Di dunia ini tidak ada satu rumusan ide yang paling benar yang dapat mencakup segala bahasa. Perbedaan rumusan selalu ada tetapi bermanfaat, lebih memuaskan atau lebih selektif. Oleh karena itu seorang yang ahli dalam bahasa dapat menjelejah lebih luas dengan ide.

Biologi adalah salah satu bahasa dialek sains, yang memungkinkan orang mempelajari lebih luas dalam dunia makhluk hidup. Sejak awal orang telah menjadi ahli dalam biologi, hal ini karena tubuhnya sendiri merupakan objek biologi yang erat hubungannya dengan kesehatan, penyakit, tumbuhan, dan hewan sebagai sumber makanannya dan sumber kebutuhan lainnya. Penelitian-penelitian dalam bidang biologi terus berkembang, bahkan batas biologi terdorong ke tingkat molekuler atau kimia sehingga batas bidang biologi dengan kimia dan fisika menjadi kabur.



## ◆ RANGKUMAN

Sains dapat didefinisikan sebagai seperangkat proses sains dan sikap/nilai sains untuk menemukan pengetahuan ilmiah atau produk sains. Proses ilmiah yang kemudian dikenal sebagai metode ilmiah, sedangkan produk ilmiah meliputi **fakta, konsep, prinsip, teori, dan hukum**. Oleh sebab itu pada hakikatnya sains terdiri atas *produk sains, proses sains, dan sikap sains*. Ciri-ciri sains adalah dapat diterapkannya metode ilmiah. Langkah-langkah metode ilmiah yakni 1) penginderaan dan penentuan masalah, 2) perumusan masalah, 3) pengumpulan dan klasifikasi data, 4) perumusan masalah, 5) eksperimen, 6) pengamatan hasil eksperimen dan 7) penyimpulan.

Aspek sains meliputi sains sebagai institusi, sains sebagai suatu metode, sains sebagai kumpulan pengetahuan dan sains sebagai faktor pengembang produksi. Dalam proses sains diperlukan suatu ketrampilan. Keterampilan yang diperlukan dalam melakukan kegiatan metode ilmiah disebut sebagai keterampilan proses sains. Keterampilan proses sains seperti; melakukan pengamatan, keterampilan melakukan pengukuran dengan Sistem Internasional (SI), keterampilan proses klasifikasi, dan sebagainya.

Tujuan sains adalah membentuk dan menggunakan teori juga menemukan fakta dan kebenaran yang tidak mutlak. Sains mempunyai makna dan nilai, nilai sains meliputi nilai-nilai sosial dan nilai psikologi atau pedagogik. Nilai-nilai sosial terdiri dari nilai etik dan estika, nilai moral dan humaniora, dan nilai ekonomi. Nilai-nilai pedagogik sains meliputi, keyakinan bahwa tatanan alam bersifat teratur, bersifat toleran terhadap orang lain, bersikap ulet, bersikap teliti dan hati-hati, bersikap ingin tahu, dan bersikap optimistis. Sedangkan filsafat sains terdiri dari aliran vitalisme, mekanisme, agnotisme dan filti sikap mencintai kebenaran, sikap tidak purbasangka, menyadari kebenaran ilmu tidak mutlaksafat Pancasila yang menjadi filsafat ilmuwan Indonesia.

## ◆ BAHAN DISKUSI

1. Sains sejak zaman dahulu kala sudah ada dalam masyarakat kita, tetapi masih dalam bentuk *Pseudoscience*. Apakah *Pseudoscience* tersebut? Dan bagaimanakah hubungannya dengan *tahyul*? Diskusikan dengan temanmu!
2. Tidak semua bidang kajian atau penelitian dapat digolongkan dalam bidang *sains*. Hal-hal apa sajakah yang membatasinya? Misalnya kajian atau penelitian tentang adanya *Tuhan*. Apakah dapat digolongkan sebagai kajian bidang sains? Jelaskan!

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

- Abruscato, J., 1995. *Teaching Children Science*. Needham Heights: A Simon & Schuster Company
- Carin, A., 1993. *Teaching Modern Science*. New York: Macmillan Publishing Company
- Colette, A.T., 1994. *The in The Middle and Secondary Schools*. New York: Macmillan Publishing Company
- Darmodjo, H. 1985. *Ilmu Alamiah Dasar*. Jakarta: Karunika
- Ibrahim, M., dkk. 2004. *Sains*. Jakarta: Depdiknas
- Prasetyo, T.H. dan Haryanto, 1992. *Ilmu Alamiah Dasar*. Solo: Tiga Serangkai
- Jasin, Maskoeri. 1989. *Biologi Umum Untuk Perguruan Tinggi*. Surabaya: Bina Pustaka Tama.

## ◆ LATIHAN SOAL-SOAL

1. Apa yang dimaksud “Sains”? Uraikan 3 definisi tentang sains?
2. Para ilmuwan dalam memecahkan suatu permasalahan menggunakan “Metode Ilmiah”, jelaskan bagaimana urutan langkah-langkah metode ilmiah!
3. Apa yang dimaksud dengan makna *Ketrampilan proses sains* ? Jelaskan!
4. Mengapa banyak ilmuwan sains yang “Atheis”? Jelaskan!
5. Sebutkan nilai-nilai pedagogis sains apa saja yang penting untuk sebuah pembelajaran?

# BAB 2

## Asal Usul Makhluk Hidup

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa dapat mempelajari asal usul makhluk hidup, memahami konsep hidup, biogenesis, abiogenesis mencakup evolusi makhluk hidup secara keseluruhan.

### ◆ Indikator Kompetensi

Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:

1. membedakan konsep abiogenesis dan biogenesis
2. menjelaskan alasan yang memperkuat konsep abiogenesis dan biogenesis dari beberapa eksperimen yang dilakukan,
3. menyebutkan pendukung dari konsep abiogenesis dan biogenesis,
4. menjelaskan asal mula kehidupan pada tingkat molekuler menurut hipotesis Oparin dan hipotesis Miller,
5. mengidentifikasi beberapa ciri makhluk hidup dari percobaan yang telah dilakukan,
6. menjelaskan ciri makhluk hidup sebagai “organisasi kehidupan yang rumit.

### 2.1 Konsep Tentang Kehidupan

Sampai saat sekarang, konsep tentang hidup masih sulit didefinisikan secara tepat. Manusia baru mampu mengemukakan ciri-ciri atau kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh makhluk hidup. Oleh karena itu pertanyaan mengenai “Apakah sesungguhnya hidup itu” dan “dari manakah asal mula kehidupan” masih menjadi misteri belum terjawab dengan tuntas.

## ◆ Uji Potensi

**Apakah hidup itu? Apakah kehidupan itu?  
Bagaimana membedakan yang hidup dengan yang tak hidup?**

## ◆ Apa Yang Harus Dilakukan?

Perhatikan gambar 2.1 di bawah ini, Lingkungan hidup terdiri atas komponen-komponen yang hidup dan tak hidup. Selanjutnya kerjakan perintah berikut ini:

1. Amati lingkungan di sekitarmu ambil contoh beberapa komponen dari lingkungan untuk membedakan mana yang hidup dan yang tidak hidup? Bedakan keduanya!
2. Ambil contoh lagi dari habitat yang berbeda! Ikuti langkah yang pertama !
3. Alasan-alasan apa sehingga dapat membedakan antara yang hidup dan yang tak hidup?
4. Apakah itu ciri-ciri makhluk hidup?
5. Rumuskanlah tentang konsep hidup dan kehidupan berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan.



*Gambar 2.1 Lingkungan Hidup*

### 2.1.1 Konsep Abiogenesis dan Biogenesis

Manusia telah lama mempelajari bagaimana, bila dan dimana kehidupan dimulai. Selama ini manusia memiliki pengetahuan tentang kehidupan di bumi, padahal masih ada planet-planet lain yang memiliki kondisi yang memungkinkan untuk terjadinya kehidupan. Seandainya memang ada misalnya di planet Mars apakah proses terjadinya kehidupan sama dengan di bumi? Manusia dengan segala akal dan pikirannya

berusaha memberikan petunjuk ke arah terjadinya kehidupan. Banyak hipotesis yang menjawab tentang asal mula terdapatnya kehidupan di bumi ini diantaranya adalah *Abiogenesis* dan *Biogenesis*.

### 2.1.1.1 Konsep Abiogenesis

Di awal kita sudah dapat membedakan antara makhluk hidup dan makhluk tak hidup. Jika kita mengamati lebih jauh lagi maka sesungguhnya materi atau substansi yang menyusun makhluk hidup berbeda dengan materi yang menyusun makhluk tak hidup. Memang benar bahwa materi yang menyusun makhluk hidup secara langsung atau tidak langsung datang dari air, tanah dan udara yang semuanya merupakan benda tak hidup. Juga benar bahwa makhluk hidup yang telah mati zat-zat penyusunnya akan kembali ke tanah menjadi benda tak hidup kembali. Dengan demikian hubungan antara materi penyusun makhluk hidup dan tak hidup sangat erat sekali.

Untuk membedakan antara yang satu dengan lainnya, kita hendaknya memikirkan asal keduanya, komposisi kimianya, struktur dan fungsinya. Sejak zaman dahulu sampai beberapa abad yang lalu orang-orang mempercayai bahwa makhluk tak hidup atau makhluk yang telah mati dapat berubah secara langsung menjadi makhluk hidup. Hal inilah yang kita kenal sebagai ***Abiogenesis*** atau ***Generatio Spontanea***

Hal-hal yang menyebabkan timbulnya pandangan abiogenesis diantaranya adalah:

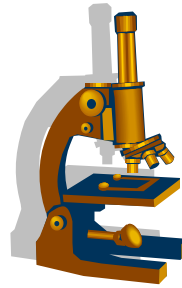
1. Terdapatnya lebah (lalat yang mirip lebah) pada setiap bangkai binatang seperti anjing, kuda, babi dan sebagainya. Mereka tidak mengetahui bahwa sesungguhnya lalat tersebut berasal dari larva (tempayak) yang menetas dari telur yang diletakkan pada bangkai tadi oleh induk lalat. Oleh sebab itu mereka berpendapat bahwa lalat berasal dari daging yang membusuk. Seperti yang terlihat pada gambar 2.2 a. lalat hijau (*Chrysomya megacephala*) yang mengerumuni daging.
2. Terdapatnya ikan dan katak pada perairan yang terbuka. Mereka mengemukakan pendapatnya bahwa binatang-binatang tersebut dihasilkan didalam awan selama angin ribut disertai guntur lalu jatuh ke bumi bersama hujan. Gambar 2.2 b. memperlihatkan contoh seekor ikan yang hidup di perairan.
3. Setelah ditemukan Mikroskop (gambar 2.2 c), ternyata pada perairan diamati tampak mikroorganisme banyak sekali. Air yang diamati adalah air rendaman jerami, maka timbul dugaan bahwa mikroorganisme tersebut berasal dari air rendaman jerami.



a



b



c

**Gambar 2. 2** (a) lalat hijau (*Chrysomya megacephala*), mengerumuni daging dan menimbulkan bunyi berdengung, siklus hidupnya sangat pendek hanya 8- 13 hari mulai dari telur, larva, pupa dan imago. (b) ikan yang hidup di perairan air tawar, kolam dan rawa rawa, (c) mikroskop, benda-benda mikro dapat dilihat dibawahnya

Pandangan abiogenesis ini cukup bertahan lama diterima oleh orang-orang tanpa ada bantahan-bantahan maupun pertanyaan-pertanyaan sampai abad ke-17. Hal ini karena pada masa itu belum ada peralatan-peralatan yang cukup serta orang-orang belum begitu kritis sedangkan pendukung abiogenesis banyak dari orang-orang terkemuka.

### Pendukung-Pendukung Abiogenesis

1. **Aristoteles**, Seorang ahli filsafat Yunani. Ia mengemukakan bahwa kehidupan berasal dari materi yang tidak hidup. Materi tersebut mempunyai “Kekuatan” yang dapat berubah menjadi organisme. Pendapat ini sampai 200 tahun didukung para ahli, mereka percaya bila sepotong daging dibiarkan dalam waktu cukup lama maka akan terjadi kehidupan yang berasal dari daging
2. **Jean Baptise Van Helmont**, Seorang tabib kebangsaan Belgia. Mengemukakan bahwa tikus berasal dari gandum dan pakaian kotor yang berkeringat manusia apabila ditempatkan dalam sebuah kotak maka dalam 21 hari akan menghasilkan tikus. Keringat merupakan gaya hidup yang diperlukan untuk proses kehidupan.
3. **John Needham**, Seorang saintis bangsa Inggris, berpendapat bahwa mikroorganisme berasal dari benda mati yaitu air kaldu. Ia melakukan percobaan dengan memanaskan air kaldu biri-biri dalam botol yang tidak rapat selama beberapa menit. Setelah beberapa hari didapatkan banyak mikroorganisme. Ia mengulangi percobaannya tetapi hasilnya tetap sama, maka disimpulkan bahwa mikroorganisme berasal dari air kaldu (makhluk tak hidup).

#### 2.1.1.2 Konsep Biogenesis

Konsep Abiogenesis cukup bertahan lama dan akhirnya timbul konsep Biogenesis yang menentang konsep abiogenesis. Diantaranya beberapa pendukung konsep biogenesis dengan eksperimen-eksperimennya, yaitu :

1. **Francesco Redi**, seorang saintis kebangsaan Itali pada abad ke-17 menyatakan bahwa pandangan abiogenesis tidak ditunjang oleh suatu eksperimen yang dapat dipertanggung jawabkan. Ia mengemukakan bahwa lalat-lalat datang dari telur-telur yang diletakkan oleh induk lalat dan daging yang membusuk merupakan medium untuk larva (tempayak) lalat tersebut. Pada tahun 1668 Redi melakukan percobaan dengan langkah yang dapat diuji oleh standar sains modern. Ia menempatkan daging ular, ikan dan belut botol-botol yang bersih, satu set dibiarkan terbuka dan satu set lagi dibiarkan tertutup rapat. Setelah beberapa minggu ternyata pada botol yang terbuka didapatkan larva-larva sedangkan pada botol yang tertutup daging-daging membusuk dan tidak ada larva. Percobaan Redi ditunjukkan oleh gambar 2.3.

Pernyataan Redi dibantah pendukung abiogenesis bahwa udara sebagai “dasar pengaktifan atau gaya hidup”, jadi tidak adanya lalat pada botol tertutup karena udara luar tidak masuk. Redi membuat eksperimen lagi dengan set botol yang sama ditambah dengan botol yang ditutup dengan kain halus ternyata juga tidak terdapat larva (tempayak).



**Gambar 2.3** Percobaan Francesco Redi

Pada gambar 2.3 di atas (a) daging diletakkan dalam wadah yang tertutup rapat sehingga tidak ada organisme yang dapat masuk, (b) daging ditempatkan pada wadah yang hanta ditutup dengan kain sehingga memungkinkan adanya kontak dengan udara akan tetapi serangga tidak dapat masuk, (c) daging ditempatkan pada wadah yang dibiarkan terbuka sehingga memungkinkan semua jenis makhluk hidup dapat masuk kedalam wadah tersebut terutama lalat dan juga larvanya.

2. **Lazarro Spallanzani**, seorang saintis kebangsaan Itali. Kira-kira 25 tahun setelah John Needham bereksperimen, Spallanzani menentang eksperimennya menyatakan bahwa Needham tidak memanaskan cukup lama untuk mematikan mikroorganisme dalam air kaldu tersebut. Ekperimennya Spallanzani menyiapkan 19

buah tabung reaksi yang berisi sari dari beberapa jenis tumbuhan ditutup rapat dan dididihkan selama 1 jam. Ternyata hasilnya tidak terjadi kehidupan pada seluruh tabung. Mereka membantah karena dalam percobaan tersebut pemanasan telah merusak “gaya hidup atau kekuatan tumbuh” sehingga mencegah terjadinya generatio spontanea. Percobaan kedua direncanakan untuk membuktikan pada pemanasan tidak merusak “gaya hidup”. Ia mempersiapkan 32 buah tabung reaksi diisi sari tumbuhan dan tepung kuning telur, ke 32 tabung dibagi 4 set yaitu dipanaskan  $\frac{1}{2}$  jam, 1jam,  $1\frac{1}{2}$  jam dan 2 jam. Setelah itu disumbat dan dibiarkan beberapa hari. Hasilnya ternyata mikroorganismenya terdapat pada seluruh tabung. Maka disimpulkan bahwa pemanasan membuat lebih cocok untuk pertumbuhan mikroorganismenya.

- Louis Pasteur**, seorang ahli kimia Perancis pada abad ke-19 mengadakan eksperimen bahwa mikroorganismenya datang dari udara. Dalam eksperimennya digunakan larutan ragi, larutan gula dan juice yang dimasukkan dalam botol berleher panjang ditutup rapat dan dipanaskan. Kemudian mengambil botol-botol steril untuk larutan tersebut dan ditempatkan ditempat yang mengandung kadar debu berbeda. Hasilnya ternyata terdapat jumlah mikroorganismenya yang berbeda-beda jumlahnya. Kesimpulannya bahwa mikroorganismenya terdapat diudara bersama partikel debu.

Eksperimen selanjutnya menggunakan botol berleher angsa. Ia memanaskan larutan ke dalam botol leher panjang, kemudian memanaskan bagian leher botol dan membengkokkannya menjadi bentuk S menyerupai leher angsa, lalu memanaskannya untuk beberapa waktu. Selama percobaan udara bergerak bebas melalui leher yang terbuka tetapi air dan debu akan tertahan pada bagian lekukan leher botol. Perhatikan gambar 2.4 di bawah ini, Pasteur menyiapkan botol berleher angsa, dengan bentuk botol berlekuk seperti ini udara tidak bisa melewatinya sehingga pada air kaldu tersebut setelah dibiarkan beberapa hari tidak ditemukan mikroorganismenya. Sementara pada botol yang tidak berbentuk leher angsa ditemukan pertumbuhan mikroorganismenya.



**Gambar 2.4** Percobaan Louis Paster



Hasil eksperimen Pasteur ini akhirnya mengganti konsep *Abiogenesis* atau *Generatio Spontanea* dengan *Biogenesis* yang artinya bahwa kehidupan berasal dari kehidupan sebelumnya atau **Omne vivum ex ovo, omne ovum ex vivo** artinya makhluk hidup berasal dari telur dan telur berasal dari makhluk hidup.

## 2.2 Asal Mula Kehidupan Pada Tingkat Molekuler

### ◆ Tujuan :

1. Menjelaskan asal mula terjadinya kehidupan pada tingkat molekuler menurut teori Miller dan Herrera
2. Menganalisa cirri-ciri makhluk hidup pada sebuah percobaan
3. Menyebutkan cirri-ciri makhluk hidup

Teori evolusi menerangkan bahwa keragaman kehidupan semua species di muka bumi berasal dari nenek moyang bersama. Fosil merupakan bukti bahwa species dulu lebih sedikit jumlahnya dan tidak kompleks seperti species sekarang. Apakah bentuk species pertama di bumi ini? Kita tidak mengetahuinya, tetapi kita hanya dapat berhipotesis tentang beberapa sifat-sifatnya. Dari mana asalnya? Kitapun tidak mengetahuinya. Bagaimana bumi ini? Mengapa ada banyak benda-benda langit seperti planet, bintang, bulan dan meteor? Seperti ditunjukkan pada gambar 2.5 di bawah ini. Teori evolusi menuntun kita untuk mempelajari tentang bentuk dan kehidupan pertama di bumi. Beberapa teori dan hipotesis telah banyak dikemukakan para ilmuwan.



**Gambar 2.5** Tata surya, yang terdiri dari benda-benda langit seperti planet, meteor, satelit, bintang dan lain sebagainya

## ◆ Teori dan Hipotesis Asal Usul Kehidupan

### 1. Teori Kosmozoa.

Teori mengenai asal-usul kehidupan ini memang dalam ruang lingkup penelitian ilmiah. Teori ini menerangkan adanya kehidupan di bumi dibawa kemari dari tempat lain di alam semesta, mungkin juga tergabung dengan meteorit yang jatuh. Beberapa meteorit mengandung molekul-molekul organik, tetapi molekul organik dari angkasa luar tidak sama dengan datangnya kehidupan.

Sekalipun kehidupan tersebut dapat menahan dari kekerasan ruangan antarplanet melalui atmosfer bumi. Teori ini sebenarnya tidak menjawab tentang asal-usul kehidupan, tetapi hanya menjauhkannya dari planet ini ke suatu lokasi lain.

### 2. Teori Generatio Spontanea.

Teori ini telah dijelaskan didepan, menurut teori ini bahwa makhluk hidup yang ada ini berasal dari makhluk atau benda tak hidup.

### 3. Hipotesis Oparin.

Manusia gemar mencari asal atau maupun permulaan sesuatu. Tidak ada cara yang langsung untuk membuktikan apakah asal kehidupan ini. Seorang ahli biokimia Rusia (1894) yakni **A.I Oparin** (gambar 2.6) dalam hipotesisnya mengemukakan bahwa evolusi zat-zat kimia telah terjadi jauh sebelum kehidupan ini ada. Dalam bukunya "Asal mula terjadinya kehidupan di bumi", Ia mengemukakan bahwa asal mula kehidupan terjadi selama evolusi terbentuknya bumi beserta atmosfernya.

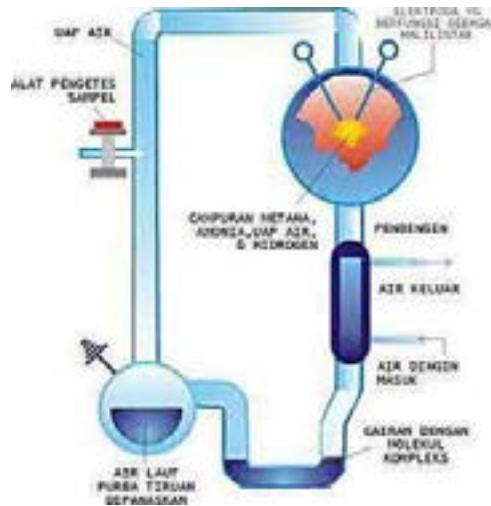


*Gambar 2.6 Alexander Oparin, Seorang Evolucionis terkenal yang muncul dengan gagasan "evolusi kimia" pada abad ke-20*

### 2. Hipotesis Uray.

Pada tahun 1953 **Stanley Miller** dibawah bimbingan gurunya, **Harold C. Uray** menciptakan suatu alat untuk membuktikan asal mula

terjadinya kehidupan di bumi. Alat ini (ditunjukkan pada gambar 2.7) disimpan pada suatu kondisi permukaan yang diperkirakan sama dengan kondisi pada waktu sebelum adanya kehidupan. Ke dalam alat ini dimasukkan campuran air, hidrogen, metan dan amonia, kemudian diberikan aliran listrik 75.000 volt (sebagai pengganti kilatan halilintar yang selalu terjadi di alam pada waktu tersebut). Dari hasil percobaannya didapatkan zat organik yaitu asam amino juga asam hidroksi, HCN dan Urea.



**Gambar 2.7** Alat Percobaan Stanley Miller

Apakah hasil percobaan Miller dan yang lainnya dapat menjawab pertanyaan “Apakah sesungguhnya hidup itu? Dan “Dari manakah asal mulanya terjadinya kehidupan ini?” Tentu saja belum, karena percobaan-percobaan tersebut tidak pernah menghasilkan suatu makhluk hidup. Demikian pula mengenai apa sesungguhnya hidup dan kehidupan ini, sampai saat ini orang atau para ahli baru mampu menjawab pertanyaan-pertanyaan tentang ciri-ciri, kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh makhluk hidup. Pengamatan pada gejala-gejala kehidupan dan proses-proses dalam kehidupan itulah yang terus kemudian diamati dan diteliti. Akan tetapi semua jawaban tersebut sesungguhnya masih jauh dari sempurna. Selanjutnya maka dibuatlah beberapa simpulan tentang ciri-ciri makhluk hidup.

Berikut ini adalah bagan yang menjelaskan mengapa percobaan Miller tidak berhasil, Berdasarkan asumsi percobaan Miller dengan keadaan yang sebenarnya terjadi di alam.

<b>ASUMSI MILLER</b>	<b>KONDISI SEBENARNYA</b>	<b>MENGAPA PERCOBAAN MILLER KELIRU</b>
<i>Ia menggunakan meta- na, ammonia dan uap air dalam percobaannya</i>	<i>Bumi purba berisi karbon dioksida dan nitrogen</i>	<i>Ferris dan Chen dari Amerika, mengulangi percobaan tersebut dengan menggunakan gas-gas yang ada pada masa purba, tak satu- pun asam amino yang merekadapatkan</i>
<i>Ia menganggap oksigen tidak ada dalam atmos- fir bumi purba</i>	<i>Penemuan menunjukkan bahwa terdapat oksigen dalam jumlah besar pada atmosfer bumi purba</i>	<i>Dengan keberadaan oksigen dalam jumlah besar, asam-asam amino akan hancur dan terurai sekalipun telah berhasil terbentuk</i>
<i>Ada mekanisme khu- sus yang dipasang untuk pembentukan asam amino dalam percobaannya. Me- kanisme tersebut "Cold Trap" (perangkap dingin) ini memisahkan dan melindungi asam-asam amino dari lingkungan terbuka segera setelah pembentukannya</i>	<i>Mustahil mekanisme tersebut seperti ini terdapat di alam. Dalam kondisi alamiah, asam- asam amino berhubun- gan dengan segala jenis factor luar yang bersifat merusak</i>	<i>Jika mekanisme yang dikenal sebagai "Cold Trap" ini tidak ada, sumber percikan listrik dan zat-zat kimia lain yang dihasilkan selama percobaan berlangsung akan merusak asam- asam amino tersebut</i>

Sumber: Menyibak Tabir Evolusi

**Bagan 2.1** Asumsi dan Percobaan Miller

## 2.3 Ciri-Ciri Makhluk Hidup

Mengenai apa sesungguhnya hidup itu sampai saat ini orang baru dapat mengamati gejala-gejala atau ciri-cirinya saja. Gejala kehidupan sangat beraneka ragam tetapi pada hakekatnya dapat diterangkan dengan pengertian dan proses fisika-kimiawi. Untuk membedakan yang hidup dengan yang tidak hidup maka ditegaskan bahwa makhluk memiliki beberapa ciri dan pemisahan makhluk hidup.

Dari hasil pengamatan didapat bahwa makhluk hidup memiliki ciri-ciri, diantaranya :

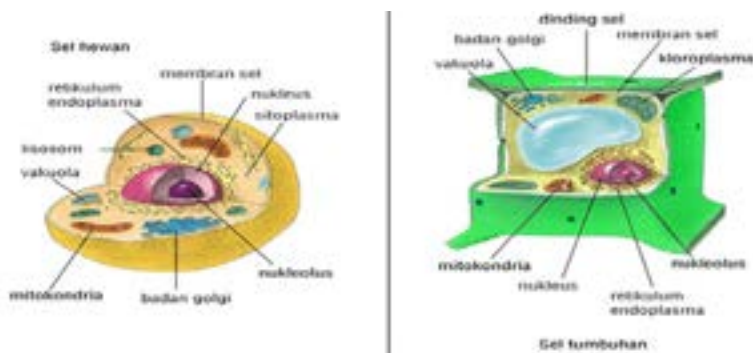
### 1. Organisasi Kehidupan Yang Rumit

Tiap species makhluk hidup dapat dikenal dari bentuk dan penampilannya yang khas. Pada umumnya benda tak hidup mempunyai lebih banyak variasi dalam bentuk dan ukuran. Makhluk hidup tidak homogen tetapi tersusun atas bagian yang berbeda. Jika

kita memeriksa bagian dari tubuh seekor anjing maka kita temukan bagian atau unit struktur dan fungsi terkecil yaitu **Sel**. Sel hewan dan sel tumbuhan memiliki beberapa organel seperti terlihat pada gambar 2.8 di bawah ini. Sel-sel ini kemudian berkumpul dan tersusun menjadi **Jaringan**. Beberapa jaringan akan membentuk **organ**, selanjutnya organ-organ akan membentuk sebuah system, Sistem-sistem dalam tubuh saling berkoordinasi dan beregulasi sehingga terbentuk suatu **organisme**.

### Info Istilah :

1. Sel
2. Jaringan
3. Organ
4. Sistem
5. Organisme



**Gambar 2.8** Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

## 2. Metabolisme

Semua makhluk hidup melakukan semua proses kimia yang disebut Metabolisme. Semua sel secara terus-menerus mengambil zat-zat baru, dan diubahnya secara kimiawi, membentuk komponen sel baru, mengubah energi potensial yang terdapat dalam molekul besar seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi energi kinetik dan panas dengan mengubah molekul besar menjadi molekul sederhana. Arus energi berlangsung dari satu sel ke sel lainnya.

Laju metabolisme dipengaruhi oleh : suhu, umur, jenis kelamin, hormon, dan aktifitas. Proses metabolisme dimana zat yang lebih sederhana disatukan untuk membentuk zat yang lebih kompleks, menimbun energi dan materi-materi baru disebut **Anabolisme**. Proses yang berlawanan dimana zat yang kompleks dirombak untuk menghasilkan energi menjadi sederhana disebut **Katabolisme**.

Kedua macam metabolisme terjadi secara terus menerus dan saling tergantung sehingga kedua reaksi tersebut sangat sulit dibedakan.

### *Info Istilah :*

1. Makromolekul
2. Metabolisme
3. Anabolisme
4. Katabolisme
5. Reproduksi aseksual

### 3. Reproduksi

Semua makhluk hidup pada suatu saat akan mati dan sebagian yang bertahan hidup harus membuat turunannya sebelum mati. Hal ini merupakan ciri kemampuan berkembang biak atau reproduksi (**seine qua non**). Cara berkembang biak ada dua secara aseksual dan seksual. Secara aseksual hanya satu induk yang terlibat dan anaknya identik dengan induknya.

Secara seksual mensyaratkan adanya dua induk yang menyumbang terbentuknya individu baru. Penciptaan individu baru dari pemilihan gen-gen secara kebetulan disumbangkan dua induk berlainan memungkinkan terbentuknya kombinasi sifat yang baru. Tujuan utama pembiakan secara seksual adalah variasi atau keragaman keturunan.



**Gambar 2.9** Reproduksi seksual dengan pertunasan pada *Hydra*

### 4. Ketanggapan atau Kepekaan (Responsiveness)

Semua makhluk hidup mempunyai kepekaan terhadap perubahan tertentu (stimuli) disekitarnya. Perubahan dalam cahaya, suhu, bunyi, gravitasi, kontak, mekanik, tekanan, perubahan komposisi kimia tanah, air dan sebagainya. Pada tumbuhan misalnya *Helianthus annuus*, mempunyai kepekaan terhadap cahaya yaitu akan mekar menghadap cahaya matahari seperti ditunjukkan pada gambar 2.10 di bawah ini.



**Gambar 2.10** *Helianthus annuus*

*Helianthus*, mempunyai kepekaan terhadap cahaya, yaitu akan mekar menghadap cahaya matahari

Pada manusia atau hewan terdapat sel tubuh yang berkembang secara khusus untuk menanggapi rangsangan tertentu misalnya sel batang dan konus dalam retina mata terhadap cahaya, sel-sel tertentu dalam rongga hidung dan papil pengecap pada lidah yang peka terhadap rangsangan kimiawi. Pada hewan tingkat rendah sel-sel tersebut mungkin tidak ada, tetapi semua makhluk hidup mempunyai kemampuan memberi tanggapan terhadap rangsangan.

## 5. Pertumbuhan dan Perkembangan

Tumbuhan dan hewan dapat tumbuh atau berkembang sedangkan benda tak hidup atau mati tidak. Peningkatan massa dapat terjadi karena ukuran sel menjadi besar, atau peningkatan jumlah sel atau kedua-duanya.

Pertumbuhan dianggap terjadi karena peningkatan jumlah zat hidup dalam tubuh yang diukur dengan jumlah kadar protein, nitrogen atau asam nukleat. Pertumbuhan dapat terjadi secara serentak atau secara deferensial pada satu bagian yang lain, sehingga dengan pertumbuhan itu perbandingan

### *Info Istilah :*

1. *Reproduksi seksual*
2. *Responsiveness*
3. *Pertumbuhan*
4. *Perkembangan*
5. *Adaptasi*

## 6. Gerakan

Kemampuan untuk bergerak merupakan ciri makhluk hidup baik pada tumbuhan maupun hewan. Gerakan pada hewan dapat dilihat dengan jelas tetapi pada tumbuhan kurang jelas dan lebih lambat. Gerakan tubuh pada hewan disebabkan oleh kontraksi otot, gerakan silium atau flagelum atau gerakan amoeboid.



(a) (b) (c) (d)  
**Gambar 2.11** (a) *Amoeba proteus* salah satu amoeba yang paling besar biasanya digunakan untuk penelitian Biologi sel suatu amoeba pindah;bergerak dengan yang bergerak amoeboid dengan pseudopodia yaitu hanya mengalir ke dalam tubuhnya. nukleus dari amoeba dapat terlihat,, (b), gerak mekarnya bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*), (c), *Blepharisma japonica* menunjukkan mikronukleus (objek lingkaran kecil) dan satu makronukleus memperpanjang struktur didalam sel (d) Suatu bentuk corong ciliata yang mempertunjukkan cilia yang diatur



**Gambar 2.12** Bunga Pukul Empat (*Mirabilis jalapa*)

## 7. Adaptasi

Kemampuan tumbuhan dan hewan untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan sekitarnya adalah suatu ciri khas yang memungkinkan bertahan dalam permukaan bumi yang selalu berubah. Tiap species menyesuaikan diri dengan mencari lingkungan yang cocok atau dengan modifikasi yang membuatnya lebih cocok. Adaptasi dapat berupa perubahan yang terjadi secara cepat atau lambat tergantung pada kepekaan sel-sel, sistem enzim terhadap indikator atau merupakan hasil suatu proses mutasi dan seleksi yang berlangsung lama. Sehingga tidak ada suatu jenis makhluk



yang dapat menyesuaikan dengan segala macam lingkungan, oleh karenanya ada daerah tertentu yang makhluk hidup tertentu tidak akan dapat bertahan. Beberapa faktor yang membatasi distribusi suatu species yaitu cahaya, suhu, air, makanan, persaingan, parasit dan sebagainya.



(a)

(b)

(c)

**Gambar 2.13** Adaptasi Makhluk hidup pada lingkungannya

(a) Beruang kutub, dengan bulunya yang tebal dapat menyesuaikan ditempat yang dingin. Gambar (b) ikan lumba-lumba dapat hidup dilaut yang mempunyai kedalaman yang tinggi dan lepas pantai, gambar (c) Bunga lavender hanya dapat tumbuh pada lingkungan tertentu pada daerah subtropis dan di daerah pegunungan.



**Gambar 2.14** Adaptasi makhluk hidup pada lingkungannya.

## ◆ RANGKUMAN

Pertanyaan tentang asal usul makhluk hidup serta apa itu hidup sampai sekarang masih belum terjawab. Akan tetapi para Ilmuwan menjelaskan bahwa asal usul makhluk hidup terdiri atas abiogenesis dan biogenesis. Konsep abiogenesis menyatakan bahwa semua makhluk hidup yang berada di muka bumi berasal dari makhluk tidak hidup. Pendukung konsep abiogenesis adalah Aristoteles, Jean Baptise Van Helmont, dan John Needham. Sedangkan konsep biogenesis menyatakan bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup lagi yang didukung oleh Francesco Redi, Lazarro Spallanzani dan Louis Pasteur.

## ◆ RANGKUMAN

Tentang asal kehidupan pada mulanya dikemukakan beberapa teori dan hipotesis dari para ilmuwan, antara lain Teori Kosmozoa, Teori Generatio Spontanea, Hipotesis Oparin, dan Hipotesis Uray.

Untuk membedakan yang hidup dengan yang tidak hidup maka ditegaskan bahwa makhluk memiliki beberapa ciri dan pemisahan makhluk hidup. Dari hasil pengamatan didapat bahwa makhluk hidup memiliki ciri-ciri, diantaranya merupakan organisasi kehidupan yang rumit, melakukan metabolisme, bereproduksi, responsiveness, mengadakan pertumbuhan dan perkembangan, melakukan gerakan dan beradaptasi

## ◆ BAHAN DISKUSI

1. Mengapa konsep abiogenesis dapat bertahan lama sampai abad ke 17 diterima tanpa ada bantah- bantahan? Hampir satu abad konsep tersebut bertahan!
2. Eksperimen Miller adalah salah satu eksperimen yang dirancang untuk membuktikan tentang asal usul makhluk hidup dan kehidupan. Jelaskan mengapa eksperimen tersebut tidak berhasil?
3. Diskusikan dalam kelompok: Apakah hidup itu? Apakah kehidupan itu? Bagaimana membedakan yang hidup dengan yang tak hidup?

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

- Kimball, JW. 1991. *Biology* Jilid 1. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga
- B.S.C.S, Idjah Soemarwoto dkk., 1986. *Biologi Umum*. Jilid 2. Jakarta: PT.Gramedia
- Jasin, Mskoeri. 1985. *Biologi Untuk Universitas*. Surabaya: Sinar Wijaya
- Sutarno, Nono. 1987. *Biologi Umum*. Bandung: IKIP Press
- Raven H. Peter, Johnson B. George. 1986. *Biology*. Times Mirror/Mosby College Publishing. St. Louis. Toronto
- Curtis, Helena. 1984. *Biology*. Fourt Edition. Worth Publisher. New York
- Bernstein, Ruth and Stephen. 1982. *Biology: The Study Of Life*. Harcourt Brace Jovanovich, Inc. New York.
- Yahya, Harun. 2003. *Menyibak Tabir Evolusi*. Globalmedia. Jakarta

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

1. Jelaskan perbedaan konsep tentang asal usul kehidupan yaitu abiogenesis dan biogenesis?
2. Alasan-alasan apa yang memperkuat masing-masing konsep abiogenesis dan biogenesis, terutama percobaan-percobaan yang telah dilakukan?
3. Bagaimana eksperimen Louis Pasteur yang menguatkan konsep Biogenesis? Jelaskan!
4. Jelaskan bagaimana asal usul terjadinya kehidupan menurut hipotesis Oparin dan hipotesis Miller?
5. Sebutkan ciri-ciri makhluk hidup seperti yang telah dilakukan percobaannya?
6. Jelaskan tentang ciri makhluk hidup yaitu “ Organisasi kehidupan yang rumit”!



# BAB 3

## Sel Sebagai Struktur Dasar Kehidupan

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa dapat memahami sel sebagai struktur dasar kehidupan yang merupakan unit fungsional terkecil serta dapat mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.

### ◆ Indikator Kompetensi

Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:

1. Menjelaskan protoplasma merupakan unit fungsional kehidupan
2. Menjelaskan sifat-sifat kimia dari protoplasma
3. Membedakan beberapa hal dari sel prokariotik dan sel eukariotik
4. Membandingkan selaput pembungkus pada sel hewan dan sel tumbuhan dihubungkan dengan fungsinya.
5. Menjelaskan fungsi organel-organel berikut; inti sel, mitokondria, ribosom, retikulum endoplasma dan badan golgi.
6. Menganalisa alasan virus dimasukkan golongan makhluk hidup atau bukan atau kelompok sel.
7. Menguraikan persamaan dan perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan.

### 3.1 Sejarah dan Teori Sel

Semua organisme disusun oleh sebuah atau sejumlah sel. Sel-sel penyusun organisme tersebut merupakan suatu kesatuan hidup terkecil, artinya bahwa semua kegiatan hidup organisme merupakan manifestasi dari proses-proses metabolisme dan reproduksi dari pada sel. Di dalam sel tersebut, apabila kita dapat mengamati moleku-molekul yang terdapat di dalamnya, maka kita akan dapat menyaksikan

betapa hebatnya reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalamnya. Unsur-unsur dan molekul-molekul kimia yang terdapat di dalam sel merupakan suatu subsistem yang akan membentuk sistem yang lebih besar dalam suatu organisme

### 3.1.1 Sejarah Sel

**Sel** adalah unit terkecil dari kehidupan. Salah satu cabang ilmu Biologi yang mempelajari tentang sel adalah Biologi sel. Ilmu biologi sel mempelajari khusus sel meliputi morfologi, biokimia, sitokimia, fisiologi dan sifat-sifat genetiknya.

Sejarah sel telah dimulai sejak abad ke-15 yaitu pada tahun 1485 **Da Vinci** melihat objek-objek yang sangat kecil dengan menggunakan lensa. Tahun 1610 **Galileo** telah membuat alat mikroskop sederhana. Pada tahun 1665 **Robert Hooke** membuat mikroskop kemudian mengamati sayatan tipis gabus di bawah mikroskop, ternyata gabus tersebut tersusun atas bagian-bagian yang menyerupai kotak yang dinamakan **sel**. **Antoni Van Leeuwenhoek** pada tahun 1723, membuat mikroskop sederhana dan mempelajari struktur bakteri, protozoa, spermatozoa dan sel darah. Pada abad ke-19 yaitu tahun 1824 seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris **H.J. Dutrochet**, menyatakan bahwa seluruh jaringan sesungguhnya adalah tersusun atas sel-sel bulat kecil yang disatukan oleh kekuatan adhesif sederhana. Dengan demikian seluruh jaringan pada tumbuhan dan hewan merupakan jaringan-jaringan sel yang mengalami modifikasi.

### 3.1.2 Teori Sel

Tahun 1838 seorang ahli botani berkebangsaan Jerman **M.T. Schleiden** mempelajari sel-sel tumbuhan, menyatakan bahwa sel adalah organisme dan seluruh binatang dan tumbuhan merupakan kesatuan dari organisme yang tersusun menurut hukum atau aturan-aturan tertentu. Pada tahun 1839 seorang ahli Zoologi berkebangsaan Jerman bernama **T. Schwann** menyatakan bahwa seluruh organisme disusun oleh bagian-bagian tertentu yang disebut sel. Teori sel mengatakan bahwa seluruh makhluk hidup dari mulai yang paling sederhana yaitu organisme bersel satu sampai pada tumbuhan dan binatang yang berderajat tinggi disusun oleh sel dan tiap-tiap sel dapat berperan secara bebas tetapi merupakan bagian integral dari organisme secara keseluruhan.

Teori sel ternyata tidak dapat lepas dari kesalahan-kesalahan, misalnya **Schwann** beranggapan bahwa sel dapat dihasilkan secara spontan melalui proses yang analog dengan proses pembentukan kristal. Tetapi studi tentang perkembangan embrio menunjukkan bahwa selama pertumbuhannya sel-sel mengalami duplikasi sendiri melalui pembelahan sel. Selanjutnya **Rudolf Virchow** menyatakan bahwa adanya suatu sel berasal dari sel yang ada sebelumnya, misalnya binatang hanya akan ada dari binatang sebelumnya dan tumbuhan hanya berasal dari tumbuhan sebelumnya. Akhirnya sel didefinisikan

sebagai kumpulan dari protoplasma yang memiliki inti dan dibatasi oleh selaput plasma.

## 3.2 Protoplasma Sebagai Substansi Dasar Makhluk Hidup

Sel yang masih hidup mengandung suatu substansi hidup yang dinamakan **Protoplasma**. **Max Schultze** (1825-1874) menyatakan bahwa "Protoplasma sebagai dasar-dasar fisik dari suatu kehidupan". Istilah protoplasma berasal dari bahasa Yunani yaitu "**Proto**" artinya primitif atau pertama dan "**Plasma**" artinya substansi atau zat. Protoplasma merupakan suatu sistem yang dibangun oleh senyawa-senyawa kimia kompleks yang didalamnya terjadi proses-proses kimia yang kompleks pula. Protoplasma terbagi atas **Sitoplasma** dan **Nukleoplasma**. **Sitoplasma** adalah plasma yang terdapat di antara selaput plasma dan dinding inti sel. Sitoplasma merupakan bagian penting karena merupakan tempat berfungsi proses-proses **biosintesa** dan **bioenergetik**. **Nukleoplasma** adalah plasma yang terdapat di dalam inti sel. Didalamnya terdapat benang-benang kromatin dengan materi genetik pembawa sifat menurun.

### 3.2.1 Sifat-Sifat Fisik dari Protoplasma

Beberapa teori mengenai sifat-sifat fisik protoplasma khususnya bagian matriks diantaranya:

#### a. Teori Retikuler

Menurut teori ini matriks tersusun atas serabut-serabut retikulum atau partikel-partikel di dalam substansi dasar.

#### b. Teori Alveolar

Teori ini dikemukakan oleh **Butschli** (1892), mengemukakan bahwa matriks disusun oleh tetesan-tetesan suspensi atau gelembung-gelembung kecil yang menyerupai buih emulsi.

#### c. Teori Granular

Menurut **Altman** (1893), matriks berisi butiran-butiran yang ukurannya tidak sama yang disebut Bioplas.

#### d. Teori Fibrilar

**Fleming** mengemukakan bahwa matriks tersusun atas serabut-serabut fibrin.

#### e. Teori Koloidal

Teori Koloidal merupakan teori terbaru, dimana sebagian matriks terdiri dari larutan (solution) dan sebagian lagi merupakan **sistem koloid**.

**Larutan (solution)** adalah suatu campuran liquid yang disebut pelarut (Solvent) dan beberapa zat kimia dalam bentuk cair atau padat yang disebut zat terlarut (solute). Didalam larutan, partikel-partikel yang terlarut mempunyai ukuran diameter kurang dari  $1/10.000$  mm. Zat terlarut yang penting misalnya glukosa, vitamin. Mineral, asam amino, asam lemak dan Enzim-enzim. **Sistem Koloid** adalah suatu sistem

yang terdiri atas medium liquid dan mempunyai partikel dengan ukuran diameter  $1/1.000.000 - 1/10.000$  mm yang tersebar dalam medium tersebut. Sistem koloid tersusun atas dua fase yaitu **fase liquid** dalam bentuk cair dan **fase tersebar** (dispersi) dalam bentuk padat seperti protein, asam nukleat dan dalam bentuk cairan misalnya lemak minyak. Sistem koloid mempunyai **fase Pembalikan (Reversal)** yaitu matriks dapat berbentuk kental atau setengah padat yang disebut **fase gel** dapat berbentuk cair yang disebut **fase sol**. Kedua fase tersebut dapat berubah-ubah dari gel menjadi sol melalui solation dan dari bentuk sol menjadi gel melalui gelation. Perubahan ini terjadi sesuai dengan aktivitas fisiologi, mekanik dan biokimia sel.

### Uji Potensi



1. Amati gambar di atas, bedakan antara sirup, susu dan kopi berdasarkan sifat fisik dari cairannya!
2. Apa yang dimaksud dengan larutan, koloid dan suspensi? Jelaskan!

### 3.2.2 Sifat-Sifat Kimia dari Protoplasma

Secara kimia, matriks sitoplasma disusun oleh unsur-unsur kimia dalam bentuk atom-atom, ion-ion dan molekul-molekul. Di alam terdapat 104 unsur kimia dan sebanyak 36 unsur kimia yang terdapat dalam sitoplasma dengan persentase yang berbeda-beda. Ke-36 unsur tersebut berperan dalam melaksanakan segala aktivitas biologi dan kimia sel.

#### a. Unsur-unsur Makro

Yaitu unsur-unsur yang terdapat dalam jumlah besar di dalam matriks sitoplasma. Misalnya oksigen (62%), karbon (20%), hidrogen (10%) dan nitrogen (3%). Unsur-unsur ini sangat memegang peranan penting yaitu komponen penyusun makromolekul seperti karbohidrat, lemak dan protein.

#### b. Unsur-unsur Mikro

Unsur-unsur ini terdapat dalam persentase rendah, diantaranya; kalsium (Ca 2,5%), fosfor (P 1,14%), klorida (Cl 0,16%), sulfur (S 0,14%), Potasium (K 0,11%), sodium (Na 0,10%), magnesium (Mg 0,70%), yodium (I 0,014%) dan besi (Fe 0,10%). Peranan unsur mikro sebagai contoh fosfor merupakan salah satu komponen utama dari Adenosin Trifosfat (ATP), Asam Deoksiribosa Nukleat (ADN) dan Asam Ribosa Nukleat (ARN). Unsur mikro ini juga berperan dalam aktivitas fisik sel seperti osmosis, difusi, transpor aktif dan aktivitas lainnya.



### c. Unsur-unsur Ultrastruktur

Unsur-unsur ini terdapat dalam matriks sitoplasma dalam jumlah yang sangat sedikit. Terutama diperlukan sebagai kofaktor dalam bermacam-macam reaksi kimia. Yang termasuk ke dalam unsur ini yaitu copper (Cu), kobalt (Co), mangan (Zn), seng atau zinc (Zn), Molibdat (Mo), Boron (B) dan silikon (Si).

Sifat-sifat kimia protoplasma yang lain diantaranya:

#### a. Elektrolit dan Non Elektrolit

Molekul-molekul dalam matriks ada yang bersifat elektrolit dan non elektrolit. Molekul elektrolit yaitu molekul dalam bentuk ion-ion yang dapat meneruskan arus listrik. Misalnya molekul garam mineral. Suatu larutan elektrolit merupakan larutan yang dapat melakukan disosiasi, misalnya asam yaitu senyawa dalam pemecahannya menghasilkan ion-ion hidrogen, basa yaitu senyawa merupakan penggabungan antara logam dan hidroksil radikal (OH<sup>-</sup>) yang dalam pemecahannya menghasilkan ion-ion hidroksil (OH<sup>-</sup>) dan garam merupakan senyawa yang tersusun atas logam dan non logam. Molekul elektrolit berperan penting dalam menjaga tekanan osmotik dan keseimbangan asam basa.

Molekul non elektrolit termasuk diantaranya beberapa mineral seperti Na, K, Ca, Cu, Mg, I, Fe, Mn, Mo, Cl, Zn, dan Ni. Molekul non elektrolit berperan penting dalam sel yaitu sebagai komponen dalam beberapa hal misalnya besi (Fe) merupakan salah satu komponen utama dari hemoglobin dan enzim. Kalsium (Ca) terdapat dalam dalam darah, matriks dan tulang. Mn, Mo dan Zn berperan sebagai kofaktor dalam aktivitas enzimatik.

#### b. Zat Organik dan Anorganik

##### Zat Anorganik.

Zat anorganik diperoleh dari benda-benda tak hidup di alam misalnya logam, non logam, dan senyawa-senyawa seperti air, garam, bermacam-macam elektrolit dan non elektrolit. Zat anorganik yang paling banyak terdapat di dalam matriks adalah air yaitu 65% - 80%. Dari seluruh air yang terdapat dalam matriks 95% nya terdiri dari air dalam bentuk **air bebas** yaitu sebagai pelarut zat organik dan anorganik. Sisanya 5% berupa **air ikatan** yaitu air yang berikatan dengan molekul-molekul karbohidrat melalui ikatan hidrogen.

Beberapa fungsi air bagi organisme antara lain:

1. sebagai pelarut zat organik dan anorganik
2. membentuk medium dispersi yang baik untuk sistem koloid
3. sebagai pelarut elektrolit
4. pengatur kestabilan temperatur
5. sebagai media transportasi makanan, sampah nitrogen. Zat-zat lain yang diperlukan.

## Zat Organik.

Senyawa organik adalah substansi kimia yang mengandung karbon yang bergabung dengan satu atau lebih unsur seperti hidrogen (H), nitrogen (N) dan sulfur (S). Senyawa yang termasuk zat organik adalah senyawa tergolong makromolekul adalah karbohidrat, lemak, protein, vitamin, hormon dan nukleotida.

### 1). Karbohidrat.

Zat organik yang paling sederhana adalah karbohidrat. Karbohidrat merupakan senyawa yang terdiri dari karbon, hydrogen dan oksigen. Karbohidrat merupakan sumber energy bagi semua makhluk hidup. Hanya tumbuhan hijau dan beberapa mikroba tertentu yang memiliki kemampuan mensintesis karbohidrat melalui proses fotosintesis. Klasifikasi karbohidrat terdiri dari :

- a). **Monosakarida**, merupakan gula sederhana dengan rumus  $C_n(H_2O)_n$ . Monosakarida diberi nama sesuai dengan jumlah atom karbon yang terdapat didalam molekulnya.  
Yaitu : Triosa, tetrosa, pentosa dan heksosa (glukosa, fruktosa dan galaktosa merupakan gula heksosa).
- b). **Oligosakarida**, mengandung 2-10 monosakarida di dalam molekulnya, yang termasuk Oligosakarida yaitu :  
Disakarida, misalnya sukrosa, maltosa dan laktosa.  
Trisakarida, misalnya reffinosa, rabinosa dan gentinosa.  
Tetrasakarida, misalnya stakfosa dan skordosa.  
Pentasakarida, misalnya verbaskosa.
- c). **Polisakarida** ( $C_6H_{10}O_6$ )<sub>n</sub>, tersusun atas 10 sampai ribuan monosakarida dalam molekulnya. Contoh yang termasuk polisakarida adalah amilum, glikogen dan selulosa.

### 2). Lemak

Lemak adalah senyawa organik yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam ether, kloroform, bensin, alkohol panas dan petroluium ether. Lemak merupakan komponen penting bagi selaput sel, hormon dan vitamin serta sebagai sumber energi bagi sel. Lemak diklasifikasikan menjadi :

- a). Lemak Sederhana, adalah ester dari alkohol atau trigliserida yang mengandung asam lemak dan alkohol.
- b). Lemak campuran, mengandung asam lemak, alkohol dan campuran-campuran lainnya. Contoh pada tumbuhan antara lain fosfolipida, steroid dan glikolipida.

### 3). Protein

Protein tersusun oleh karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen. Protein merupakan polimer dari asam amino. Asam amino adalah senyawa organik yang mengandung satu atau lebih gugusan amin ( $-NH_2$ ) dan satu atau lebih gugusan karboksil ( $-COOH$ ). Asam amino terdapat

bebas dalam matriks sitoplasma. Berdasarkan fungsinya protein dibedakan atas :

- a). Protein struktural yaitu protein yang membentuk bermacam-macam struktur sel seperti selaput plasma, dinding rongga sel dan organel-organel yang terdapat di dalam sel.
- b). Protein fungsional atau enzim yaitu protein yang berfungsi sebagai katalis spesiifik pada kebanyakan biosintesis dan aktivitas metabolisme sel.

Molekul protein merupakan komponen pembentuk sel dan bagian-bagian sel seperti selaput plasma, dinding rongga sel dan organel-organel yang terdapat di dalam sel.

#### 4). Vitamin

Vitamin merupakan senyawa organik yang hanya diperlukan dalam jumlah yang sedikit oleh tubuh, tetapi kekurangan vitamin dapat menimbulkan berbagai penyakit dan terganggunya proses metabolisme. Tubuh tidak dapat mensintesis vitamin oleh sebab itu asupan vitamin melalui makanan sangat diperlukan.

#### 5). Hormon

Hormon merupakan senyawa organik yang kompleks. Hormon berfungsi mengatur sintesis mRNA, sintesis enzim-enzim, berpengaruh terhadap metabolisme tubuh, dan mengatur aktivitas-aktivitas fisiologi di dalam sel. Hormon disintesis oleh **kelenjar Endokrin** kemudian diangkut ke bagian-bagian sel organisme melalui system peredaran darah. Beberapa contoh hormon yang sangat penting dalam tubuh adalah hormone pertumbuhan, estrogen, insulin, tiroksin, kortison dan sebagainya. Hormon insulin yang disintesis oleh **Pulau-pulau Langerhans** dalam pancreas berfungsi mengangkut glukosa di dalam darah menuju ke otot kemudian merubah glukosa tersebut menjadi glikogen.

#### 6). Asam Nukleat

Asam nukleat merupakan senyawa organik makromolekul, berfungsi mengontrol aktivitas biosintesis sel dan membawa informasi genetik. Terdapat dua jenis asam nukleat yaitu Deoxyribonucleic acid (DNA) atau asam deoksiribosa nukleat (ADN) dan Ribonucleic acid (RNA) atau asam ribosa nukleat (ARN). ADN dan ARN merupakan polimer dari nukleotida. Nukleotida disusun oleh nukleosida dan asam fosfat. Nukleosida terdiri dari gula pentosa (Ribosa dan Deoksiribosa) dan basa nitrogen (Purin dan Pirimidin).

#### c. Derajat Keasaman (pH)

Dalam suatu larutan 1 molekul yang bisa terionisasi memberikan ionnn  $H^+$  disebut asam, sebaliknya yang memberikan ion  $OH^-$  disebut basa. Air murni mempunyai pH = 7, derajat keasaman < 7 dikategorikan bersifat asam dan derajat keasaman > 7 dikategorikan bersifat basa.

Cairan ekstraseluler manusia mempunyai rata-rata pH = 7,4. Perubahan pH > 7,8 atau pH < 6,8 pada cairan ekstraseluler akan mengakibatkan perubahan drastis pada konfigurasi molekul-molekul protein tubuh, sehingga merubah fungsi-fungsi fisiologis molekul-molekul tersebut dan ini tidak dapat ditolerir tubuh kita.

### 3.3 Sel Sebagai Unit Struktural Kehidupan

Semua organisme tersusun atas sel atau sejumlah sel. Sel adalah kesatuan dasar dari struktur atau organisasi seluruh makhluk hidup. Sel adalah kesatuan dari aktivitas biologi yang dibatasi oleh selaput semipermeabel dan mampu memperbanyak diri dalam suatu medium yang bebas dari sistem kehidupan lain. Tetapi tidak termasuk Virus, karena virus tidak memiliki selaput yang semipermeabel. Berdasarkan nenek moyang sel yaitu Monera dan Protista, maka sel diklasifikasikan menjadi :

#### 1. Sel Prokariotik

Merupakan sel yang paling sederhana yaitu hanya memiliki satu sistem pembungkus di sebelah dalam, umumnya tidak memiliki struktur organel seperti Retikulum endoplasma, Golgi Kompleks dan sebagainya. Sel prokariotik dimiliki oleh *Bakteri* dan *Ganggang Biru*.

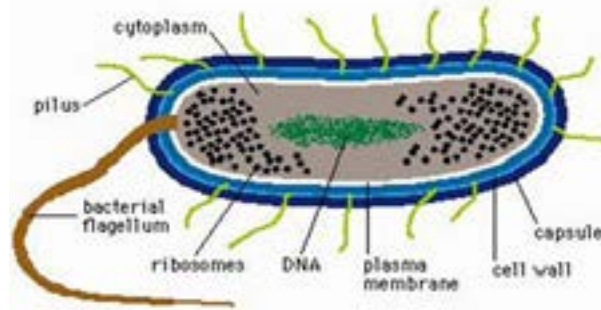
#### Bakteri

Di mana dapat kita jumpai bakteri? Jawabnya, di mana-mana di sekitar kita. Di permukaan kulit kita terkandung berjuta bakteri. Demikian pula di kepala, mulut, sistem pencernaan makanan, terdapat bakteri yang bermilyar-milyar banyaknya. Pada kentang yang membusuk atau makanan yang membusuk, di dalam kotoran gigi banyak dijumpai bakteri pembusuk. Di dalam 1 gram tanah terkandung 100 juta bakteri dan di dalam susu segar terkandung 3 milyar bakteri. Koloni bakteri yaitu kumpulan bakteri sejenis juga dapat dijumpai pada makanan yang membusuk. Koloni bakteri tersebut biasanya berbentuk lendir, seperti percikan susu, atau seperti percikan mentega. Jika kita ambil kemudian diamati di bawah mikroskop akan dapat kita amati sel bakteri. Pengamatan bakteri dengan mikroskop cahaya memerlukan pembesaran minimal 1000 X. Nama bakteri berasal dari bahasa Yunani: **bakterion** yang berarti batang kecil. Meskipun demikian, bentuk bakteri tidak hanya seperti batang (basil), melainkan ada yang berbentuk bola (*coccus*), dan spiral (*spirillum*).

Bakteri memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

- Bakteri ada yang berbentuk basil (batang), kokus (bola), dan spiral
- Merupakan mikroorganisme yang berukuran lebar 0,5--1 mikron dan panjang hingga 10 mikron.
- Dapat hidup di berbagai lingkungan, misalnya, di tubuh organisme, di tanah, air tawar, air laut, dan sebagainya.

- d. Dinding selnya tersusun atas polisakarida yang berikatan dengan protein, membentuk peptidoglikan atau asam muramik. Dari dalam selnya ada yang mengeluarkan lendir, membungkus dinding sel hingga membentuk kapsul. Bakteri berkapsul biasanya merupakan bakteri patogen.
- e. Bakteri ada yang memiliki flagellum (cambuk) yang digunakan untuk bergerak. Namun ada pula bakteri tanpa flagellum yang dapat bergerak.
- f. Jika kondisi lingkungan jelek, bakteri dapat membentuk spora; karena spora berada di dalam sel maka disebut **endospora**. Endospora berdinding tebal, tahan terhadap panas dan lingkungan yang jelek.



**Gambar 3.1** Struktur Bakteri

([www.google.co.id/search?q=gambar+sel+bakteri&oe=utf-8&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a&channel=np&um=](http://www.google.co.id/search?q=gambar+sel+bakteri&oe=utf-8&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a&channel=np&um=)) (04-03-2012)

## Struktur Tubuh Bakteri

Berikut akan disajikan struktur tubuh bakteri, berturut-turut dari lapisan terluar hingga bagian dalam sel yaitu kapsul, flagellum, dinding sel, membran sel, mesosom, lembaran fotosintetik, sitoplasma, DNA, plasmid, ribosom, dan endospora.

### a. Kapsul

Tidak semua sel bakteri memiliki kapsul. Hanya bakteri yang patogen yang berkapsul. Kapsul berfungsi untuk mempertahankan diri dari antitoksin yang dihasilkan sel inang. Kapsul bakteri tersusun atas persenyawaan antara protein dan glikogen atau glikoprotein.

### b. Flagellum (jamak disebut: flagella)

Flagellum terdapat pada salah satu ujung, pada kedua ujung atau pada permukaan sel, fungsi untuk bergerak. Berdasar letak dan jumlahnya, tipe flagellum dapat dibedakan menjadi monotrik, ampatrik, lopotrik, dan peritrik.

### c. Dinding sel

Dinding sel tersusun atas peptidoglikan, yakni polisakarida yang

berikatan dengan protein. Dengan adanya dinding sel ini tubuh bakteri memiliki bentuk yang tetap. Fungsi dinding sel untuk perlindungan. Berdasar struktur protein dan polisakarida yang terkandung di dalam dinding sel ini, bakteri dapat dibedakan menjadi bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Jika bakteri diwarnai dengan tinta cina kemudian timbul warna pada dinding selnya, maka bakteri itu tergolong bakteri gram positif. Sebaliknya, jika diberi warna dengan tinta cina namun tidak menunjukkan perubahan warna pada dinding selnya, maka bakteri itu digolongkan ke dalam bakteri gram negatif.

**d. Membran sel**

Membran sel tersusun atas molekul lemak dan protein, seperti halnya membran sel organisme yang lain. Membran sel bersifat semi permeabel dan berfungsi mengatur keluar masuknya zat ke luar atau ke dalam sel.

**e. Mesosom**

Pada tempat tertentu terjadi penonjolan membran sel ke arah dalam atau ke sitoplasma. Tonjolan membran tadi dikenal sebagai organel yang dikenal dengan nama mesosom. Organel ini berguna untuk menyediakan energi atau pabrik energi bakteri. Jika DNA bakteri melakukan replikasi yang terjadi pada saat menjelang pembelahan sel, tempat pemisahan dua DNA identik yang terbentuk adalah pada mesosom. Ini disebabkan karena terjadinya replikasi dan pemisahan diperlukan energi. Selain itu, mesosom berfungsi juga sebagai pusat pembentukan dinding sel baru diantara kedua sel anak pada proses pembelahan.

**f. Lembar Fotosintetik**

Khusus pada bakteri fotosintetik, terdapat pelipatan membran sel ke arah sitoplasma. Membran yang melipat-lipat berisi klorofil, dikenal sebagai **lamella fotosintetik atau lembar fotosintetik**. Ini merupakan organel yang berfungsi untuk fotosintesis. Bakteri lain yang tidak berfotosintesis tidak memiliki lipatan.

**g. Sitoplasma**

Cairan yang berada di dalam sel disebut sebagai sitoplasma (kytos=sel, plasma = cairan), tersusun atas koloid yang mengandung berbagai molekul organik seperti karbohidrat, lemak, protein, mineral-mineral, ribosom, DNA dan enzim-enzim. Sitoplasma merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi metabolik.

**h. Deoxyribonucleic Acid (DNA)**

Asam Deoksiribo Nukleat (DNA) yang dikenal sebagai asam inti, merupakan materi genetik bakteri yang terdapat di dalam sitoplasma. Bentuk DNA bakteri seperti kalung yang tidak berujung pangkal. DNA demikian dikenal sebagai DNA sirkuler. DNA merupakan zat pengontrol sintesis protein bakteri, dan merupakan zat pembawa

sifat atau gen. DNA ini dikenal pula sebagai kromosom bakteri, tidak tersebar di dalam sitoplasma, melainkan terdapat pada daerah tertentu. Tidak memiliki selubung inti.

#### i. Ribosom

Ribosom merupakan organel yang berfungsi dalam sintesis protein atau sebagai pabrik protein. Bentuknya berupa butir-butir kecil, tersusun atas protein dan RNA. Di dalam sel *Escherichia coli* terkandung 15.000 butir ribosom, atau kira-kira 1/4 massa sel bakteri. Ini menunjukkan bahwa ribosom memiliki fungsi yang penting bagi sel.

#### j. Endospora

Pembentukan endospora merupakan cara bakteri mengatasi kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Endospora ber dinding tebal, tahan terhadap panas, tahan lama, dan dapat melakukan dormansi. Dorman adalah istirahat, tidak melakukan aktivitas kehidupan, tetapi tetap hidup. Jika kondisi telah membaik, endospora dapat tumbuh menjadi bakteri seperti sediakala.

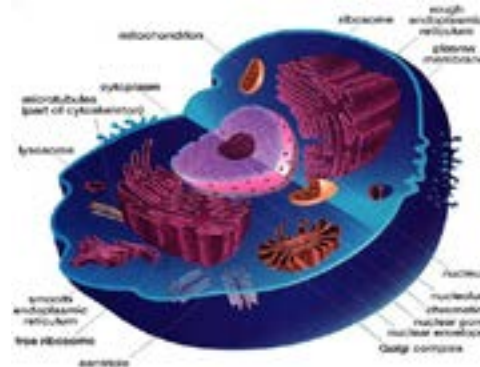
## 2. Sel Eukariotik

Sel eukariotik merupakan sel yang sebenarnya, karena terdiri atas dua sistem pembungkus. Sistem pembungkus pertama adalah dinding sel dan selaput plasma, kedua adalah selaput yang membungkus nukleus dan organel di dalamnya. Sel eukariotik terdapat pada tumbuhan mulai dari Algae sampai Angiospermae dan pada binatang mulai dari protozoa sampai mamalia. Oleh sebab itu sel eukariotik memiliki bentuk, ukuran dan fisiologi yang berbeda-beda.

### Struktur Sel Eukariotik

Sel eukariotik tersusun atas selaput plasma, sitoplasma dan nukleus serta memiliki organel-organel seperti mitokondria, retikulum endoplasma, badan golgi, ribosom dan sebagainya.

Gambar di bawah ini menunjukkan sel Hewan.

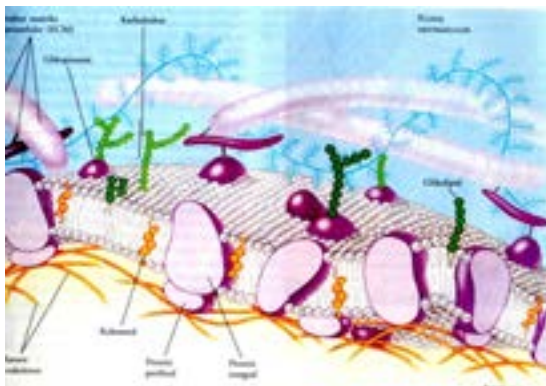


**Gambar 3.2** Sel Hewan

(<http://www.google.co.id/search?q=gambar+sel+hewan&oe=utf-8&rls=org.mozilla>)(04-03-2012)

### a. Dinding Sel dan Selaput Plasma (Membran sel)

Dinding sel hanya ditemukan pada sel tumbuhan yang tersusun atas selulose (polisakarida). Oleh sebab itu dinding sel agak kaku dan tidak dapat ditembus air. Pada beberapa tumbuhan dinding sel memiliki saluran kecil untuk berhubungan dengan sel-sel disekelilingnya. Dinding sel berfungsi sebagai pelindung dan penunjang selaput plasma. Sebelah dalam dinding sel terdapat selaput plasma (membrane sel) yaitu selaput yang sangat tipis, elastis, berpori dan semipermeabel yang tersusun atas protein dan lemak. Fungsi selaput plasma adalah mengatur dan menyeleksi keluar masuknya zat-zat dari dan ke dalam sel.

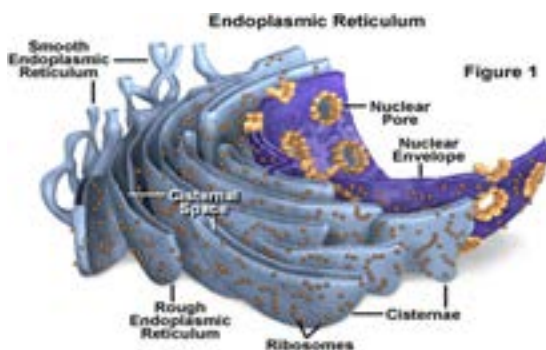


**Gambar 3.3** Membran Sel (Campbell et.al. 2002)

### b. Sitoplasma

Plasma atau cairan dalam sel disebut protoplasma. Protoplasma terbagi dua yaitu *sitoplasma*, merupakan plasma yang berada dalam sel yang dibatasi oleh dinding nucleus dan selaput plasma. *Nukleoplasma*, merupakan plasma sel yang berada dalam nucleus dibatasi oleh membrane nucleus. Di dalam sitoplasma terdapat organel-organel sel antara lain:

#### 1). Retikulum Endoplasma (RE)



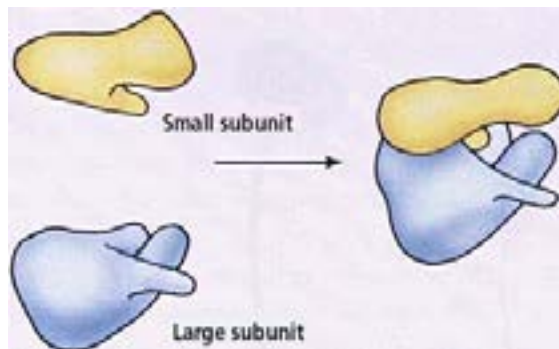
**Gambar 3.4** Retikulum Endoplasma (<http://www.google.co.id/search?q=retikulum%20endoplasma&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla>) (04-03-2012)



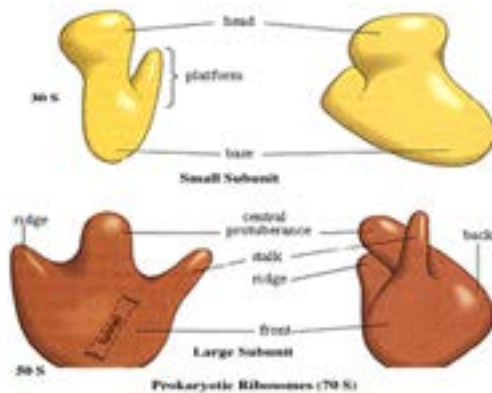
Retikulum Endoplasma merupakan labirin membran yang saling berhubungan yang membentuk saluran pipih atau lubang seperti tabung di dalam sitoplasma. Lubang/saluran tersebut berfungsi membantu gerakan substansi-substansi dari satu bagian sel ke bagian sel lainnya. Ada dua jenis RE yaitu RE halus adalah reticulum endoplasma pada permukaan membran sitoplasmik tidak ada ribosom dan RE kasar adalah reticulum endoplasma pada permukaan membran sitoplasmik terdapat ribosom. Fungsi RE adalah 1) mendukung sintesis protein dan menyalurkan bahan genetic antara inti sel dengan sitoplasma. 2) menampung protein yang disintesis oleh ribosom untuk disalurkan ke kompleks golgi dan akhirnya dikeluarkan dari sel. 3).mensintesis lemak dan kolesterol. 4). menetralkan racun (detoksifikasi) misalnya RE yang ada di dalam sel-sel hati. 5).transportasi molekul-molekul dan bagian sel yang satu ke bagian sel yang lain (RE kasar dan RE halus).

## 2). Ribosom

Ribosom berupa organel kecil berdiameter antara 17-20  $\mu\text{m}$  yang tersusun oleh RNA robosom dan protein. Ribosom terdapat pada semua sel hidup. Fungsi Ribosom merupakan tempat sel membuat atau mensintesis protein. Sel yang memiliki laju sintesis protein yang tinggi secara khusus memiliki jumlah ribosom yang sangat banyak. Misal, sel hati manusia memiliki beberapa juta ribosom. Ribosom ada yang terdapat bebas di sitoplasma atau melekat pada retikulum endoplasma, yang disebut RE kasar. Tiap ribosom terdiri dari 2 sub unit yang berbeda ukuran. Dua sub unit ini saling berhubungan dalam suatu ikatan yang distabilkan oleh ion magnesium.



**Gambar 3.5** Ribosom. Sub Unit Kecil dan besar bersatu  
(<http://www.google.co.id/search?q=ribosom&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla>)  
(04-03-2012)

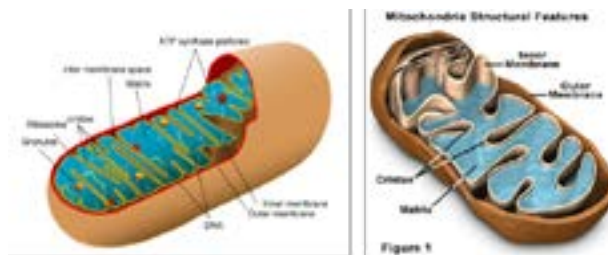


**Gambar 3.6** Ribosom, memiliki 2 sub unit besar dan kecil (<http://www.google.co.id/search?q=ribosom&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a&source=hp&channel=np>) (04-03-2012)

Pada saat sintesis protein ribosom mengelompok menjadi poliribosom (polisom). Sebagian besar protein dibuat oleh ribosom bebas akan berfungsi di dalam sitosol. Sedang ribosom terikat umumnya membuat protein yang dimasukkan ke dalam membran, untuk pembungkusan dalam organel tertentu seperti lisosom atau dikirim ke luar sel. Ribosom bebas maupun terikat secara struktural identik dan dapat saling bertukar tempat. Sel dapat menyesuaikan jumlah relatif dari masing-masing jenis ribosom begitu metabolismenya berubah.

### 3). Mitokondria

Mitokondria merupakan penghasil (ATP) karena berfungsi untuk respirasi. Bentuk mitokondria beraneka ragam, ada yang bulat, oval, silindris, seperti gada, seperti raket dan ada pula yang tidak beraturan. Namun secara umum dapat dikatakan bahwa mitokondria berbentuk butiran atau benang. Mitokondria mempunyai sifat plastis, artinya bentuknya mudah berubah. Ukuran seperti bakteri dengan diameter 0,5 – 1  $\mu\text{m}$ . Mitokondria baru terbentuk dari pertumbuhan serta pembelahan mitokondria yang telah ada sebelumnya (seperti pembelahan bakteri).

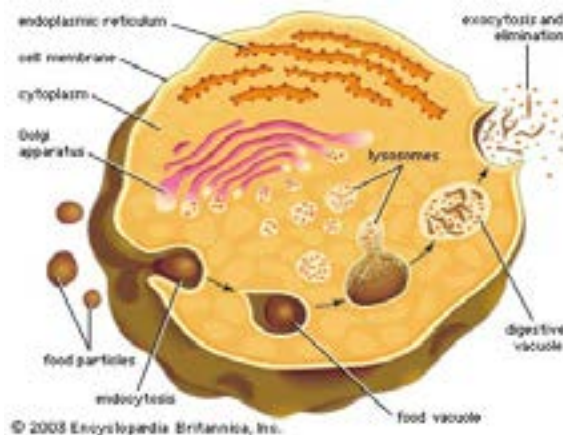


**Gambar 3.7** Mitokondria (<http://www.google.co.id/search?q=mitokondria&oe=utf-8&rls=org.mozilla>) (04-03-2012)

Penyebaran dan jumlah mitokondria di dalam tiap sel tidak sama dari hanya satu hingga beberapa ribu. Pada sel sperma, mitokondria tampak berderet-deret pada bagian ekor yang digunakan untuk bergerak. Mitokondria sebagai tempat di mana fungsi respirasi pada makhluk hidup berlangsung. Respirasi merupakan proses perombakan atau katabolisme untuk menghasilkan energi atau tenaga bagi berlangsungnya proses hidup. Dengan demikian, mitokondria adalah “pembangkit tenaga” bagi sel. Oleh karena itu mitokondria sering disebut sebagai “The Power House”.

#### 4). Lisosom

Lisosom berasal dari kata *lyso* = pencernaan dan *soma* = tubuh. Lisosom merupakan kantong yang berbentuk agak bulat dikelilingi membran tunggal yang digunakan sel untuk mencerna makromolekul. Lisosom berisi enzim yang dapat memecahkan (mencerna) polisakarida, lipid, fosfolipid, asam nukleat, dan protein. Enzim itu dinamakan lisozim. Lisosom berperan dalam pencernaan intra sel, misalnya pada protozoa atau sel darah putih, juga dalam autofagus. Perusakan sel terprogram oleh enzim lisosomnya sendiri penting dalam perkembangan organisme. Misal, pada waktu kecebong berubah menjadi katak, ekornya diserap secara bertahap. Sel-sel ekor yang kaya akan lisosom mati dan hasil penghancuran digunakan di dalam pertumbuhan sel-sel baru yang berkembang.



**Gambar 3.8** Lisosom, tampak pada sel

(<http://www.google.co.id/search?q=LISOSOM&oe=utf-8&rls=org.mozilla>) (04-03-2012)

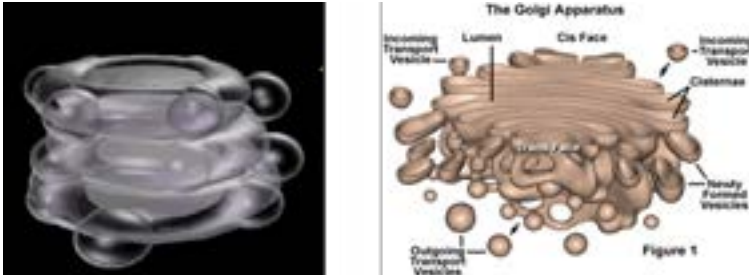
Pada perkembangan tangan embrio manusia yang semula berselaput hingga lisosom mencerna jaringan diantara jari-jari tangan tersebut sehingga terbentuk jari yang terpisah seperti yang kita punyai sekarang.

## Pembentukan Lisosom

Enzim lisosom adalah suatu protein yang diproduksi oleh ribosom dan kemudian masuk ke dalam RE. Dari RE enzim dimasukkan ke dalam membran kemudian dikeluarkan ke sitoplasma menjadi lisosom. Selain ini ada juga enzim yang dimasukkan terlebih dahulu ke dalam golgi. Oleh golgi, enzim itu dibungkus membran kemudian dilepaskan di dalam sitoplasma. Jadi proses pembentukan lisosom ada dua macam, pertama dibentuk langsung oleh RE dan kedua oleh golgi.

## 5). Badan Golgi

**Struktur golgi** berupa berkas kantung (vesikula) pipih yang dikelilingi membrane berbentuk cakram yang bercabang menjadi serangkaian pembuluh yang sangat kecil di ujungnya. Organel ini hampir terdapat di semua sel eukariotik. Setiap sel hewan memiliki 10 hingga 20 badan golgi,



**Gambar 3.9** Animasi Golgi dan Struktur Badan Golgi

[http://www.google.co.id/search?q=BADAN%20GOLGI&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla\(04-03-2012\)](http://www.google.co.id/search?q=BADAN%20GOLGI&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla(04-03-2012))

Organel ini dihubungkan dengan fungsi ekskresi sel, sehingga pembuluh mengumpulkan dan membungkus karbohidrat serta zat-zat lain untuk diangkut ke permukaan sel. Pembuluh itu juga menyumbang bahan bagi pembentukan dinding sel. Maka organel ini banyak dijumpai pada organ tubuh yang melaksanakan fungsi ekskresi, misalnya ginjal. Pada sel tumbuhan memiliki hingga ratusan badan golgi pada setiap selnya. Golgi pada tumbuhan biasanya disebut diktiosom. Badan golgi dibangun oleh membran yang berbentuk tubulus dan juga vesikula. Dari tubulus dilepaskan kantung-kantung kecil yang berisi bahan-bahan yang diperlukan seperti enzim–enzim pembentuk dinding sel.

Adapun Fungsi Badan Golgi yaitu:

1. Membentuk kantung (vesikula) untuk sekresi. Terjadi terutama pada sel-sel kelenjar kantung kecil tersebut, berisi enzim dan bahan-bahan lain.
2. Membentuk membran plasma. Kantong atau membran golgi sama seperti membran plasma. Kantong yang dilepaskan dapat menjadi bagian dari membrane plasma.
3. Membentuk dinding sel tumbuhan.
4. Fungsi lain ialah dapat membentuk akrosom pada spermatozoa yang

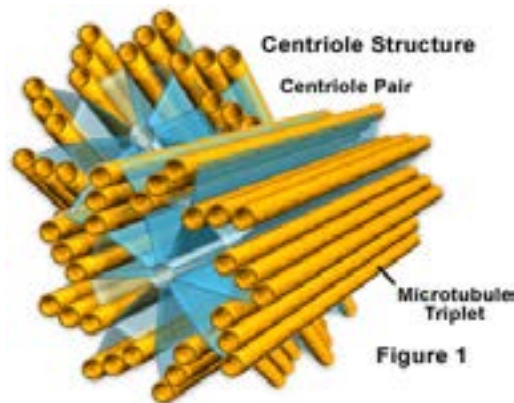
berisi enzim untuk memecah dinding sel telur dan pembentukan lisosom.

5.



**Gambar 3.10** Badan Golgi dan Fungsinya membentuk Membran Plasma  
<http://www.google.co.id/search?q=BADAN%20GOLGI&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla> (04-03-2012)

## 6). Sentrosom ( Sentriol )

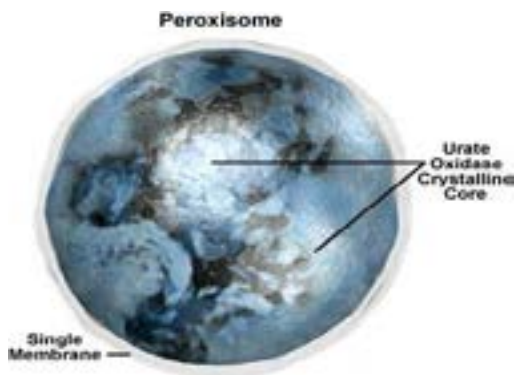


**Gambar 3.11** Sentriol  
<http://www.google.co.id/search?q=sentriol&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla>  
 (04-03-2012)

Pada sel hewan, mikroorganisme, dan tumbuhan tingkat rendah memiliki dua sentriol pada sitoplasma. Organel ini aktif saat sel sedang mengadakan pembelahan yaitu dengan menghasilkan benang-benang spindel atau gelendong yang merupakan protein kontraktif yaitu tubulin. Fungsi tubulin adalah menarik kromatid menuju kutub pembelahan. Sebelum sel membelah, sentrosom berduplikasi menghasilkan dua sentriol dan masing-masing berpindah ke sisi berlawanan pada nukleus, kemudian gelendong terbentuk. Sentriol merupakan perkembangan dari sentrosom, yaitu pusat sel, daerah dari sitoplasma yang dekat dengan nukleus. Sentriol terdiri atas sepasang badan berbentuk tabung yang saling tegak lurus dan merupakan suatu kesatuan yang disebut **Sen-**

**rosom.** Sentriol berupa kumpulan mikrotubulus strukturnya berbentuk bintang yang berperan sebagai kutub-kutub pembelahan sel secara mitosis atau meiosis. Struktur ini hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron. **Mikrotubulus** adalah tabung-tabung halus dari protein tubulin, yang terdapat pada kebanyakan sel hewan dan tumbuhan. Diameternya kurang lebih 25 nm, sedangkan panjangnya bervariasi. Mikrotubulus menentukan bentuk struktur (sitoskeleton = kerangka sel) pada sitoplasma, pembentukan sentriol, silia, flagela dan juga memainkan peranan yang amat penting pembentukan sel

## 7). Peroksisom (Badan Mikro)

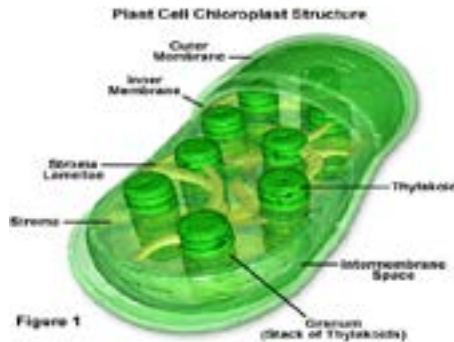


**Gambar 3.12** Penampang Peroksisom (Salah satu Badan mikro  
<http://www.google.co.id/search?q=peroksisom&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla>  
 (04-03-2012)

**Peroksisom** adalah kantong yang memiliki membran tunggal. Peroksisom berisi berbagai enzim dan yang paling khas ialah enzim katalase. Katalase berfungsi mengkatalisis perombakan hydrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Hidrogen peroksida merupakan produk metabolisme sel yang berpotensi membahayakan sel. Peroksisom juga berperan dalam perubahan lemak menjadi karbohidrat. Peroksisom terdapat pada sel tumbuhan dan sel hewan. Pada hewan, peroksisom banyak terdapat di hati dan ginjal, sedang pada tumbuhan peroksisom terdapat dalam berbagai tipe sel. Peroksisom pada tumbuhan disebut Glioksisom. Glioksisom pada sel tumbuhan, misalnya pada lapisan aleuron biji padi-padian. Aleuron merupakan bentuk dari protein atau kristal yang terdapat dalam vakuola. Glioksisom sering ditemukan di jaringan penyimpan lemak dari biji yang berkecambah. Glioksisom mengandung enzim pengubah lemak menjadi gula. Proses perubahan tersebut menghasilkan energi yang diperlukan bagi perkecambahan.

## 8). Plastida

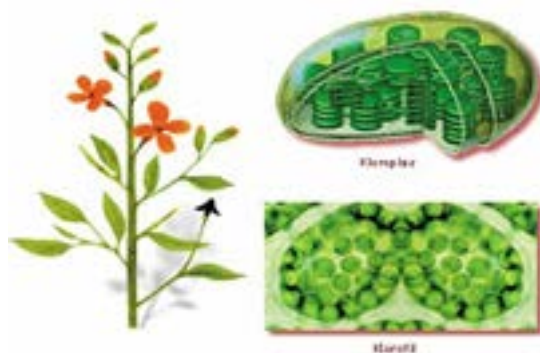
**Plastida** adalah organel yang menghasilkan warna pada sel tumbuhan. Plastida dapat dilihat dengan mikroskop cahaya biasa. Organel ini hanya terdapat pada sel tumbuhan. Dikenal tiga jenis plastida yaitu: 1) **Leukoplas**, plastida berwarna putih berfungsi sebagai penyimpanan makanan terdiri dari *Amiloplas* (untuk menyimpan amilum), *Elaioplas* atau *Lipidoplas* (untuk menyimpan lemak/minyak) dan *Proteoplas* (untuk menyimpan protein). 2) **Kloroplas** merupakan plastida berwarna hijau. Kloroplas yang berkembang dalam batang dan sel daun mengandung pigmen hijau yang dalam fotosintesis menyerap tenaga matahari untuk mengubah karbon dioksida menjadi gula, yakni sumber energi kimia dan makanan bagi tumbuhan. Kloroplas memperbanyak diri dengan memisahkan diri secara bebas dari pembelahan inti sel. Plastida ini berfungsi menghasilkan klorofil dan sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis.



**Gambar 3.13** Struktur Kloroplas (merupakan salah satu jenis plastida pada tumbuhan).  
(<http://www.google.co.id/search?q=plastida&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla>)  
(04-03-2012)

**3). Kromoplas** yaitu plastida yang mengandung pigmen, misal Fikosianin menimbulkan warna biru misalnya pada Cyanophyta, Fikoeritrin menimbulkan warna merah misalnya pada Rhodophyta, Karoten menimbulkan warna keemasan misalnya pada wortel dan Chrysophyta, Xantofil menimbulkan warna kuning misalnya pada daun yang tua, dan Fukosatin menimbulkan warna pirang misalnya pada Phaeophyta.

Kloroplas dan plastida lainnya memiliki membran rangkap. Membran dalam melingkupi matriks yang dinamakan stroma. Membran dalam ini terlipat berpasangan yang disebut lamela. Secara berkala lamella ini membesar sehingga membentuk gelembung pipih terbungkus membran dan dinamakan tilakoid. Struktur ini tersusun dalam tumpukan mirip koin. Tumpukan tilakoid dinamakan granum. Pada tilakoid terdapat unit fotosintesis yang berisi molekul pigmen seperti klorofil a, klorofil b, karoten, xantofil. Kandungan kimiawi kloroplas adalah protein, fosfolipid, pigmen hijau dan kuning, DNA dan RNA.



Gambar 3.14 Struktur Kloroplas dengan klorofil (zat hijau daunnya)  
<http://www.google.co.id/search?q=plastida&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla>  
 (04-03-2012)

## 9). Vakuola

Vakuola adalah organel sitoplasma yang berisi cairan yang dibatasi oleh suatu membran atau selaput. Selaput itu menjadi pembatas antara vakuola dengan sitoplasma, disebut tonoplas.



Gambar 3.15 Sel Tumbuhan, dengan Vakuola didalamnya  
<http://www.google.co.id/search?q=vakuola&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla>  
 (04-03-2012)

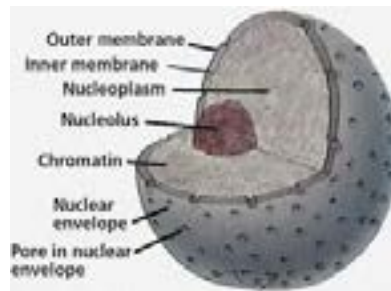
Vakuola berisi gas, asam amino, garam-garam organik, glikosida, zat tannin (zat penyamak), enzim, butir-butir pati, minyak eteris (misalnya jasmine pada melati, roseine pada mawar zingiberine pada jahe), dan alkaloid (misalnya kafein pada biji kopi, kinin pada kulit kina, nikotin pada daun tembakau, tein pada daun teh, teobromin pada buah atau biji coklat, solanin pada umbi kentang, likopersin dan lain-lain). **Vakuola besar** sel tumbuhan berkembang dengan adanya penggabungan dari vakuola-vakuola yang lebih kecil, yang diambil dari retikulum endoplasma dan aparatus golgi. Melalui hubungan ini, vakuola merupakan bagian terpadu dari sistem endomembran. Pada beberapa



spesies dikenal adanya vakuola kontraktil dan vakuola non kontraktil. Protista mirip hewan (protozoa), memiliki vakuola kontraktil atau vakuola berdenyut yang menetap. Vakuola kontraktil berfungsi sebagai osmoregulator, yaitu pengatur nilai osmotik sel atau ekskresi. Vakuola non kontraktil atau vakuola makanan berfungsi mencerna makanan dan mengedarkan hasil pencernaan.

## 10). Inti Sel (Nukleus)

Inti sel merupakan organel terbesar, berbentuk bulat, membran rangkap. Di dalam inti sel terdapat nukleoplasma, yang terdiri atas benang 'kromatin' yang tersusun atas DNA, RNA dan protein. Fungsi inti sel adalah pengendali seluruh aktivitas sel, pengatur pembelahan sel dan pembawa informasi genetik. Inti sel terdiri dari bagian-bagian:



**Gambar 3.16** Inti sel

<http://www.google.co.id/search?q=inti+sel&oe=utf-8&rls=org.mozilla> (04-03-2012)

### 1. Membran Inti

Membran inti terdiri atas dua lapisan membrane. Pada membrane inti terdapat pori-pori untuk pergerakan substansi kimia (ion-ion dan molekul-molekul) keluar masuk inti sel. Pada waktu proses pembelahan sel membrane inti akan menghilang dan kemudian akan muncul lagi setelah pembelahan sel selesai.

### 2. Anak Inti (Nukleolus)

Dari hasil penelitian dinyatakan bahwa anak inti tidak mempunyai membrane. Anak inti banyak mengandung protein dan RNA serta tidak mengandung DNA. Fungsi anak inti sebagai tempat pembuatan protein untuk sintesis ribosom dan tempat terjadinya sintesis RNA. Dalam menjalankan fungsinya anak inti dikontrol oleh bagian kromosom yang mengandung gen tertentu yang disebut nucleolar organizer.

### 3. Plasma Inti

Plasma yang terdapat dalam inti disebut plasma inti (Karioplasma). Karioplasma mempunyai derajat kekentalan lebih tinggi dibanding sitoplasma, dan mempunyai hubungan lewat porus nuclearis dengan sitoplasma. Plasma inti berisi fosfor yang terlarut yang terlarut, gula ribosa, protein, nukleotida dan asam nukleat. Plasma inti juga mengandung benang-benang kromatin yang berfungsi

pada waktu pembelahan sel. Kromatin akan memendek dan menebal selanjutnya disebut kromosom

#### 4. Kromosom

Kromosom diduga terjadi dari butir-butir kromatin yang berubah bentuk menjadi benang-benang kromosom pada waktu pembelahan sel. Penelitian lebih lanjut menjelaskan bahwa butir-butir kromatin adalah bagian dari benang kromosom sehingga selain mengandung RNA juga mengandung DNA yang merupakan molekul penting untuk menyampaikan informasi genetic sifat-sifat dari sel yang bersangkutan. Dalam kromosom selain terdapat RNA dan DNA juga berisi protein dalam jumlah besar. Komposisi kimia kromosom adalah RNA 12%, DNA 16% dan protein 72%.

### ◆ RANGKUMAN

Sel adalah unit dasar dari struktur dan fungsi suatu organisme. Sejarah sel telah dimulai sejak abad ke-15 yaitu pada tahun 1665 Robert Hooke telah menemukan ruangan kosong dari sayatan gabus dan dinamakan sel. Penelitian selanjutnya menyatakan bahwa didalam sel terdapat plasma yang merupakan cairan kehidupan yang berisi sejumlah matriks kemudian disebut protoplasma. Protoplasma merupakan substansi dasar kehidupan. Protoplasma sel memiliki beberapa sifat kimia dan sifat fisika. Sifat-sifat fisika dari protoplasma antara lain matriks protoplasma sebagian besar berupa system koloid dan sebagian lagi berupa system larutan. Matriks protoplasma terdiri atas partikel-partikel yang dinamis dan bergerak secara acak disebut gerak Brown. Protoplasma juga apabila disinari maka akan memantulkan sinar tersebut sehingga disebut Efek Tyndall. Beberapa sifat-sifat kimia dari protoplasma antara lain (1) protoplasma tersusun atas unsur-unsur kimia yaitu unsure makro, unsur mikro dan unsure ultrastruktur, (2) protoplasma terdiri atas senyawa elektrolit dan non elektrolit, (3) terdiri atas senyawa organik dan anorganik, senyawa organik yaitu karbohidrat, protein, lemak, vitamin, hormone, asam nukleat dan , (4) protoplasma mempunyai pH netral yaitu 7.

Sel merupakan unit structural dari kehidupan, artinya sel merupakan komponen yang penting penyusun tubuh makhluk hidup. Terbagi atas sel prokariotik misalnya bakteri dan sel eukariotik misalnya sel hewan dan sel tumbuhan. Sel hewan merupakan sel yang sesungguhnya karena sel memiliki dua system pembungkus dan ada banyak organel. Setiap organel sel memiliki struktur dan fungsi yang khas. Organel tersebut adalah inti sel, mitokondria, reticulum endoplasma, golgi apparatus, lisosom, sentrosom, ribosom mikrofila dan mikrotubulus, pada sel tumbuhan terdapat organel plastida, vakuola. Inti sel terdiri atas membrane inti, nucleolus dan kromosom.

## ◆ BAHAN DISKUSI

1. Virus dengan ukuran yang sangat kecil dapat menginfeksi inang dengan sangat cepat. Keberadaan virus masih dipertanyakan apakah termasuk makhluk hidup atau bukan? Apakah juga merupakan sel atau bukan? Jelaskan bagaimana kemudian virus digolongkan!
2. Tuliskan esai pendek yang menguraikan persamaan dan perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan. Agar lebih jelas berikan gambar

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

Buku Materi Pokok (Modul), 2007. *Biologi Sel*. Jakarta: Universitas Terbuka

Campbell, Reece and Mitchell., 2002. *Biologi*. Edisi kelima Jilid 1. Jakarta: Erlangga

Curtis, Helena. 1984. *Biology*. Fourt Edition. Worth Publisher. New York

Jasin, Mskoeri. 1985. *Biologi Untuk Universitas*. Surabaya: Sinar Wijaya

Kimball, JW. 1991. *Biology* Jilid 1. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga

Raven H. Peter, Johnson B. George. 1986. *Biology*. Times Mirror/Mosby College Publishing. St. Louis. Toronto

Sutarno, Nono. 1987. *Biologi Umum*. Bandung:IKIP Press

## ◆ LATIHAN SOAL-SOAL

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat dan jelas sesuai permintaan!

1. Protoplasma merupakan unit fungsional kehidupan. Jelaskan yang dimaksud tersebut!
2. Protoplasma secara fisik terdiri atas system koloid dan system larutan. Secara kimiawi protoplasma juga mengandung sejumlah senyawa kimia. Jelaskan sifat-sifat kimia dari protoplasma?
3. Bedakan hal apa saja dari sel prokariotik dan sel eukariotik! Berilah masing-masing contohnya!
4. Bandingkan bagaimana selaput sel yang menyusun sel hewan dengan sel tumbuhan, kaitkan dengan fungsinya!
5. Jelaskan fungsi dari masing-masing organel berikut:
  - a. Inti sel
  - b. Mitokondria
  - c. Ribosom
  - d. Retikulum Endoplasma
  - e. Badan Golgi



# BAB 4

## Sel Sebagai Penyusun Tubuh Makhluk Hidup

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa dapat memahami sel sebagai penyusun tubuh makhluk hidup serta dapat mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.

### ◆ Indikator Kompetensi

Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:

1. Menyebutkan lima ciri-ciri jaringan epidermis pada tumbuhan
2. Membedakan fungsi pembuluh xylem dan phoem
3. Menggambarkan struktur yang menyusun jaringan batang
4. Menjelaskan perbedaan antara jaringan polisade dan jaringan spons
5. Menganalisis mengapa sel epitel bersilia banyak ditemukan pada saluran respirasi
6. Membedakan ketiga jenis otot berdasarkan struktur, kontrol dan kontraksinya
7. Menguraikan mekanisme penjalaran impuls sehingga menghasilkan sebuah respon

### 4.1 Pengertian Jaringan

Sel tumbuhan dan sel binatang, baik dalam bentuk maupun susunannya memiliki perbedaan. Perbedaan tersebut disebabkan oleh letak dan fungsi dari sel yang berbeda pula. Kumpulan dari sel yang mempunyai struktur dan fungsi yang sama disebut **Jaringan**. Jaringan-jaringan

itu sendiri dapat dibedakan berdasarkan letak dan fungsinya. Untuk membentuk suatu jaringan sel mengalami perubahan bentuk dan fungsinya, perubahan tersebut dikenal sebagai **spesialisasi**. Sel-sel yang mengalami spesialisasi terdapat pada jaringan embrional misal jaringan meristem pada titik tumbuh suatu tumbuhan.

## 4.2 Sistem Jaringan pada Tumbuhan

Unit terkecil tumbuhan adalah **sel**, kumpulan sel disebut **jaringan**. Jaringan yang terdiri atas sel-sel yang sama bentuk dan fungsinya disebut **jaringan sederhana**, sedangkan jaringan yang terdiri atas lebih dari satu macam sel namun asalnya sama disebut **jaringan kompleks** atau **jaringan majemuk**. Dalam tahun 1875, Sachs membagi jaringan dalam tiga sistem, yakni **sistem dermal**, **sistem jaringan pembuluh**, dan **sistem jaringan dasar**. **Sistem dermal** terdiri atas **epidermis**, yang merupakan pelindung pertama (primer) untuk bagian luar tubuh tumbuhan, dan **periderm**, yang menggantikan epidermis pada tumbuhan yang mengalami pertumbuhan sekunder. **Sistem jaringan pembuluh**, terdiri atas **xilem**, yang mengangkut air dan garam tanah, dan **floem**, yang mengangkut hasil fotosintesis. **Sistem jaringan dasar** merupakan jaringan yang membentuk dasar bagi tumbuhan namun sekaligus juga menunjukkan spesialisasi. Jaringan dasar utama adalah **parenkim** dengan semua variasinya; **kolenkim**, yakni jaringan berdinding tebal dan selnya tetap hidup; dan **sklerenkim**, yakni jaringan pengokoh utama dengan dinding tebal, keras dan seringkali terlignifikasi (berkayu) dengan sel yang biasanya mati.

### Sistem Dermal

#### 1. Epidermis

Bentuknya beragam, namun kebanyakan berbentuk lempengan; lapisan luarnya terdiri atas kutikula dan mengalami kutinisasi. Fungsi sebagai pelindung mekanis dan berperan dalam membatasi transpirasi dan pertukaran udara.

Sifat-sifat jaringan epidermis adalah :

- Pada daun, mengalami modifikasi menjadi mulut daun, trikoma; sedangkan pada batang mengalami modifikasi menjadi lentisel untuk pertukaran gas
- Pada akar, bermodifikasi menjadi bulu-bulu akar untuk menyerap air
- Tidak berklorofil, kecuali pada mulut daun dan daun paku-pakuan
- Selnya berbentuk kubus, berinti dan tidak mempunyai rongga antar sel
- Sebagai jaringan pelindung, kebanyakan dilapisi kutikula (lapisan lilin)

#### 2. Periderm

Periderm terdiri atas jaringan gabus (felem), kambium gabus (felogen), dan feloderm (sel hidup yang dibentuk oleh felogen ke arah

dalam). Felem terdiri atas sel berbentuk lempeng, tersusun rapat, dan dindingnya mengandung suberin (zat gabus). Felogen dibentuk secara sekunder, terletak dalam jaringan yang telah dewasa di bawah epidermis atau di dalam epidermis. Felogen ke arah luar membentuk felem, dan ke arah dalam membentuk felem, dan terdiri atas sel hidup.

## Sistem Jaringan Pembuluh

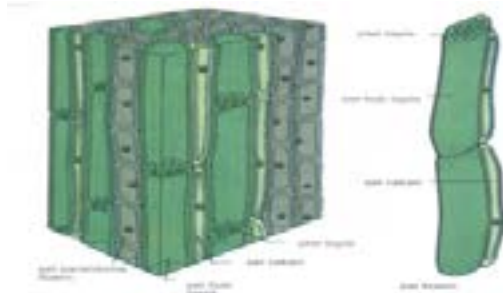
### 1. Xilem

Berdasarkan struktur dan fungsi, xilem merupakan jaringan yang kompleks, berasosiasi dengan floem membentuk jaringan yang bersinambungan di seluruh tubuh tumbuhan. Xilem terdiri atas beberapa jenis sel dan berfungsi dalam pengangkutan air, penyimpanan makanan, dan penyokong. Xilem tersusun atas trakeid dan trakea. Trakeid terdiri atas sel yang agak memanjang, dalam irisan melintang, terlihat persegi dengan dinding ujung yang meruncing, sel-selnya akan mati setelah dewasa, dan hanya sel yang berlignin yang tetap tinggal. Air dapat bergerak secara lateral diantara dinding selnya karena adanya pit, yaitu lekukan tempat tidak terbentuknya dinding sekunder. Trakea berasal dari trakeid, ujungnya banyak memiliki pori untuk masuknya air dan zat hara, komponennya lebih pendek dan lebih lebar dari trakeid, berlignin dan dindingnya mengalami penebalan berupa gelang, cincin dan berpilin. Setelah dewasa trakea dan trakeid berbentuk bulat panjang, terdiri atas lignin, dan tidak mengandung kloroplas. Pada tumbuhan paku-pakuan dan tusam, xilem hanya mengandung trakeid.

### 2. Floem

Floem merupakan unsur pembuluh tapis, yang masing-masing memiliki suatu sel pengiring. Dinamakan pembuluh tapis, karena dinding ujung selnya berlubang.

Sel pengiring (pendukung) mempunyai nukleus, sehingga dapat mengambil alih pengendalian umum sel-sel pembuluh tapi, dengan adanya nukleus tersebut memungkinkan sel pengiring membelah diri sehingga dapat mengawal dan mengawetkan kehidupan di kedua sel, sel pengiring terdiri atas serat dan sklereida. Floem berfungsi sebagai pengangkut hasil fotosintesis (terutama karbohidrat, hormon, dan sedikit asam amino), menyimpan cadangan makanan, dan sebagai pendukung.



**Gambar 4.1** Anatomi sel xilem dan sel floem (Mader, 1987)

## Sistem Jaringan Dasar

### 1. Parenkim

Parenkim merupakan sel hidup, bentuknya bersegi banyak, ataupun berbentuk bintang, terdapat pada korteks akar, batang, dan mesofil daun, fungsinya antara lain dalam fotosintesis, penyimpanan bahan, dan penyembuhan luka.

Jenis-jenis sel parenkim dapat dibedakan menurut bentuk, dan fungsinya. Berdasarkan bentuknya, sel parenkim dibagi menjadi 3, yaitu 1) *parenkim palisade*, merupakan penyusun mesofil daun, bentuk selnya panjang, dan mengandung banyak kloroplas, 2) *parenkim sponsa (bunga karang)*, sebagai penyusun mesofil daun, ruang antar selnya relative besar, dengan susunan sel yang tidak teratur, dan 2) *parenkim lipatan*, dinding selnya melipat ke arah dalam dan mengandung kloroplas, misalnya pada mesofil daun padi, dan daun pinus.

Berdasarkan fungsinya, parenkim dibagi menjadi 5, yaitu 1) *parenkim asimilasi*, di dalam sel-selnya terdapat kloroplas untuk berfotosintesis, terdapat pada mesofil daun, dan pada batang yang berwarna hijau, 2) *parenkim pengangkut*, terdapat pada batang dengan sel berbentuk memanjang menurut arah angkut, 3) *parenkim air*, terdapat pada tumbuhan xerofit, epifit, sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi musim kering, tidak mengandung kloroplas, vakuola besar dan mengandung sedikit plasma, kadang berlendir seperti pada lidah buaya (*Aloe vera*), 4) *parenkim penimbun*, terdapat dalam bagian tubuh tanaman, misal, pada empulur batang, umbi, dan akar, dan 5) *parenkim udara*, ruang antar selnya besar, sel berbentuk bulat atau bintang, misal pada daun *Canna*.

### 2. Kolenkim

Bentuknya berkisar antara bentuk prisma sampai memanjang, dengan penebalan dinding sel yang tidak merata, umumnya terjadi di sudut-sudut sel, terdapat di dekat permukaan korteks pada akar, batang, tangkai daun, dan sepanjang tulang daun besar pada helaian daun. Fungsi kolenkim sebagai penunjang mekanis/penyokong organ tumbuhan yang muda. Berdasarkan penebalan pada dinding sel, kolenkim dibedakan menjadi 4, yaitu 1) *kolenkim sudut (angular)*, pada irisan melintangnya terlihat adanya penebalan di sudut-sudut sel, 2) *kolenkim tubular*, penebalannya merata di dinding sel, sehingga ruang sel terlihat seperti tabung, 3) *kolenkim lempeng (lamellar)*, penebalan dindingnya sejajar permukaan organ, dan 4) *kolenkim lakunar*, penebalannya terdapat di bagian dinding sel yang menghadap rongga antar sel.

### 3. Sklerenkim

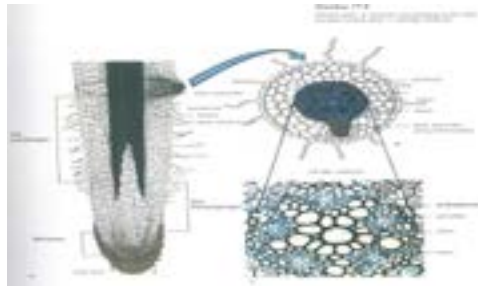
Dinding selnya tebal, sekunder dan seringkali berlignin, pada saat dewasa protoplasnya bisa hilang; membentuk kumpulan sel yang berkesinambungan ataupun terdapat tersendiri di antara sel-sel lain.



Sel-selnya berongga dan bukan sel hidup, serta memiliki dinding yang sangat kuat. Fungsi sklerenkim sebagai penyokong bagian tumbuhan yang telah dewasa. Sklerenkim dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu serabut dan sel batu (*sklereid*). Serabut terdiri atas sel-sel yang panjang dan sempit, berujung runcing, sel-selnya berkumpul menjadi sebuah jalur panjang. Pada saat masih muda dan tumbuh aktif, ujung dindingnya saling rapat dan terlihat runcing. Sklereid berasal dari jaringan parenkim dengan penebalan dinding yang terlihat berlapis-lapis, bentuknya sangat bervariasi dari isodiametrik sampai tidak beraturan. Sel-sel sklerenkim terdapat dalam batang, tulang daun, dan berperan penting sebagai penutup luar pada buah dan biji yang keras.

### Struktur Jaringan Akar

Dalam irisan membujur, akar memiliki bagian sebagai berikut. (a) *tudung akar (kaliptra)*, berfungsi sebagai pelindung berbagai meristem dan melumasi akar untuk mengurangi gesekan antara ujung akar dan butiran tanah pada saat menembus tanah; (b) *daerah meristem*, terdapat di sebelah dalam tudung akar yang selalu membelah, tujuannya adalah untuk memperbanyak sel dan mengganti sel-sel yang rusak, (c) *daerah pemanjangan (elongation zone)*, sel-sel baru yang terbentuk dari meristem membesar dan mengakibatkan akar tumbuh memanjang, (d) *daerah penyerapan*, tumbuh rambut-rambut akar, yang merupakan modifikasi dari sel-sel epidermis akar muda, (e) *daerah diferensiasi*, merupakan tempat sel-sel menjadi matang, terlihat adanya perbedaan jaringan penyusun akarnya.



**Gambar 4.2.** Sistem Jaringan Akar (Mader, 1987)

Dalam irisan melintang, akar memiliki bagian sebagai berikut. (a) *epidermis*, merupakan terluar dari akar, selnya rapat dan tidak memiliki ruang antar sel, fungsinya untuk menyerap air dan membentuk rambut akar (*trikoblas*), (b) *korteks*, berada di sebelah dalam epidermis, terdiri dari sel parenkim berdinding tipis dengan rongga antar sel untuk pertukaran zat, (c) *endodermis*, terdiri atas sel yang saling berhubungan berbentuk silinder, memisahkan parenkim korteks dengan silinder pusat/stele dan berkas pengangkut di dalamnya, (d) *stele/silinder pusat*, bagian paling dalam dari akar, terdiri atas jaringan: perisikel/perikambium, berkas pembuluh angkut dan empulur.

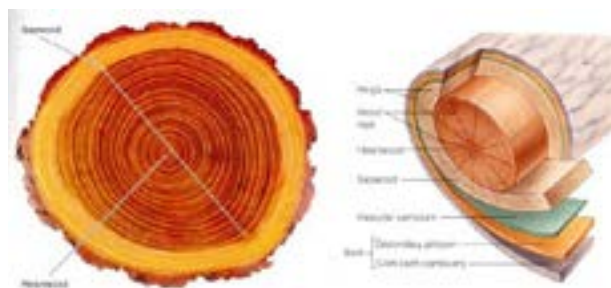
## Struktur Jaringan Batang

Batang memiliki bagian buku tempat daun melekat dan bagian ruas yang merupakan bagian di antara dua buku. Pertumbuhan meristem apikal antara batang dikotil dan batang monokotil memiliki perbedaan yang khas. Struktur batang dikotil bervariasi, berasal dari meristem apikal yang terus menerus membelah, sehingga batang dapat tumbuh memanjang, kemudian tumbuh berdiferensiasi menjadi jaringan primer.

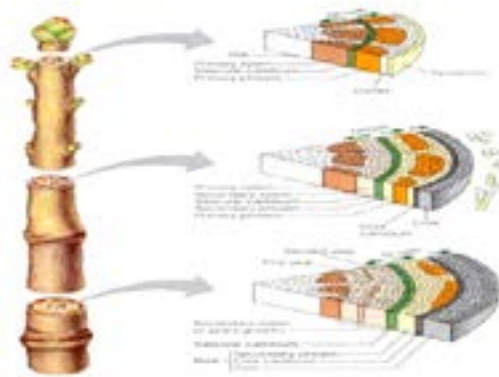
**Jaringan primer** tersebut meliputi **bakal daun, tunas ketiak, epidermis, korteks, ikatan pembuluh, dan empulur. Epidermis** biasanya terdiri atas satu lapisan sel yang memiliki mulut daun (stomata) dan rambut (trikomata). Sel epidermis termasuk sel hidup dan mampu bermitosis, berfungsi untuk memperluas permukaan apabila terjadi tekanan dari dalam akibat pertumbuhan sekunder. Dinding sel epidermis tidak mudah ditembus air dan berfungsi melindungi batang di bagian dalamnya.

**Korteks** adalah daerah di antara epidermis dan sel silinder pembuluh paling luar, biasanya terdiri atas parenkim yang dapat berisi kloroplas, di tepi luar sering terdapat kolenkim dan sklerinkim. Batas antara korteks dan daerah jaringan pembuluh sering tak jelas karena tidak ada endodermis. Pada batang muda jarak (*Ricinus communis*), misalnya, lapisan sel korteks terdalam dapat berisi pati dan disebut seludang pati. Namun, beberapa dikotil membentuk *pita caspary* pada lapisan korteks paling dalam, dan pada beberapa tumbuhan paku menunjukkan endodermis yang jelas.

**Stel (Slinder Pusat)** adalah bagian terdalam organ batang tumbuhan, terdiri atas jaringan (a) *berkas pengangkut*, pada tanaman dikotil terdiri atas *xilem* dan *floem* yang tersusun dalam ikatan pembuluh, karena letaknya berdekatan, (b) *empulur*, terdiri atas jaringan parenkim, dengan ruang antar sel yang jelas, bagian luarnya terdiri atas sel yang kecil dan rapat, biasanya berisi kelenjar minyak, kristal, dan lain-lain, (c) *perikambium*, disebut juga sebagai perisikel, merupakan jaringan yang melingkari pembuluh angkut, bagian dalamnya berbatasan dengan *floem* primer dan bagian luarnya dibatasi oleh endodermis atau dengan korteks, dan (d) *jari-jari empulur*, terdiri atas sederetan sel seperti pita radier, mulai dari empulur sampai *floem*, dalam selnya terdapat kristal butir amilum.



Gambar 4.3 Anatomi Batang Tumbuhan (<http://www.iel.ipb.ac.id>),

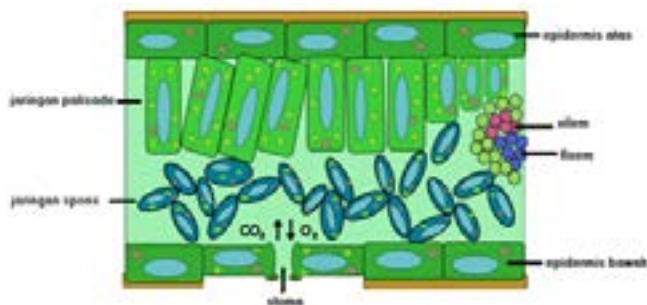


Gambar 4.4. Struktur Anatomi Batang Tumbuhan  
(<http://www.iel.ipb.ac.id>, 14-01- 2008)

Struktur batang monokotil memiliki meristem apikal yang kecil, yang akan berkembang menjadi bakal daun, tunas ketiak, dan epidermis. Jika pada gymnospermae dan dikotil, letak ikatan pembuluh berada dalam lingkaran, sedangkan pada monokotil letaknya tersebar (terpisah-pisah) berbentuk kolateral, atau dalam dua lingkaran, tidak ditemukan kambium (kolateral tertutup, sehingga tidak terjadi pertumbuhan sekunder).

### Struktur Jaringan Daun

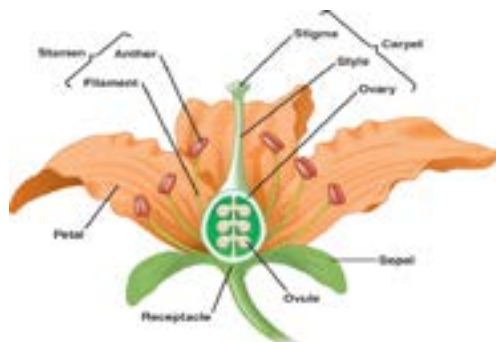
Dalam irisan melintang, daun terdiri atas (a) *jaringan epidermis*, tidak berklorofil, terdapat di permukaan dan bawah helaian daun, susunannya rapat (kompak) sehingga tidak mempunyai rongga antar sel, mengalami modifikasi menjadi mulut daun (stomata), trikomata, dan kelenjar minyak, (b) *jaringan mesofil*, merupakan bagian utama daun, banyak mengandung kloroplas dan ruang antarsel, dapat bersifat homogen atau terbagi menjadi jaringan tiang (*palisade*) dengan ciri khas selnya memanjang tegak lurus terhadap permukaan helaian daun, susunannya lebih rapat, namun sisi panjang selnya terpisah sehingga udara dalam ruang antarsel tetap dapat mencapai sisi panjang, dan jaringan bunga karang (*spons*) yang memiliki ruang antarsel lebih luas, (c) *jaringan pembuluh angkut*, tersebar dalam tulang daun dan seluruh helaian daun, *xilem* terletak di bagian atas menghadap ke jaringan palisade yang berupa rongga udara besar berdinding tebal, sedangkan floem terdiri atas sekelompok sel, dan terletak di sebelah bawah *xilem*, dan (d) *jaringan sekresi*, berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses sekresi atau pengeluaran senyawa dari daun tumbuh-tumbuhan.



Gambar 4.5. Struktur Jaringan Daun  
(<http://www.iel.ipb.ac.id>)

### Struktur Jaringan Bunga

Bunga terdiri atas bagian yang steril dan bagian yang fertil (reproduktif). Bagian steril meliputi sejumlah helai daun kelopak (*sepal*), kumpulannya disebut *kaliks*, dan sejumlah helai daun mahkota (*petal*), kumpulannya disebut *korola*. *Kaliks* dan *korola*, bersama-sama disebut perhiasan bunga (*periant*). Jika *periant* tidak terbagi menjadi *kaliks* dan *korola*, setiap helaiannya disebut *tepala*. Bagian reproduktif adalah *benang sari* atau *stamen* (*mikrosporofil*) dan *daun buah* atau *karpel* (*megasporofil*). Keseluruhan *stamen* disebut *andresium* dan keseluruhan *karpel* disebut *ginesium* (Estiti, 1995).

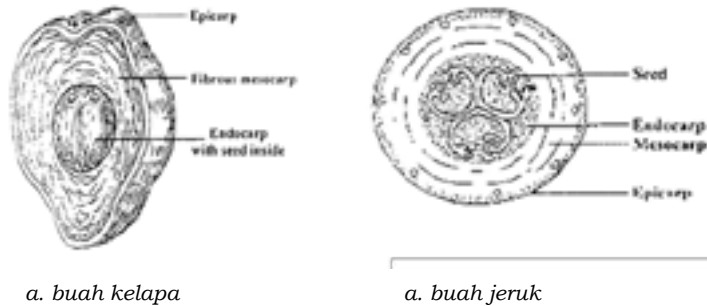


Gambar 4.6. Anatomi Bunga  
(<http://www.google.co.id/search?hl=id&q=anatomi+bunga>) (05-03-2012)

### Struktur Jaringan Buah

Buah merupakan organ tanaman yang mengandung biji, biasanya berasal dari alat pembiakan betina, namun ada juga bagian-bagian bunga yang ikut serta menyusun buah. Kulit buah sebelum masak tidak mengalami perubahan yang berarti. Pada proses pendewasaan buah, banyak terjadi perubahan, ada jaringan yang tertekan, dan ada jaringan yang meluas. Kulit buah yang telah masak dapat dibedakan menjadi 3 bagian utama, yaitu (a) *eksokarp*, merupakan kulit terluar atau disebut juga *epikarp*, (b) *mesokarp*, bagian yang terdapat di tengah, umumnya

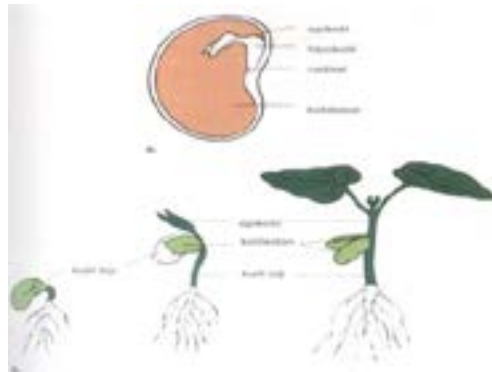
tebal, terutama pada buah berdaging, misalnya papaya, ataupun berbentuk serabut, misalnya pada kelapa, dan (c) *endocarp*, merupakan kulit terdalam, biasanya sangat keras karena mengandung sel-sel batu, misalnya pada kelapa



**Gambar 4.7.** Irisan melintang: a. buah kelapa, dan b. buah jeruk  
([www.nccpg.com](http://www.nccpg.com): 09-07-2008)

### Struktur Jaringan Biji

Struktur biji yang masak terdiri atas 3 bagian, yaitu (a) *embryo*, berasal *zygot* (hasil penyatuan gamet jantan dengan sel telur), merupakan sporofit muda yang tidak segera melanjutkan pertumbuhannya, tetapi memasuki masa istirahat (*dorman*), dikelilingi oleh cadangan makanan untuk menunjang pertumbuhannya sampai mampu berfotosintesis.



**Gambar 4.8.** Struktur Biji Tumbuhan  
a. Biji tumbuhan monokotil, b. Biji tumbuhan dikotil (Mader, 1987)

Biji berfungsi untuk melindungi embrio dan bagian-bagian biji yang ada di dalamnya. (b) *endosperm*, dibentuk oleh hasil penyatuan inti sel jantan dengan inti sel sentral, berfungsi sebagai penyimpan cadangan makanan, (c) *kulit biji (integument)*, berasal dari dinding bakal biji, berfungsi untuk melindungi embrio dan bagian-bagian biji yang ada di dalamnya.

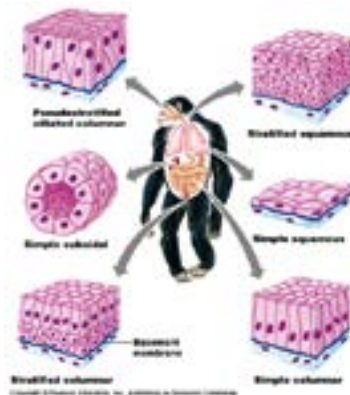
### 4.3 Sistem Jaringan pada Hewan

Sel hewan tergolong dalam binatang bersel banyak, tubuhnya tersusun atas sejumlah sel yang bentuk dan fungsinya berlainan. Sel-sel binatang bersel banyak dapat dibagi menjadi (1) **sel somatic (sel tubuh)** yaitu sel-sel yang menyusun tubuh suatu individu. (2) **sel benih (Germ cell)**, yaitu sel-sel yang berkenaan dengan reproduksi dan kelangsungan hidup suatu organism, misalnya sel telur dan sel sperma.

Jaringan yang dibentuk oleh sel-sel somatik disebut jaringan somatik. Terdapat empat kelompok besar jaringan somatik, yaitu:

#### 1. Jaringan Epithelium

Jaringan epitel adalah jaringan yang terdiri dari lapisan-lapisan sel yang tersusun rapat. Jaringan epithelium melindungi bagian luar tubuh dan melapisi organ dan rongga di dalam tubuh. Misal kulit dan lapisan luar pada alat pencernaan peredaran darah dan fungsi jaringan epitel adalah sebagai alat pelindung, alat ekskresi. Struktur sel-sel epitel dapat berupa; (1) **Squamous**, struktur sel bentuk pipih, struktur sel pipih misalnya pada permukaan bagian dalam pembuluh darah. (2) **kuboidal**, struktur sel bentuk jubus misal pada kelenjar gondok atau kelenjar ludah, (3) **Kolumnar**, struktur sel bentuk tiang, misal sel-sel epitel pada lambung dan usus halus hewan vertebrata, (4) **Ciliated**, struktur sel mempunyai cilia, contoh sel-sel epitel trakea atau tenggorokan. (5) **flagellated**, struktur sel mempunyai flagel, contoh sel-sel epitel pada bagian rongga pencernaan Hydra. Jaringan epitel ada bentuk **jaringan epitel sederhana** strukturnya hanya terdiri satu lapis sel dan **jaringan epitel berlapis**, strukturnya terdiri dari beberapa lapis. Perhatikan gambar 4.9 di bawah ini menunjukkan berbagai macam bentuk sel epitel yang menyusun tubuh.



**Gambar 4.9** Berbagai Macam Bentuk Sel Epitel pada Organ tubuh  
([http://www.google.co.id/search?hl=id&gs\\_rf=1&cp=37&gs\\_id=7p&xhr=t&q=berbagai+bentuk+sel+epitel+pada+tubuh&biw=10](http://www.google.co.id/search?hl=id&gs_rf=1&cp=37&gs_id=7p&xhr=t&q=berbagai+bentuk+sel+epitel+pada+tubuh&biw=10)) 04-03-2012)

## 2. Jaringan Ikat dan Jaringan Penyokong

Jaringan ini berfungsi mengikat jaringan dan organ selanjutnya bersama-sama menunjang bagian tubuh. Jaringan ini berasal dari sel **mesenchymembrionik**. Jaringan kelompok ini mempunyai bentuk bermacam-macam, ada yang menghasilkan serabut dan substansi interseluler misalnya serabut-serabut elastic yang berfungsi sebagai pengikat kulit pada otot-otot yang berada di bawahnya. Beberapa contoh jaringan ikat adalah **tulang, tulang rawan, urat (tendon)** dan **tali sendi (ligament)**

## 3. Jaringan Otot

Pergerakan pada manusia atau hewan dihasilkan oleh sel-sel otot. Terdapat tiga jenis jaringan otot, yaitu otot polos, otot lurik dan otot jantung. Ketiga jenis otot tersebut dibedakan berdasarkan sifat-sifat kontraksinya, struktur histologist dan serabut-serabutnya.

**Smooth muscle fibers (serabut otot polos)** mempunyai sifat-sifat:

- serabutnya panjang dengan kedua ujungnya runcing
- mempunyai satu inti sel, yang terletak central.
- tidak bergaris-garis melintang
- sifat kontraksinya: non voluntary (tidak dibawah kehendak) dan kontraksinya lambat berirama tahan lama
- terdapatnya dalam tubuh pada dinding-dinding alat pencernaan makanan, alat-alat peredaran darah, pembuluh, kelenjar-kelenjar, trakhea dan bronchi, gelembung kencing dan uterus.

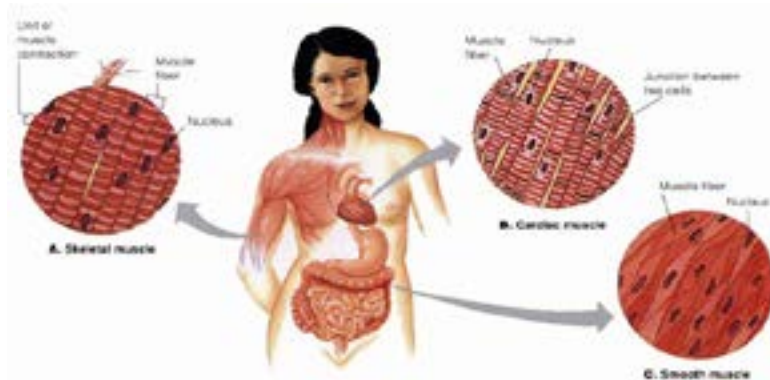
Dalam sitoplasma dari serabut-serabut otot terdapat fibril-fibril yang merupakan elemen kontraktile tersusun atas deretan-deretan molekul protein yang disebut **myosine**.

**Cardiac muscle (serabut otot jantung)** yang mempunyai sifat-sifat:

- Tidak tersusun atas serabut-serabut yang berdiri sendiri, akan tetapi berupa *syncithia* yaitu jaringan beberapa serabut yang dinding-dinding pembatasnya lebur sehingga susunan seperti jala-jala
- Inti sel banyak terletak sentral
- Bergaris melintang. Disamping garis melintang masih terdapat garis-garis tebal pada jarak-jarak tertentu yang disebut *discus intercalatus*
- Sifat kontraksinya non voluntary
- Khusus terdapat pada jantung

**Skelet muscle (serabut otot kerangka)** mempunyai sifat-sifat:

- Serabut-serabutnya panjang berbentuk silindris
- Inti sel banyak terletak eksentris (ditepi sel)
- Bergaris melintang
- Sifat kontraksinya: voluntary (dibawah pengaruh kehendak kita) cepat tidak berirama dan cepat lelah



**Gambar 4.10** Tiga Tipe Jaringan otot  
(a) Otot Skelet, (b) Otot Jantung dan (c) Otot Polos. (Campbell et al. 1999)

Otot rangka terdapat sebagai daging-daging, atau otot-otot kerangka, yakni yang melekat dan menggerakkan kerangka tubuh.

#### 4. Jaringan Saraf

Jaringan saraf dalam otak, sumsum tulang belakang dan ganglio-ganglion terdiri dari banyak sel-sel saraf yang disebut **neuron**. **Neuron** merupakan basic unit dari sistem saraf. Neuron adalah sel saraf yang khusus berfungsi sebagai penerima dan penerus rangsang. Neuron mempunyai ukuran yang bermacam-macam, strukturnya sama yaitu adanya **badan sel**, **akson** dan **dendrit**. (1) **Badan sel**, merupakan pusat dari neuron, mempunyai inti yang dikelilingi sitoplasma. Kebanyakan terdapat di dalam susunan saraf pusat dan hanya sedikit terdapat dalam ganglion-ganglion. Bentuk dari badan sel mempunyai bentuk bervariasi, tetapi kebanyakan seperti bintang dengan tonjolan-tonjolan yang keluar dari badan sel. (2) **Axon**, berfungsi melangsungkan rangsangan dari badan sel ke perifer, Axon biasanya bergabung membentuk suatu kesatuan yang disebut urat saraf. Tiap-tiap *neurofibril*, dibagian luar dilapisi oleh membran tipis disebut *neurolema*. Lapisan kedua terdiri dari zat lemak terletak diantara bagian tengah dengan *neurolema* disebut *myelin sheat*. *Myelin sheat* tidak dihasilkan oleh sel ayaraf. Batas antara *sheat cell* yang satu dengan yang lain disebut *node of ranvier* (suatu lekukan). (3) **Dendrit** melangsungkan rangsangan yang berasal dari perifer ke badan sel.

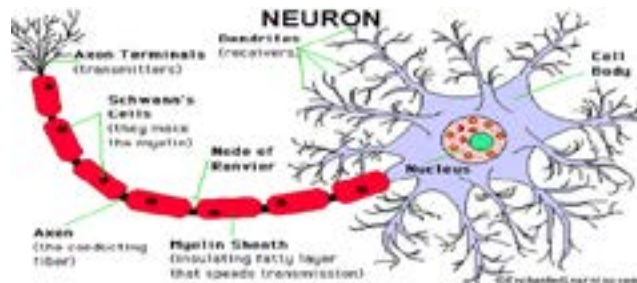
Kecepatan transmisi rangsangan ini pada saraf tergantung pada:

- Besarnya diameter dari nerve fiber, pada nerve fiber yang besar, berarti tersusun dari serabut yang banyak, sehingga jalannya rangsangan akan lebih cepat.
- Tebalnya myelin sheat, makin tebal lapisannya akan menyebabkan makin cepatnya rangsangan.



- c. Tergantung dari banyaknya rangsangan atau macam rangsangan, makin sedikit macam rangsangan yang datang, maka akan lebih cepat jalannya rangsangan.

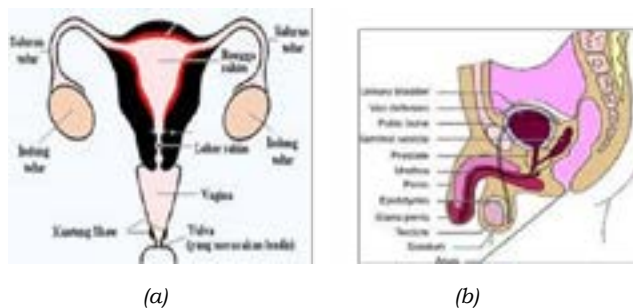
Jalannya rangsangan dari suatu titik yang merupakan tempat transmisi dari suatu neuron ke neuron lainnya dihubungkan oleh suatu titik yang disebut synaps.



Gambar 4.11 Sebuah Neuron (Sel Saraf)  
([http://www.google.co.id/search?hl=id&gs\\_nf=1&cp=13&gs\\_id=27&xhr=t&q=sebuah+neuron](http://www.google.co.id/search?hl=id&gs_nf=1&cp=13&gs_id=27&xhr=t&q=sebuah+neuron)) (04-03-2012)

## 5. Jaringan Reproduksi

Jaringan ini disusun oleh suatu tipe sel khusus untuk melaksanakan atau melanjutkan generasi berikutnya. Pada hewan vertebrata sel-sel bertanggung jawab dalam melakukan reproduksi. Sel sel ini disebut **gamet**. Gamet betina disebut **ovum (sel telur)** dan gamet jantan disebut **sperma**. Sel telur bentuknya bulat dan mempunyai cadangan makanan untuk perkembangan embrio setelah terjadinya fertilisasi atau pembuahan sampai embrio tersebut mampu memperoleh makanannya sendiri dengan cara yang lain. Sel-sel sperma lebih kecil dari sel telur dan dapat berenang dengan menggunakan ekor sitoplasmanya. Bentuk sperma ini untuk setiap species tidak sama.



Gambar 4.12 Alat Reproduksi lengkap dengan bagian-bagiannya  
(a) Pada perempuan (b) pada laki-laki  
([http://www.google.co.id/search?hl=id&gs\\_nf=1&cp=31&gs\\_id=51&xhr=t&q=alat+reproduksi+wanita+dan+pria](http://www.google.co.id/search?hl=id&gs_nf=1&cp=31&gs_id=51&xhr=t&q=alat+reproduksi+wanita+dan+pria)) (04-03-2012)

## ◆ RANGKUMAN

### Jaringan Tumbuhan

Jaringan tumbuhan dibagi ke dalam tiga sistem, yakni (a) **sistem dermal, yang** terdiri atas **epidermis**, berfungsi sebagai pelindung pertama (primer) untuk bagian luar tubuh tumbuhan, dan **periderm**, yang menggantikan epidermis pada tumbuhan yang mengalami pertumbuhan sekunder, (b) **sistem jaringan pembuluh** terdiri atas **xilem**, yang mengangkut air dan garam tanah, dan **floem**, yang mengangkut hasil fotosintesis; dan, (c) **sistem jaringan dasar**, terdiri atas **parenkim** dengan semua variasinya; **kolenkim**, yakni jaringan berdinding tebal dan selnya tetap hidup, dan **sklerenkim**, yakni jaringan pengokoh utama dengan dinding tebal, keras dan seringkali terlignifikasi (berkayu) dengan sel yang biasanya mati.

Dalam irisan melintang, daun terdiri atas (a) jaringan epidermis, (b) jaringan mesofil, (c) jaringan pembuluh angkut, terdiri atas xilem terletak di bagian atas menghadap ke jaringan palisade, sedangkan floem terletak di sebelah bawah xilem, dan (d) jaringan sekresi. Bunga terdiri atas bagian yang steril dan bagian yang fertil. Bagian steril meliputi sejumlah helai daun kelopak (*sepal*), kumpulannya disebut *kaliks*, dan sejumlah helai daun mahkota (*petal*), kumpulannya disebut *korola*. Kaliks dan korola, bersama-sama disebut perhiasan bunga (*periant*). Bagian reproduktif adalah benang sari atau stamen (*mikrosporofil*) dan daun buah atau *karpel* (*megasporofil*). Keseluruhan stamen disebut *andresium* dan keseluruhan karpel disebut *ginesium*.

Kulit buah masak dibedakan menjadi 3 bagian, yaitu (a) *eksokarp*, merupakan kulit terluar atau disebut juga *epikarp*, (b) *mesokarp*, bagian yang terdapat di tengah, umumnya tebal, terutama pada buah berdaging, ataupun berbentuk serabut, dan (c) *endokarp*, merupakan kulit terdalam, biasanya sangat keras karena mengandung sel-sel batu. Struktur biji yang masak terdiri atas 3 bagian, yaitu (a) embrio, (b) *endosperm*, (c) kulit biji (*integument*).

### Jaringan Hewan

Sel hewan dibagi menjadi 1) **sel somatis (sel tubuh)** yaitu sel-sel yang menyusun tubuh suatu individu. 2) **sel benih (Germ cell)**, yaitu sel-sel yang berkenaan dengan reproduksi dan kelangsungan hidup suatu organisme, misalnya sel telur dan sel sperma. Sel somatic tubuh tersusun atas jaringan-jaringan yaitu 1) *jaringan epitel*, tersusun atas sel-sel epitel dapat berupa squamous, kuboid, kolumnar, ciliated dan flagellated. Struktur sel epitel ada

yang sederhana yaitu epitel yang tersusun hanya satu lapisan sel dan epitel berlapis tersusun atas beberapa lapis sel. 2) *jaringan ikat dan penyokong*, merupakan jaringan berfungsi mengikat jaringan dan organ selanjutnya bersama-sama menunjang bagian tubuh. Misalnya jaringan ikat, tulang, tulang rawan **urat (tendon)** dan **tali sendi (ligament)**. 3) *jaringan otot*, ada tiga jenis otot yaitu otot polos, otot lurik dan otot jantung. Ketiga jenis otot tersebut memiliki struktur, fungsi dan lokasi yang berbeda pada bagian tubuh. 4) *jaringan saraf*, merupakan jaringan yang berfungsi untuk menerima rangsangan dan meneruskannya sehingga menghasilkan suatu respon. Jaringan saraf tersusun atas neuron. Sebuah neuron memiliki bagian-bagian dendrite, badan sel (inti sel dan sitoplasma), dan akson (neurit). 5) *jaringan reproduksi*, suatu tipe sel khusus untuk melaksanakan atau melanjutkan generasi berikutnya, jaringan reproduksi terdiri atas sel-sel gamet jantan disebut sperma dan gamet betina disebut ovum (sel telur).

### ◆ BAHAN DISKUSI

1. Stomata merupakan bagian dari organ daun pada tumbuhan yang berfungsi dalam pertukaran gas. Ternyata stomata lebih banyak ditemukan di permukaan epidermis bagian bawah daripada epidermis bagian atas. Mengapa? Jelaskan!
2. Diskusikan, bagaimana hubungan pertumbuhan kambium pada tumbuhan dikotil dengan konsep lingkaran tahun?
3. Jika diamati pada saluran respirasi, jaringan epitel yang menyusun permukaan dalam saluran respirasi tersebut tersusun atas sel-sel epitel selapis dan berlapis yang bersilia. Jelaskan mengapa demikian? Hubungkan dengan fungsi dari system ekskresi!
4. Bagaimana mekanisme penyaluran impuls mulai dari reseptor sampai dihasilkan sebuah respon? Jelaskan!

### ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

Buku Materi Pokok (Modul), 2007. *Struktur Hewan*. Jakarta: Universitas Terbuka

Campbell, Reece and Mitchell., 1999. *Biologi*. Edisi kelima Jilid 3. Jakarta: Erlangga

- Djumhana, N., Wuryastuti, S., Hendrawati, Y. dan Peristiwa, 2006. *Konsep Dasar Biologi untuk SD*. Bandung: UPI Press.
- Estiti, B. H. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung: Penerbit ITB
- Kimball, J.W. 1983. *Biology*. Addison-Wesley Publishing Company Inc. Alih Bahasa Sutarmi, S.T. dan Sugiri, N. 1992. Jakarta: Erlangga.
- Mader, S.S, 1987. *Biology: Evolution, Diversity and the Environment*. Iowa: Wm.C.Brown Publisher. Alih Bahasa Indonesia (Purnomo, B.S.) 1995. Penerbit Kucica.

### ◆ LATIHAN SOAL-SOAL

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat dan jelas sesuai permintaan!

1. Epidermis merupakan jaringan dermal yang berfungsi sebagai proteksi jaringan yang berada di bawahnya. Sebutkan ciri-ciri struktur jaringan epidermis minimal lima!
2. Xylem dan phloem merupakan jaringan berkas pembuluh dengan struktur yang berbeda. Jelaskan pula perbedaan fungsi keduanya?
3. Struktur jaringan pada akar, batang dan daun memiliki karakteristik tersendiri. Coba gambarkan bagaimana struktur yang menyusun jaringan batang?
4. Pada struktur jaringan daun kita akan menemukan jaringan palisade dan jaringan spons. Jelaskan perbedaan antara kedua jaringan tersebut!
5. Apabila kita amati maka pada organ-organ yang menyusun sebuah system dalam tubuh tersusun atas sel-sel yang berbeda. Berdasarkan observasi literature pada saluran system respirasi ternyata banyak ditemukan tersusun atas sel-sel epitel bersilia. Cobalah analisis mengapa demikian?
6. Jaringan otot terbagi atas tiga jenis otot sebutkan ketiga jenis otot tersebut? Bedakan pula ketiganya berdasarkan struktur, control dan kontraksinya!
7. Bagaimana mekanisme penjalaran impuls mulai dari stimulus sampai sehingga menghasilkan sebuah respon?

# BAB 5

## Metabolisme

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa dapat memahami dan menguasai tentang proses metabolisme tubuh meliputi anabolisme dan katabolisme yang terjadi dalam tubuh serta dapat mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

### ◆ Indikator Kompetensi

Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:

1. Menjelaskan perbedaan pengertian antara metabolisme, anabolisme dan katabolisme
2. Menyebutkan tiga tahapan proses respirasi seluler
3. Membedakan antara fermentasi dan respirasi seluler
4. Menguraikan proses yang terjadi antara tahap glikolisis dan siklus krebs
5. Menganalisis proses respirasi seluler merupakan proses yang efisien untuk memperoleh energy.
6. Membandingkan reaksi terang dan reaksi gelap pada proses fotosintesis
7. Menjelaskan percobaan Engelman tentang fotosintesis
8. Menjelaskan proses terjadinya kemosintesis

### 5.1 Pengertian Metabolisme

Metabolisme adalah keseluruhan reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh organisme. Metabolisme berasal dari bahasa Yunani *metabole* = berubah. Pada makhluk hidup banyak reaksi kimia yang terjadi secara simultan. Jika kita melihat reaksi kimia satu persatu, akan sulit memahami aliran energi yang terjadi di dalam sel. Untuk memahami metabolisme sel ada beberapa hal penting, yaitu 1) Semua

reaksi kimia yang terjadi di dalam sel melibatkan enzim. 2) Reaksi-reaksi tersebut dapat dikelompokkan ke dalam suatu lintasan. Dalam satu lintasan bisa terdiri dari 12 atau lebih reaksi (tahap). Setiap lintasan mempunyai fungsi tersendiri bagi sel atau organisme yang bersangkutan.

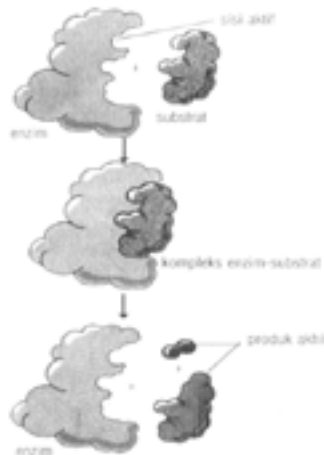
Metabolisme dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu reaksi penguraian (**katabolisme**) dan reaksi penyusunan (**anabolisme**). Metabolisme dilakukan untuk memperoleh energi, menyimpan energi, menyusun bahan makanan, merombak bahan makanan, membentuk struktur sel, merombak struktur sel, memasukkan atau mengeluarkan zat-zat, melakukan gerakan, menanggapi rangsangan dan bereproduksi. Untuk melakukan transformasi energi makhluk hidup menyelenggarakan metabolisme di dalam sel. Seluruh reaksi-reaksi yang terjadi di dalam tubuh dibantu oleh enzim atau biokatalisator.

## 5.2 Enzim (Biokatalisator)

Reaksi-reaksi yang berlangsung di dalam tubuh makhluk hidup terjadi pada suhu 27°C (suhu ruang) pada tubuh tumbuhan atau suhu 37°C pada tubuh hewan berdarah panas. Pada suhu tersebut proses oksidasi berjalan lambat. Agar reaksi-reaksi berjalan lebih cepat diperlukan katalisator. **Katalisator** adalah zat yang mempercepat suatu reaksi, tetapi zat itu sendiri tidak ikut bereaksi. Katalisator di dalam sel makhluk hidup disebut **biokatalisator** atau **enzim**.

Secara kimia, enzim tersusun atas dua bagian, yaitu

1. Bagian protein disebut **epoenzim**. Bagian protein bersifat labil (mudah berubah), misalnya terpengaruh oleh suhu dan keasaman
2. Bagian yang bukan protein disebut **gugus prostetik**, yaitu gugusan yang aktif. Bagian gugus prostetik ini dapat berupa logam dan besi, tembaga, seng atau zat organik yang mengandung logam. Ada pula enzim yang memiliki bagian prostetik yang juga merupakan bagian yang aktif



**Gambar 5.1** Reaksi Enzim Substrat dan Pembentukan Kompleks Enzim-Substrat

## Ciri-ciri Enzim

1. Protein  
Enzim adalah suatu protein dengan demikian sifat-sifat enzim dengan protein, yaitu menggumpal pada suhu tinggi dan terpengaruh oleh pH.
2. Bekerja Secara Khusus  
Enzim bekerja secara khusus, artinya enzim tertentu hanya dapat mempengaruhi reaksi tertentu, tidak dapat mempengaruhi reaksi lainnya.
3. Dapat digunakan berulang kali  
Enzim dapat digunakan berulang karena enzim tidak berubah pada saat terjadi reaksi. Akan tetapi molekul enzim kadang rusak dan harus diganti
4. Rusak oleh panas  
Enzim rusak oleh panas karena enzim adalah suatu protein. Rusaknya enzim oleh panas disebut *denaturasi*. Kebanyakan enzim dapat rusak pada suhu di atas 50° C. Jika telah rusak, enzim tidak dapat berfungsi lagi walaupun pada suhu normal.
5. Diperlukan dalam jumlah sedikit  
Oleh karena enzim berfungsi sebagai pemercepat reaksi sedangkan dia sendiri tidak ikut bereaksi, maka jumlahnya tidak perlu banyak. Satu molekul enzim dapat bekerja berkali-kali, selama enzim itu sendiri tidak rusak.
6. Dapat bekerja bolak-balik  
Umumnya, enzim dapat bekerja secara bolak-balik. Artinya, suatu enzim dapat bekerja menguraikan suatu persenyawaan menjadi persenyawaan-persenyawaan lain, dan sebaliknya dapat pula bekerja menyusun persenyawaan-persenyawaan itu menjadi persenyawaan semula. Zat (substrat) A dapat diuraikan menjadi zat B dan zat C, sebaliknya zat C dapat direaksikan kembali dengan zat B membentuk zat A seperti semula.
7. Kerja enzim dipengaruhi lingkungan  
Lingkungan yang berpengaruh pada kerja enzim adalah suhu, pH, hasil akhir dan zat penghambat.
  - a. **Suhu:** Enzim bekerja optimal pada suhu 30°C atau pada suhu tubuh dan akan rusak pada suhu tinggi. Biasanya enzim bersifat nonaktif pada suhu rendah (0°C atau di bawahnya), tetapi tidak rusak. Jika suhunya kembali normal enzim mampu bekerja kembali. Sementara pada suhu tinggi, enzim rusak dan tidak dapat berfungsi lagi.
  - b. **pH:** Enzim bekerja optimal pada pH netral. Pada kondisi asam atau basa, kerja enzim terhambat.
  - c. **Hasil akhir:** Kerja enzim dipengaruhi oleh hasil akhir. Hasil akhir yang menumpuk menyebabkan enzim sulit “bertemu”

dengan substrat. Semakin menumpuk hasil akhir, semakin lambat kerja enzim.

- d. Zat penghambat:** Selain hasil akhir, terdapat zat lain yang dapat menghambat kerja enzim. Zat yang dapat menghambat kerja enzim itu disebut penghambat atau *inhibitor*. Zat tersebut memiliki struktur seperti enzim yang dapat “masuk” ke substrat, atau ada yang memiliki struktur seperti substrat sehingga enzim “salah masuk” ke penghambat tersebut. Hal itu dapat dijelaskan sebagai berikut: semisal enzim itu anak kunci, terdapat zat penghambat (*inhibitor*) yang strukturnya mirip anak kunci (enzim), sehingga zat penghambat itu dapat masuk ke dalam gembok (substrat) dan bentuknya mirip gembok, sehingga enzim sebagai anak kunci “keliru masuk” ke gembok palsu.

## Cara Kerja Enzim

Molekul selalu bergerak dan bertumbukan satu sama lain. Jika suatu molekul substrat menumbuk molekul enzim yang tepat, maka akan menempel pada enzim. Tempat menempelnya molekul substrat pada enzim disebut *sisi aktif*. Kemudian terjadi reaksi dan molekul produk ini dapat menjadi substrat bagi molekul lain. Ada 2 teori atau model mengenai kerja enzim, yaitu teori *gembok-anak kunci* dan Teori *induced fit*. Seperti ditunjukkan pada gambar 5.2.

### 1. Teori gembok-anak kunci

Sisi aktif enzim tertentu mempunyai bentuk tertentu yang hanya sesuai untuk satu jenis substrat tertentu. Substrat sesuai dengan sisi aktif, seperti gembok cocok dengan anak kuncinya. Hal itu menyebabkan enzim bekerja secara spesifik. Jika enzim mengalami denaturasi karena panas, bentuk sisi aktif berubah sehingga substrat tidak sesuai lagi. Perubahan pH juga mempunyai pengaruh yang sama.

### 2. Teori Induced Fit

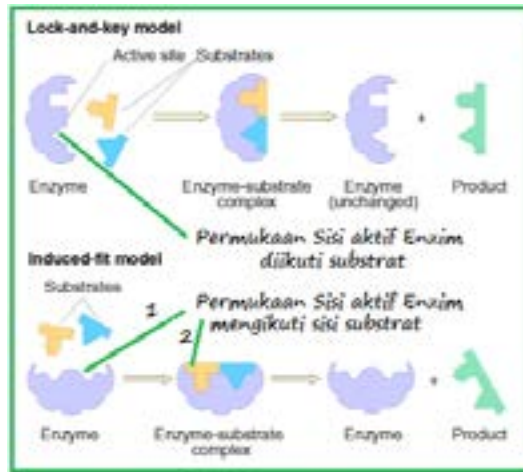
Menurut teori ini, sisi aktif enzim lebih fleksibel daripada lubang kunci. Ikatan antara enzim dan substrat dapat berubah menyesuaikan dengan enzim.

## Inhibitor

Inhibitor adalah zat yang dapat menghambat kerja enzim. Ada dua macam inhibitor, yaitu 1) inhibitor kompetitif, menghambat kerja enzim dengan menempati sisi aktif enzim. Inhibitor ini bersaing dengan substrat untuk berikatan dengansisi aktif enzim. Penghambatan ini bersifat reversibel dan dapat dihilangkan dengan menambah konsentrasi substrat.2) inhibitor nonkompetitif, berupa senyawa kimia yang tidak mirip dengan substrat dan berikatan pada sisi selain sisi aktif enzim. Inhibitor ini bersifat reversibel tetapi tidak dapat dihilangkan dengan



menambahkan konsentrasi substrat.



Gambar 5.2 Cara Kerja Enzim menurut (1)Teori Gembok-Anak Kunci, (2) Teori Induced Fit (<http://www.google.co.id/search?q=cara+kerja+enzim+teori+gembok+anak+kunci>) (05-03-2012)

### 5.3 Katabolisme

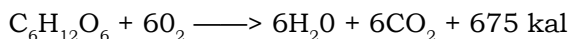
Katabolisme adalah reaksi penguraian senyawa yang kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Penguraian suatu senyawa dapat menghasilkan energi. Energi itu berasal dari terlepasnya ikatan-ikatan kimia yang menyusun suatu persenyawaan. Semakin kompleks persenyawaan kimia itu, semakin banyak ikatan kimia yang menyusunnya, dan akan semakin besar energi yang dilepaskannya. Akan tetapi energi itu tidak dapat digunakan secara langsung oleh sel. Energi itu diubah terlebih dahulu menjadi persenyawaan adenosin trifosfat (ATP) yang dapat digunakan oleh sel sebagai sumber energi terpakai. ATP merupakan gugusan adenin yang berikatan dengan tiga gugusan fosfat. Terlepasnya ikatan fosfat dalam gugusan adenin menghasilkan energi yang langsung dapat digunakan oleh sel. Energi itu digunakan untuk melangsungkan reaksi-reaksi kimia, pertumbuhan, transportasi, reproduksi, dan merespon rangsangan.

Contoh katabolisme adalah proses pernapasan sel atau respirasi. Yang dimaksud dengan respirasi adalah proses penguraian bahan makanan yang menghasilkan energi. Respirasi dilakukan oleh semua sel penyusun tubuh, baik sel-sel tumbuhan maupun sel hewan dan manusia. Respirasi dilakukan baik siang maupun malam. Ditinjau dari kebutuhannya akan oksigen, respirasi dapat dibedakan menjadi dua macam:

1. Respirasi aerobik, yaitu pernapasan yang menggunakan oksigen untuk mendapatkan energi.
2. Respirasi anaerobik, yaitu pernapasan yang tidak membutuhkan oksigen untuk mendapatkan energi. Bahan baku pernapasan adalah karbohidrat, asam lemak atau protein (asam amino). Hasil pernapasan berupa karbon dioksida, air dan energi dalam bentuk ATP.

## 1. Respirasi Aerobik

Persamaan reaksi proses respirasi aerobik (aerob) secara sederhana dapat dituliskan sebagai berikut :



Dalam kenyataan, reaksi yang terjadi tidak sesederhana itu. Banyak tahapan reaksi yang terjadi dari awal hingga terbentuknya energi. Reaksi-reaksi itu dapat dibedakan menjadi 3 tahapan, yaitu glikolisis, siklus krebs dan system transpor elektron. Diantara tahap glikolisis dengan siklus krebs terdapat proses *dekarboksilasi oksidatif*.

### a. Glikolisis

Glikolisis adalah peristiwa pengubahan satu molekul glukosa (terdiri dari 6 atom C) menjadi dua molekul asam piruvat (terdiri dari 3 atom C), 2 molekul NADH dan 2 molekul ATP. NADH adalah singkatan dari nikotinadenin dinukleotida H yang merupakan sumber elektron berenergi tinggi. ATP adalah singkatan dari adenosin trifosfat, yang merupakan persenyawaan berenergi tinggi. Selama glikolisis, dihasilkan 4 molekul ATP, akan tetapi 2 molekul ATP di antaranya digunakan kembali untuk berlangsungnya reaksi-reaksi yang lain sehingga tersisa 2 molekul ATP yang siap digunakan tubuh. Seluruh proses glikolisis tidak memerlukan oksigen. Reaksi glikolisis berlangsung di sitoplasma (di luar mitokondria). Hasil akhir sebelum memasuki daur Krebs adalah asam piruvat.



Gambar 5.3 Glikolisis

(<http://www.google.co.id/search?hl=id&client=firefox-a&rls=org.mozilla>)  
(05-03-2012)

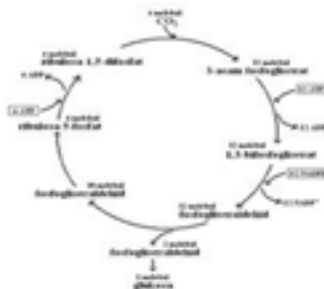
## Dekarboksilasi oksidatif

Dekarboksilasi oksidatif berbeda dg tahap glikolisis, yaitu glikolisis mengubah senyawa 6C menjadi senyawa 3C, sedangkan dekarboksilasi oksidatif mengubah senyawa 3C menjadi senyawa 2C pada hasil akhir glikolisis (menjelang memasuki siklus Krebs). Yang dimaksud *dekarboksilasi oksidatif* adalah reaksi asam piruvat (3C), diubah menjadi asetil KoA (2C). Selanjutnya asetil KoaA (2C) akan masuk ke siklus krebs. Tahapan dekarboksilasi oksidatif ini terjadi pada saat mulai memasuki mitokondria.

### b. Siklus Krebs

Krebs adalah nama orang yang menemukan siklus ini, yaitu Hans Krebs seorang saintis Jerman-Inggris. Siklus Krebs memiliki delapan langkah, masing-masing dikatalisis oleh suatu enzim spesifik dalam matriks mitokondria. Sebelum berlangsung siklus Krebs, asam piruvat (3C) diubah menjadi asetil KoA (2C). Asam piruvat tersebut merupakan hasil akhir dari glikolisis. Memasuki siklus Krebs, asetil KoA direaksikan dengan asam oksaloasetat (4C) menjadi asam sitrat (6C) (langkah 1). Selanjutnya, asam sitrat (6C) membentuk isositrat dg melepaskan air (Langkah 2), isositrat membentuk  $\alpha$ -ketoglutarat dengan melepaskan 2C ( $\text{CO}_2$ ) dan memerlukan NAD yang direduksi menjadi NADH (langkah 3). Demikian juga pada langkah 4 dan 8. Langkah keempat terbentuk suksinil dan langkah kelima terbentuk suksinat. Dari suksinat menjadi fumarat dimana FAD tereduksi menjadi  $\text{FADH}_2$  (langkah 6). Langkah 7 fumarat dirubah menjadi malat (langkah 7). Berikutnya malat dirubah menjadi oksaloasetat. Oksaloasetat memasuki daur menjadi berbagai macam zat yang akhirnya kembali menjadi asam oksalosuksinat.

Dalam perjalanannya,  $\text{CO}_2$  dilepaskan. Pada tiap tahapan, dilepaskan energi dalam bentuk ATP dan hidrogen. ATP yang dihasilkan langsung dapat digunakan. Sebaliknya, hidrogen berenergi digabungkan dengan penerima hidrogen (aseptor hidrogen) yaitu NAD dan FAD, untuk dibawa ke sistem transpor elektron. Dalam tahap ini dilepaskan energi, dan hidrogen direaksikan dengan oksigen membentuk air. Seluruh reaksi siklus Krebs berlangsung dengan memerlukan oksigen bebas (aerobik). Siklus Krebs berlangsung di dalam mitokondria. Perhatikan Gambar 5.4 berikut ini.

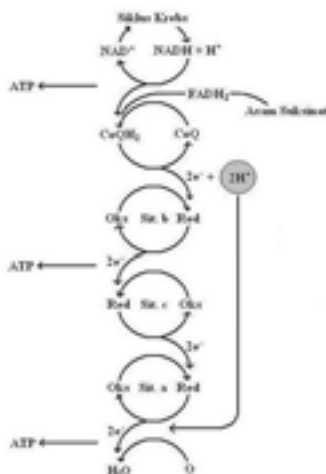


**Gambar 5.4** Siklus Krebs

(<http://www.google.co.id/search?um=1&hl=id&client=firefox-a&rls=org.mozilla:en-GB%3Aofficial&tbm=isch&sa=1&q=siklus+krebs>) (05-03-2012)

### c. Sistem Transpor Elektron (STE)

Energi yang terbentuk dari peristiwa glikolisis dan siklus Krebs ada dua macam. Pertama, dalam bentuk ikatan fosfat berenergi tinggi, yaitu ATP atau GTP (guanosin trifosfat). Energi ini merupakan energi siap pakai, yang langsung dapat digunakan. Kedua, dalam bentuk sumber elektron, yaitu NADH (nikotin adenin dinukleotida H) dan FAD (flavin adenin dinukleotida) dalam bentuk FADH. Kedua macam sumber elektron ini dibawa ke sistem transpor elektron. Proses transpor elektron ini sangat kompleks. Pada dasarnya, elektron dan H<sup>+</sup> dari NADH dan FADH<sub>2</sub> dibawa dari satu substrat ke substrat lain. Setiap kali dipindahkan, energi yang terlepas digunakan untuk mengikat fosfat anorganik (P) ke molekul ADP sehingga terbentuk ATP. Pada bagian akhir terdapat oksigen (O<sub>2</sub>) sebagai penerima (aseptor), sehingga terbentuklah H<sub>2</sub>O. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 5.5 di bawah ini.



**Gambar 5.5** Sistem Transpor Elektron

(<http://www.google.co.id/search?q=Sistem+transpor+elektron&oe=utf-8&rls=org.mozilla>)  
(05-03-2012)

## 2. Respirasi Anaerobik

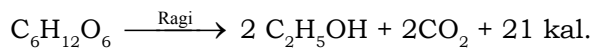
Respirasi anaerobik sering disebut respirasi anaerob adalah reaksi pemecahan karbohidrat untuk mendapatkan energi tanpa menggunakan oksigen. Pada respirasi aerobik menggunakan oksigen untuk mengikat hidrogen membentuk air sedangkan respirasi anaerobik menggunakan senyawa tertentu misalnya asam piruvat atau asetaldehida, sebagai pengikat hidrogen dan membentuk asam laktat atau alkohol.

Respirasi anaerobik terjadi pada;

1. Jaringan yang kekurangan oksigen, misalnya pada jaringan otot; ketika kita lari sangat cepat atau melakukan kontraksi otot sangat kuat, ada otot yang kekurangan oksigen

2. Akar tumbuhan yang terendam air
3. Biji-biji berkulit tebal yang sulit ditembus oksigen
4. Sel-sel ragi dan bakteri anaerobik.

Bahan baku respirasi anaerobik pada peragian adalah glukosa. Selain glukosa, bahan baku seperti fruktosa, galaktosa, dan manosa juga dapat diubah menjadi alkohol. Hasil akhirnya adalah alkohol, karbon dioksida, dan energi. Alkohol bersifat racun bagi sel-sel ragi. Sel-sel ragi hanya tahan terhadap alkohol pada kadar 9--18%. Lebih tinggi dari kadar tersebut, proses alkoholisasi (pembuatan alkohol) terhenti. Hal yang demikian merupakan suatu kendala pada industri pembuatan alkohol. Oleh karena glukosa tidak terurai lengkap menjadi air dan karbon dioksida, maka energi yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan respirasi aerobik. Pada respirasi aerobik dihasilkan 675 kal., sedang pada respirasi anaerobik hanya dihasilkan 21 kal. Perhatikan persamaan reaksinya berikut ini:



Dari persamaan reaksi tersebut terlihat bahwa oksigen tidak diperlukan. Bahkan, bakteri anaerobik seperti *Clostridium tetani* (penyebab tetanus) tidak dapat hidup jika berhubungan dengan udara bebas. Infeksi tetanus dapat terjadi jika luka tertutup sehingga memberi kemungkinan bakteri tumbuh subur.

### **Fermentasi**

Proses pembuatan alkohol oleh mikroorganisme disebut fermentasi alkohol. Selain fermentasi alkohol, fermentasi yang lain juga dilakukan oleh mikroorganisme dengan menggunakan berbagai substrat zat organik. Jika hasil akhirnya asam laktat, disebut *fermentasi asam laktat*, sedangkan jika hasil akhirnya alkohol disebut *fermentasi alkohol*. Berikut disajikan uraian singkat fermentasi asam laktat.

### **Fermentasi Asam Laktat**

Fermentasi asam laktat tergolong respirasi anaerobik. Hasil akhirnya adalah asam laktat atau asam susu. Contoh fermentasi ini ialah fermentasi yang berlangsung di dalam sel-sel otot. Jika asam laktat yang dihasilkannya menumpuk, maka akan timbul kelelahan otot.

Misalnya jika otot kita bergerak melebihi takaran, maka otot kita akan melakukan respirasi anaerobik menghasilkan asam laktat. Jika asam laktat berlebihan, otot terasa lelah dan nyeri. Ketika istirahat, asam laktat diangkut dan dikeluarkan dari tubuh sehingga badan terasa segar kembali. Pada fermentasi asam laktat, proses respirasi diawali dengan tahap glikolisis (ingat reaksi-reaksi pemecahan glukosa hingga terbentuk asam piruvat). Asam piruvat yang dihasilkannya akan diubah menjadi asam laktat atau asam susu.

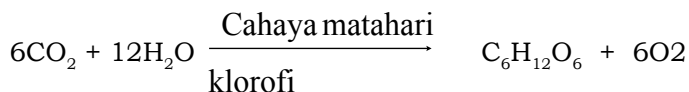
Anabolisme adalah semua reaksi proses penyusunan yang berlangsung di dalam sel. Proses anabolisme yang akan dibahas meliputi fotosintesis dan kemosintesis.

### Fotosintesis

Fotosintesis berasal dari kata *foton* artinya cahaya, *sintesis* artinya penyusunan. *Fotosintesis* adalah peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbon dioksida) dengan pertolongan energi cahaya matahari. Karena bahan baku yang digunakan adalah zat karbon (karbon dioksida), maka dapat juga disebut asimilasi zat karbon. Dalam buku ini akan digunakan istilah fotosintesis untuk menyebutkan proses tersebut.

### Proses Fotosintesis

Pada dasarnya, proses fotosintesis merupakan kebalikan dari pernapasan. Proses pernapasan bertujuan memecah gula menjadi karbon dioksida, air dan energi. Sebaliknya, proses fotosintesis mereaksikan (menggabungkan) karbon dioksida dan air menjadi gula dengan menggunakan energi cahaya matahari. Proses fotosintesis umumnya hanya berlangsung pada tumbuhan berklorofil pada waktu siang hari. Secara singkat, persamaan reaksi fotosintesis yang terjadi di alam dapat dituliskan sebagai berikut.



Fotosintesis bukan merupakan proses tunggal, tetapi terdapat dua proses yaitu reaksi terang (Fotolisis) dan Reaksi Gelap (siklus calvin).

#### a. Reaksi Terang (Fotolisis)

Merupakan langkah-langkah fotosintesis yang mengubah energi matahari menjadi energy kimiawi berupa ATP dan NADPH. Cahaya yang diserap klorofil menggerakkan transfer electron dan hydrogen dari air ke akseptor yaitu NADP. NADP berfungsi sebagai pembawa electron dalam respirasi seluler. Reaksi terang menggunakan tenaga matahari untuk mereduksi NADP<sup>+</sup> menjadi NADPH dengan cara menambahkan sepasang electron bersama dengan H<sup>+</sup>. Reaksi terang juga menghasilkan ATP dengan menambahkan gugusfosfat pada ADP melalui proses fotofosforilasi. Jadi energy cahaya mula-mula diubah menjadi energy kimiawi dalam bentuk senyawa NADPH (sumber dari electron berenergi) dan ATP. Pada reaksi terang hasil akhir tidak menghasilkan gula, akan tetapi gula dihasilkan pada reaksi gelap (calvin).

## b. Reaksi Gelap (Siklus Calvin)

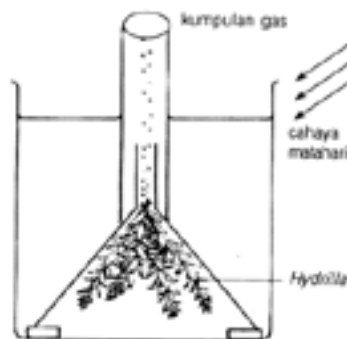
Nama calvin diambil dari penemunya yaitu Melvin Calvin sebagai penghargaan pada akhir tahun 1940-an. Siklus calvin dimulai dengan pemasukan  $\text{CO}_2$  dari udara ke dalam molekul organik yang telah ada dalam kloroplas, peristiwa ini disebut fiksasi karbon. Carbon difiksasi menjadi karbohidrat melalui penambahan electron. Tenaga pereduksi berasal dari NADPH yang memperoleh electron berenergy dalam reaksi terang. Untuk mengubah  $\text{CO}_2$  menjadi karbohidrat siklus calvin memerlukan energy kimiawi dalam bentuk ATP. Siklus calvin disebut juga reaksi gelap (reaksi tidak tergantung cahaya) karena tidak satupun langkah reaksi ini membutuhkan cahaya secara langsung. Reaksi gelap ini terjadi di stroma. Pada dasarnya, kloroplas menggunakan energy cahaya untuk membuat karbohidrat dengan mengkoordinasikan kedua langkah fotosintesis tersebut.

## Percobaan tentang Fotosintesis

Fotosintesis merupakan suatu proses yang penting bagi kehidupan organisme di bumi. Dengan fotosintesis ini tumbuhan menyediakan makanan bagi organisme lain baik secara langsung maupun tidak langsung. Banyak ilmuwan yang melakukan penelitian tentang hal yang berhubungan dengan fotosintesis, di antara-nya adalah sebagai berikut.

### a. Ingenhousz

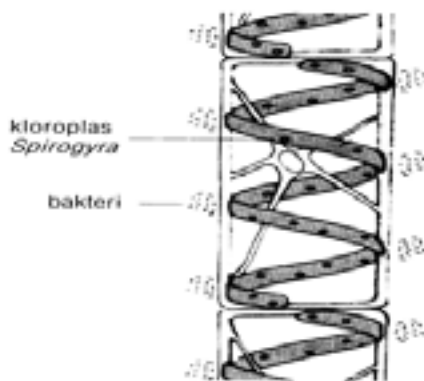
Orang yang pertama kali menemukan fotosintesis adalah **Jan Ingenhousz** (1730 -- 1799). Ingenhousz memasukkan tumbuhan air *Hydrilla verticillata* ke dalam bejana yang diisi air. Bejana gelas itu ditutup dengan corong terbalik dan di atasnya diberi tabung reaksi yang diisi air hingga penuh. Bejana itu diletakkan di terik matahari. Tak lama kemudian muncul gelembung udara dari tumbuhan air itu. Gelembung udara tersebut menandakan adanya gas, yang setelah diuji adalah oksigen. Ingenhousz menyimpulkan, fotosintesis menghasilkan oksigen.



Gambar 5.6 Perangkat Percobaan Ingenhousz  
([\(http://www.google.co.id/search?q=Percobaan+ingenhousz&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla\)](http://www.google.co.id/search?q=Percobaan+ingenhousz&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla)) (05-03-2012)

### b. T.W. Engelmann

Pada tahun 1822, **Engelmann** melakukan percobaan dengan menggunakan ganggang *Spirogyra*. Ganggang *Spirogyra* mempunyai kloroplas seperti spiral. Hanya kloroplas yang terkena cahaya yang mengeluarkan oksigen. Kloroplas yang tidak terkena cahaya tidak mengeluarkan oksigen. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya bakteri suka oksigen yang berkerumun di bagian kloroplas yang terkena cahaya. Kesimpulan dari percobaan Engelmann adalah bahwa fotosintesis dilakukan oleh kloroplas dan kloroplas hanya berfotosintesis jika terkena cahaya. (Gambar 3.12)



**Gambar 5.7** Percobaan Engelman menggunakan *Spirogyra*  
(<http://www.google.co.id/search?q=percobaan+engelmann&oe=utf-8&rls=org.mozilla>) (05-03-2012)

### c. Sachs

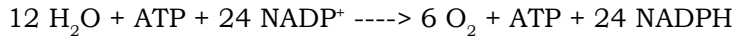
Pada tahun 1860, **Sachs** membuktikan bahwa proses fotosintesis menghasilkan amilum. Daun yang sebagian dibungkus kertas timah (kertas bungkus rokok) dipetik di sore hari, setelah terkena sinar matahari sejak pagi hari. Daun tersebut direbus untuk mematikan sel-selnya. Selanjutnya daun tersebut dimasukkan ke dalam alkohol, agar klorofilnya larut sehingga daun tersebut menjadi pucat. Jika daun itu ditetesi dengan yodium, maka bagian yang tertutup oleh kertas timah tetap pucat, sedang yang tidak tertutup warnanya menjadi biru kehitaman. Warna biru kehitaman menandakan bahwa di daun tersebut terdapat amilum.

### d. Hill dan F.F. Blackman

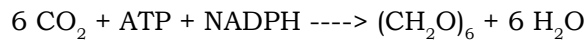
**Hill** pada tahun 1937 berhasil membuktikan bahwa energi sinar yang diterima digunakan untuk memecah molekul air menjadi  $H^+$  dan  $O_2$ . Peristiwa ini dikenal sebagai fotolisis, yang merupakan tahap awal dari *fotosintesis*. Fotolisis berlangsung dengan bantuan cahaya sehingga disebut *reaksi terang*. Pada reaksi terang, molekul air ( $H_2O$ ) terurai menjadi molekul oksigen ( $O_2$ ) dan proton ( $H^+$ ). Dalam reaksi



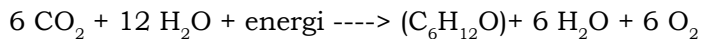
tersebut dihasilkan energi dalam bentuk ATP dan NADP<sup>+</sup>. Kemudian, H<sup>+</sup> yang dihasilkan dalam reaksi penguraian air tersebut ditangkap oleh NADP<sup>+</sup>, sehingga terbentuk NADPH. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Reaksi terang tersebut terjadi di dalam *grana*. Blackman mengemukakan reaksi gelap yang terjadi di *stroma*. Dalam reaksi gelap, ATP dan NADPH yang terbentuk pada reaksi terang digunakan untuk pembentukan sukrosa dari karbon dioksida. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut.



Jika kedua reaksi tersebut digabungkan, akan menghasilkan persamaan reaksi fotosintesis sebagai berikut.



Jadi, reaksi gelap hanya berlangsung jika tersedia energi kimia dan proton (H<sup>+</sup>) yang dihasilkan oleh reaksi terang. Tanpa didahului reaksi terang, reaksi gelap tidak akan berlangsung.

#### e. Cahaya yang Berguna dalam Fotosintesis

Fotosintesis memerlukan cahaya yang umumnya berasal dari cahaya matahari. Cahaya matahari terdiri dari banyak cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda. Cahaya yang berguna untuk fotosintesis adalah cahaya tampak. Gelombang cahaya tampak yang terpendek adalah cahaya ungu, dan yang terpanjang adalah cahaya merah.

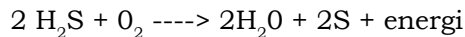
Reaksi fotosintesis terjadi pada membran fotosintesis tumbuhan. Pada bakteri fotosintesis, membran tersebut merupakan lipatan membran sel. Pada tumbuhan, alga dan protista bersel satu (misalnya *Euglena*), semua reaksi fotosintesis terjadi di dalam organel sel yang disebut *kloroplas*. Kloroplas mempunyai sistem membran dalam. Membran ini terorganisasi menjadi kantong pipih yang disebut *tilakoid*. Tumpukan tilakoid disebut *grana*. Tiap-tiap tilakoid merupakan ruang tertutup dan sebagai tempat pembentukan ATP. Di sekeliling tilakoid terdapat cairan yang disebut *stroma*. Stroma mengandung enzim yang berperan dalam reaksi fotosintesis.

Di dalam kloroplas terkandung beberapa jenis pigmen, yaitu klorofil a, klorofil b, dan karotenoid. Klorofil a mampu menyerap terutama cahaya merah dan biru-ungu. Klorofil a berperan langsung dalam reaksi terang. Klorofil a terlihat hijau karena memantulkan cahaya hijau. Klorofil b

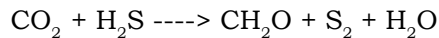
menyerap terutama cahaya biru dan oranye dan memantulkan cahaya hijau-kuning. Karotenoid adalah pigmen kuning-oranye yang menyerap cahaya biru-hijau. Klorofil b dan karotenoid tidak berperan langsung dalam reaksi terang, tetapi mereka memperluas kisaran cahaya yang dapat digunakan oleh tumbuhan. Kedua pigmen ini meneruskan energi cahaya yang mereka serap ke klorofil a, dan kemudian menyimpan energi untuk kegiatan reaksi terang.

### Kemosintesis

Kemosintesis adalah suatu reaksi penyusunan bahan organik yang dilakukan dengan energi yang diperoleh dari pemecahan persenyawaan kimia. Energi kimia digunakan untuk fiksasi CO<sub>2</sub> menjadi karbohidrat. Disini, jelas bahwa sumber energi tidak hanya cahaya. Beberapa mikroorganisme ada yang dapat memperoleh energi dengan jalan mengoksidasi persenyawaan kimia. Misalnya, bakteri belerang, bakteri nitrit, bakteri nitrat, dan bakteri besi. Bakteri belerang mengoksidasikan H<sub>2</sub>S untuk memperoleh energi. Selanjutnya, energi yang diperoleh digunakan untuk melakukan asimilasi C. Perhatikan reaksinya:



Energi yang diperoleh lebih kecil jumlahnya daripada energi yang dihasilkan dari cahaya. Energi tersebut digunakan untuk fiksasi CO<sub>2</sub> menjadi karbohidrat. Dengan demikian, reaksi selengkapnya adalah :



### ◆ RANGKUMAN

Metabolisme adalah keseluruhan reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh organisme. Seluruh reaksi-reaksi yang terjadi di dalam tubuh dibantu oleh enzim atau biokatalisator. Katalisator adalah zat yang mempercepat suatu reaksi, tetapi zat itu sendiri tidak ikut bereaksi. Katalisator di dalam sel makhluk hidup disebut **biokatalisator** atau **enzim**. Enzim tersusun atas **apoenzim** dan **gugus prostetik**. Enzim mempunyai ciri-ciri 1) suatu protein, 2) bekerja secara khusus, 3) dapat digunakan berulang kali, 4) rusak oleh panas, 5) diperlukan dalam jumlah sedikit, 6) dapat bekerja bolak balik, 7) kerja enzim dipengaruhi suhu, pH, hasil akhir dan zat penghambat.

Metabolisme terdiri atas katabolisme dan anabolisme. Katabolisme merupakan proses penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana misalnya respirasi,

## ◆ RANGKUMAN

sedangkan anabolisme adalah proses pembentukan atau sintesis senyawa kompleks dari senyawa-senyawa sederhana misalnya fotosintesis. Respirasi terdiri atas respirasi aerobik yaitu respirasi dan anaerobik. Respirasi anaerobik sering disebut respirasi anaerob adalah reaksi pemecahan karbohidrat untuk mendapatkan energi tanpa menggunakan oksigen. Pada respirasi aerobik menggunakan oksigen untuk mengikat hidrogen membentuk air sedangkan respirasi anaerobik menggunakan senyawa tertentu misalnya asam piruvat atau asetaldehida, sebagai pengikat hidrogen dan membentuk asam laktat atau alkohol. Respirasi aerobik meliputi tiga tahap yaitu glikolisis, siklus krebs dan system transpor elektron. Diantara tahap glikolisis dan siklus krebs terdapat proses dekarboksilasi oksidatif. Respirasi anaerobik misalnya fermentasi asam laktat, hasil akhirnya adalah asam laktat atau asam susu.

Fotosintesis dan kemosintesis tergolong anabolisme. Fotosintesis adalah peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbon dioksida) dengan pertolongan energi cahaya matahari. Kemosintesis adalah suatu reaksi penyusunan bahan organik yang dilakukan dengan energi yang diperoleh dari pemecahan persenyawaan kimia. Beberapa mikroorganisme ada yang dapat memperoleh energi dengan jalan mengoksidasi persenyawaan kimia. Misalnya, bakteri belerang, bakteri nitrit, bakteri nitrat, dan bakteri besi.

## ◆ BAHAN DISKUSI

1. Proses respirasi seluler terjadi di mitokondria, respirasi merupakan proses yang efisien untuk memanen energy. Sehingga dikatakan mitokondria merupakan pabriknya ATP. Coba analisa dan diskusikan bagaimana hal tersebut dapat terjadi!
2. Fotosintesis prosesnya terdiri atas dua tahap yaitu reaksi terang dan reaksi Calvin (reaksi gelap). Jelaskan bagaimana kedua proses tersebut dapat berlangsung! Pada tahap mana dihasilkan karbohidrat?

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

Buku Materi Pokok (Modul), 2007. *Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Universitas Terbuka

Campbell, Reece and Mitchell., 2002. *Biologi*. Edisi kelima Jilid 1. Jakarta: Erlangga

Douglas G. Burrin, Harry J. Mersmann, *Biology of Metabolism in Growing Animals*. Vol.3

Kimball, JW, 1992, *Biologi*. jilid 1 , Jakarta: Erlangga.

Soemarwoto, Idjah.dkk., 2005. *Biologi Umum*, Jakarta, Gramedia.

Yasin, Maskoeri. 1989, *Biologi Umum*, Bina Pustaka Tama, Surabaya.

### ◆ LATIHAN SOAL-SOAL

1. Definisikan ketiga konsep berikut: metabolisme, anabolisme dan katabolisme!
2. Respirasi seluler terjadi di mitokondria. Sebutkan tahapan dari respirasi tersebut
3. Respirasi terdiri atas respirasi anaerobic dan aerobic. Berhubungan dengan hal tersebut maka bedakan antara proses *fermentasi* dan *respirasi seluler* ?
4. Uraikan proses apa yang terjadi pada respirasi seluler diantara tahap glikolisis dengan siklus krebs?
5. Reaksi terang dan reaksi gelap (siklus calvin) merupakan tahapan dalam proses fotosintesis. Bedakan kedua proses tersebut?
6. Banyak percobaan-percobaan yang telah dilakukan oleh para peneliti untuk membuktikan bahwa fotosintesis menghasilkan karbohidrat dan oksigen. Uraikan bagaimana yang dimaksud dengan percobaan dari *Engelman* tentang fotosintesis!
7. Jelaskan bagaimana proses kemosintesis dapat terjadi!

# BAB 6

## Ekologi, Ekosistem dan Lingkungan

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa mampu mendeskripsikan konsep-konsep ekologi, organisasi biologi dan ekosistem, serta mampu memecahkan masalah-masalah ketidakseimbangan ekosistem dalam kehidupan sehari-hari.

### ◆ Indikator Kompetensi

Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:

1. menjelaskan pengertian konsep ekologi dan ekosistem,
2. membedakan proses produksi dan dekomposisi,
3. menganalisis aliran energi dalam ekosistem,
4. membuat rantai makanan dan jaring-jaring makanan berdasar pengamatan pada suatu lingkungan ekosistem,
5. menguraikan struktur trofik dan piramida ekologi,
6. menjelaskan salah satu siklus unsur-unsur kimia yang ada dalam lingkungan ekosistem,
7. mengidentifikasi hubungan saling ketergantungan makhluk hidup dalam lingkungan.

## 6.1 Konsep Ekologi dan Ekosistem

### Konsep Ekologi

Ekologi dalam arti proses alam telah dikenal sejak lama, sesuai dengan sejarah manusia. Misalnya tumbuhan memerlukan sinar matahari, tanah dan air, tumbuhan

juga menjadi makanan hewan, hewan menjadi makanan hewan lain. Demikian pula proses kelahiran, kehidupan, dan kematian semuanya menjadi pengetahuan manusia. Ekologi biasanya didefinisikan sebagai ilmu tentang interaksi antara organisme-organisme dan lingkungannya. Kehidupan dalam lingkungan terdiri dari berbagai tingkat organisme mulai dari molekul, sel, jaringan, organ, sistem organ dan individu. Ekologi mencakup fenomena jenjang-jenjang tersebut termasuk interaksinya. Untuk memberi gambaran bagaimana interaksi makhluk hidup dan makhluk tak hidup dalam suatu lingkungan, dalam bab ini akan diuraikan secara singkat.

Istilah ekologi diperkenalkan pertama kali oleh Ernest Haeckel, seorang ahli biologi Jerman tahun 1869. Asal katanya *Oikos* dan *Logos*, *oikos* artinya rumah atau tempat tinggal dan *logos* bersifat telaah atau studi. Jadi ekologi adalah ilmu tentang rumah atau tempat makhluk hidup. Ekologi didefinisikan sebagai "Ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya". Istilah ekologi berkembang pesat setelah tahun 1900 dan sampai sekarang. Istilah ekologi sekarang dikenal dengan ilmu lingkungan hidup (*environmental sciences*) dan biologi lingkungan (*environmental biology*). Selanjutnya ekologi dibagi lagi menurut taksonomi makhluk hidup yaitu, ekologi tumbuhan, ekologi hewan, ekologi serangga, ekologi mikroba dan sebagainya. Ekologi menurut habitat yaitu ekologi padang rumput, ekologi hutan, ekologi padang pasir, dan sebagainya.

Untuk kelangsungan hidupnya suatu organisme akan bergantung pada kehadiran organisme lain dan sumber daya alam yang ada di sekitarnya untuk keperluan pangan, perlindungan, pertumbuhan, perkembangbiakan dan sebagainya. Hubungan antara suatu individu dengan lingkungannya sangatlah rumit.

## Konsep Ekosistem

Ekosistem atau sistem ekologi adalah suatu kawasan alam yang di dalamnya terdiri dari unsur-unsur biotik dan unsur-unsur nonbiotik, dan di antara unsur-unsur tersebut terjadi hubungan timbal balik.

Berdasarkan fungsinya, ekosistem terdiri dari dua komponen, yaitu:

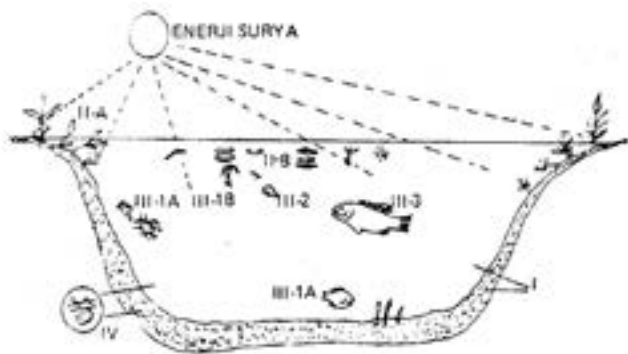
1. Komponen *autotrofik*, yaitu organisme yang mampu menyediakan atau mensintesis makanannya sendiri berupa bahan-bahan organik dari bahan-bahan anorganik dengan bantuan energi matahari atau klorofil.
2. Komponen *heterotrofik*, yaitu organisme yang mampu memanfaatkan bahan-bahan organik sebagai bahan makanannya dan bahan tersebut disintesis dan disediakan oleh organisme lain. Yang termasuk kelompok ini yaitu hewan, jamur dan umumnya mikroorganisme.

Berdasarkan penyusunnya, ekosistem dibedakan atas empat komponen, yaitu:

1. Bahan tak hidup (*abiotik*), yaitu komponen fisik dan kimia terdiri atas tanah, air, udara dan sinar matahari.
2. Produsen, yaitu organisme *autotrofik* yaitu tumbuhan organisme berklorofil, yang mensintesis makanan dari bahan anorganik yang sederhana.
3. Konsumen, yaitu organisme *heterotrofik* misalnya hewan dan manusia yang memakan organisme lain.
4. Pengurai, perombak atau "*decomposer*", yaitu organisme *heterotrofik* yang menguraikan bahan organik yang berasal dari organisme mati (bahan organik kompleks) menyerap sebagian hasil penguraian tersebut dan melepas bahan-bahan sederhana yang dapat dipakai oleh produsen. Bakteri dan jamur termasuk kelompok ini.

Ekosistem merupakan benda dan mempunyai ukuran yang beranekaragam sangat tergantung pada tingkat organisasinya. Baiklah, coba sekarang kita melihat dan mengkaji sebuah ekosistem kolam! Komponen apa saja yang kita temukan di dalamnya?

Perhatikan gambar di bawah ini!



**Gambar 6.1** Ekosistem Sebuah Kolam  
(Odum, Eugene P. 1966)

Dari gambar di atas, komponen-komponen penyusun ekosistem kolam, yaitu:

1. Komponen *abiotik*  
Komponen abiotik berupa bahan organik dan anorganik seperti air, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, kalsium, fosfor dan garam nitrogen, asam-asam amino dan humus. Sebagian besar bahan-bahan ini masih tersimpan dalam zarah-zarah endapan dan dalam badan organisme itu sendiri.
2. Organisme produsen  
Dalam sebuah kolam organisme produsen terdiri atas dua macam:
  - 1) tumbuhan terapung dan yang berakar di dasar pinggir kolam (IIA) dan fitoplankton (IIB) berupa organisme mikroskopis, terapung di permukaan air, tersebar secara vertikal sampai kedalaman yang

dapat ditembus cahaya. Fitoplankton juga bisa dalam jumlah banyak sehingga terlihat sebagai lapisan berwarna hijau di permukaan kolam.

### 3. Organisme konsumen

Organisme konsumen yaitu hewan-hewan seperti larva, serangga, udang-udangan dan ikan. Konsumen primer yaitu herbivor atau pemakan tumbuhan (III-1A ,III-1B) langsung memakan tumbuhan hidup dan sisa-sisa tumbuhan, hewan ini terdiri dari zooplankton dan hewan lain yang ada di dasar kolam. Konsumen sekunder yaitu karnivor (III-2, III-3) memakan konsumen.

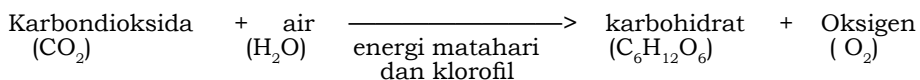
### 4. Organisme perombak (IV)

Organisme perombak berupa mikroorganisme terdiri dari bakteri dan jamur akuatik yang tersebar di seluruh bagian kolam, terutama pada perbatasan air dan dasar kolam. Disini tempat berkumpulnya bangkai hewan dan tumbuhan. Organisme pengurai jumlahnya banyak sekali, jutaan individu per gram endapan lumpur. Sebagian pengurai hanya makan bangkai hewan dan tumbuhan. Bila keadaan suhu baik, maka dekomposisi atau penguraian berlangsung cepat sehingga tumbuhan yang telah mati akan segera diuraikan dan pembusukan juga lebih cepat. Hasil dari pembusukan dilepaskan ke air dan sebagai hara bagi tumbuhan.

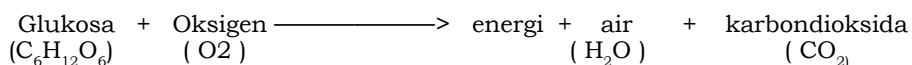
Ekosistem kolam adalah ekosistem dengan tingkatan organisasi yang paling sederhana. Danau, sungai, hutan, dan padang rumput adalah ekosistem dengan tingkat organisasi yang lebih kompleks, yang paling kompleks lagi adalah ekosistem bumi secara keseluruhan.

## Proses Produksi dan Dekomposisi

Proses sintesis makanan oleh tumbuhan berklorofil disebut fotosintesis. Reaksinya disederhanakan sebagai berikut:



Dari proses tersebut, sebagian energi surya disimpan dalam bentuk energi potensial berupa makanan. Bersamaan dengan proses ini, diperkirakan terjadi juga sintesis protein, asam amino dan yang lainnya. Dalam tubuh organisme terjadi proses respirasi yang merupakan kebalikan dari fotosintesis, yaitu proses pembakaran bahan makanan yang menghasilkan energi untuk tubuh, aktivitas, reproduksi dan sebagainya. Reaksi respirasi disederhanakan sebagai berikut:



Dekomposisi dilakukan oleh pengurai yaitu bakteri dan jamur. Bakteri belerang dan bakteri nitrogen mampu melakukan sintesis bahan



organik dari bahan anorganik sederhana melalui proses oksidasi kima sehingga tidak perlu klorofil dan energi matahari. Energi diperoleh dari oksidasi sulfat menjadi sulfat. Terdapat juga bakteri yang mampu melakukan fotosintesis dan hidup di lingkungan anaerob disebut bakteri anaerob.

Hasil dekomposisi berupa energi dan berbagai enzim yang dimasukkan ke dalam organisme mati, sebagian diserap oleh jasad renik sebagai makanannya, sebagian lagi tersimpan dalam tanah. Tidak semua bagian organisme mati dapat diuraikan dengan kecepatan yang sama, misalnya lemak, gula, protein mudah diuraikan tetapi selulosa, lignin, rambut dan tulang hewan sangat lambat diuraikan. Proses dekomposisi terbagi dua tahap yaitu produksi humus yang berjalan cepat dan mineralisasi humus yang berjalan lambat

Maka terakhir kita simpulkan ada tiga fungsi pengurai dalam ekosistem:

- Mineralisasi bahan-bahan organik yang telah mati,
- Menghasilkan makanan untuk organisme lain,
- Menghasilkan zat-zat kimia disebut "hormon lingkungan".

## Energi dalam Ekosistem

### Rantai makanan

Rantai makanan adalah lintasan konsumsi makanan, biasanya dimulai dengan organisme autotrofik yaitu organisme yang melakukan fotosintesis seperti tumbuhan hijau. Organisme ini disebut produsen karena dapat membuat makanan dari bahan mentah anorganik. Setiap organisme misalnya sapi atau belalang yang memakan langsung tumbuhan disebut *herbivor* atau konsumen primer. *Karnivor* seperti katak, yang memakan belalang (*herbivor*) disebut konsumen sekunder. *Karnivor* seperti ular, yang memakan konsumen sekunder dinamakan konsumen tersier, dan seterusnya. Setiap tingkatan konsumen dalam suatu rantai makanan disebut *tingkatan trofik*. Perhatikan urutan rantai makanan berikut ini:

**RUMPUT → BELALANG → KATAK → ULAR → BURUNG → BAKTERI PENGURAI**

**AUTOTROF (Produsen) → HERBIVORA (Konsumen Primer) → KARNIVORA (Konsumen Sekunder, Tersier, dst) → Pengurai**

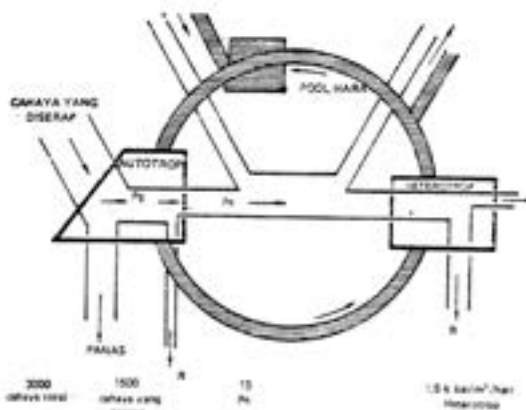
**Bagan 6.1** Contoh Rantai Makanan dan Tingkatan Trofik.

Rantai makanan dalam suatu lingkungan saling berkaitan. Kebanyakan hewan mengkonsumsi makanan beragam yang pada gilirannya menyediakan makanan untuk berbagai makhluk lain yang memangsanya. Hubungan makan-memakan yang teramat rumit dinamakan jaring-jaring makanan.

Setelah mempelajari rantai makanan yang ada dalam jaringan makanan dalam suatu ekosistem, cobalah anda membuat rantai makanan yang ada dalam lingkungan sekitarmu!

### Struktur Trofik dan Piramida Ekologi

Dalam ekosistem alami yang kompleks ada tingkat trofik dari kelompok organisme. Suatu populasi tertentu dapat menduduki lebih dari satu tingkat trofik tergantung pada sumber energi yang diperolehnya. Arus energi yang mengalir melalui sebuah tingkat trofik besarnya sama dengan asimilasi total pada tingkat itu.



**Gambar 6.2** Diagram Arus Energi dari Produsen sampai Herbivora. (Odum, Eugene P.1966)

Dari Gambar 6.2 tersebut sesuai dengan hukum termodinamika pertama, bahwa energi yang masuk seimbang dengan energi yang keluar. Setiap perpindahan energi selalu disertai dengan pencemaran energi yang berbentuk tidak siap pakai yaitu energi panas, peristiwa ini sesuai dengan hukum termodinamika kedua. Sebagian besar energi potensial yang semula diambil oleh tumbuhan hijau, habis sebelum sampai kepada pemangsa terakhir. Sehingga karnivor puncak jarang ada dalam ekosistem. Sebagian besar energi hilang melalui proses respirasi, sebagian lagi hilang ke ekosistem lain dan sebagian besar disimpan. Energi potensial yang dimakan atau diabsorpsi organisme heterotrof tidak semua diasimilasikan.

Pada suatu komunitas urutan organisme dalam rantai makanan dilewati energi. Pada setiap urutan tingkatan trofik terjadi kehilangan energi dari system tersebut. Hukum termodinamika II, setiap perubahan energi menimbulkan hilangnya energi yang dipakai. Karena kehilangan yang tidak dapat terelakan, jumlah total energi pada tiap tingkatan trofik lebih rendah dari tingkatan sebelumnya atau bahkan jauh lebih rendah.

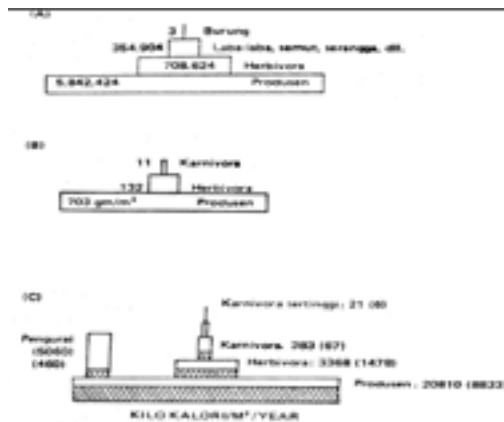
Pada herbivor dalam suatu komunitas terdapat sedikit energi daripada tanaman (sebagai produsen) pada komunitas yang sama. Energi pada karnivor lebih sedikit daripada herbivor, dan seterusnya.

Jadi distribusi energi dalam suatu komunitas dapat disamakan seperti bentuk piramida, dengan tingkatan trofik (produsen) pada dasar dan tingkatan trofik konsumen terakhir pada puncaknya.

### Piramida Ekologi

Piramida ekologi menggambarkan struktur dan fungsi trofik, berupa a) piramida jumlah individu, b) piramida biomassa, dan c) piramida energi. Piramida ekologi memberikan gambaran kasar tentang efek hubungan rantai makanan untuk kelompok ekologi secara menyeluruh. Perhatikan gambar piramida ekologi di bawah ini (gambar 6.3)!

- Piramida jumlah organisme (tidak termasuk pengurai) di padang rumput disusun menurut tingkat trofik sebagai berikut: produsen (tumbuhan hijau), herbivor (invertebrata, laba-laba, semut serangga, burung dan sebagainya).
- Piramida biomassa dari suatu ekosistem terumbu karang. Angka-angka menunjukkan bobot kering biomassa.
- Piramida energi berdasarkan nilai tahunan. Sebagian dari energi total yang diambil sebagai biomassa organik yang tersedia sebagai makanan bagi populasi lain dalam tingkat trofik berikutnya ditunjukkan dengan angka dalam kurung.



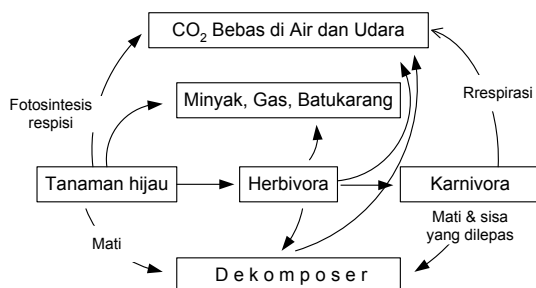
**Gambar 6.3** Piramida Ekologi  
(Odum, Eugene P. 1966)

## 6.2 Siklus Unsur-Unsur Kimia

### Siklus Karbon

CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam atmosfer dan larut dalam air membentuk persediaan (sumber) C anorganik dari mana hampir semua C organik berasal. Fotosintesa, terutama oleh tanaman hijau, yang mengekstrak C dari cadangan batuan arang ini tercampur ke dalam molekul organik kompleks sebagai ciri bahan untuk hidup. Beberapa

molekul organik ini segera terurai lagi dan C-nya dilepaskan sebagai  $\text{CO}_2$  oleh tanaman dalam respirasi, atau diubah dalam bentuk yang lebih kompleks dalam bahan sisa, atau tetap berada dalam hewan sampai mati. Biasanya sisa tanaman dan bahan mati dari tanaman maupun hewan diuraikan oleh pengurai, dan C-nya dilepaskan sebagai  $\text{CO}_2$ .

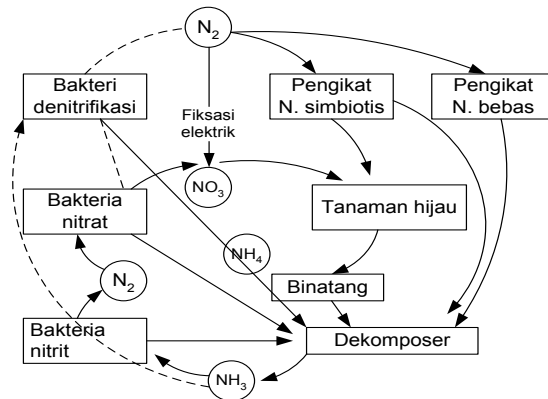


Gambar 6.4 Siklus Karbon ( $\text{CO}_2$ )  
(Odum, Eugene P. 1966)

Cadangan  $\text{CO}_2$  dalam atmosfer juga meningkat melalui oksidasi bahan organik segera setelah masuk ke tanaman yang tumbuh di daerah yang baru di jalan raya atau di sekitar bangunan atau tanah pertanian. Tanah pertanian mengikat  $\text{CO}_2$  lebih sedikit daripada vegetasi alam yang digantikannya, karena sangat produktif hanya dalam waktu relatif singkat. Sementara itu cadangan sisa organik yang terbangun dalam tanah oleh vegetasi alam lambat laun terurai, melepaskan C ke atmosfer sebagai  $\text{CO}_2$ . Aktivitas manusia meningkatkan  $\text{CO}_2$  atmosfer (udara) sampai 15% pada 100 tahun terakhir, mungkin sekali akan melipatgandakan konsentrasi  $\text{CO}_2$  pada 100 tahun yang akan datang.

## Siklus Nitrogen

Unsur lain dalam komunitas adalah nitrogen, unsur dari asam amino yang membentuk protein dan nucleosid yang membentuk asam inti (nucleic acid). Cadangan nitrogen anorganik adalah gas  $\text{N}_2$ , yang membangun  $\pm 78\%$  udara. Tetapi  $\text{N}_2$  mempunyai aktivitas biologis yang kecil. Gas ini memasuki semua tubuh organisme tetapi umumnya keluar lagi tanpa berperan penting dalam proses hidupnya. Tetapi ada beberapa mikro-organisme yaitu beberapa bakteri, algae biru dan beberapa jamur dapat menggunakan  $\text{N}_2$  dalam sintesis bahan yang dapat dipergunakan oleh organisme yang lain. Proses ini disebut fiksasi nitrogen. Walaupun beberapa fiksasi nitrogen bisa juga terjadi akibat pelepasan listrik, seperti petir, namun jumlahnya kecil, dan fiksasi nitrogen biologis oleh mikroorganisme itulah yang menyediakan nitrogen terpakai untuk ekosistem bumi.



Gambar 6.5 Siklus Nitrogen (Odum, Eugene P. 1966)

Terdapat bakteri pengikat nitrogen hidup dalam simbiosis erat dengan akar tanaman tinggi, yang terdapat pada nodule (butir) yang menonjol. Leguminosa (tanaman yang termasuk famili polong, kacang-kacangan, clover, alfalfa, lupine, dan lain-lain) terutama terkenal karena mempunyai nodule (butir) akar dalam jumlah banyak demikian juga tanaman yang lain, mikroorganisme pengikat N yang lain hidup bebas di air atau dalam tanah. Semua mikroorganisme pengikat N ini dapat mereduksi  $N_2$  menjadi amonia ( $NH_3$ ) yang seringkali dalam tanaman berupa ammonium ( $NH_4$ ) kemudian mikro-organisme tersebut menggunakan ammonium dalam sintesis bahan yang mengandung N organik atau melepaskannya ke tanah atau air di mana mereka hidup.

Bakteri simbiosis pada bintil akar akan segera melepaskan sebagian besar N terikat yang dihasilkan ke cytoplasma tanaman inang, terutama dalam bentuk asam amino. Telah diestimasikan bahwa  $\pm 90\%$  N terikat dapat dilepaskan ke cytoplasma inang dengan cara tersebut, di mana simpanan N terikat dalam bakteri atau bintil hanya sedikit atau tidak ada sama sekali. Bakteri pada bintil tidak saja mensuplai nitrogen terikat yang dibutuhkan tanaman, tetapi sebenarnya memproduksi lebih tinggi di antaranya ada yang dikeluarkan dari akar leguminosa ke dalam tanah. Jadi tanaman leguminosa (dan tanaman lain yang mempunyai bintil yang sama) cenderung meningkatkan kesuburan tanah yang ditumbuhinya. Petani seringkali membentuk kandungan N ditanahnya dengan jalan secara periodik menanaminya dengan leguminosa.

Mikroorganisme pengikat N yang hidup bebas dalam tanah dan air melepaskan amonia ke media di sekelilingnya. Bila mikroorganisme tersebut mati N terlihat dalam sel-selnya, terutama menjadi amoniak oleh organisme pengurai. Pengurai berfungsi sama pada gabungan N organik dalam tubuh tanaman hijau atau hewan atau mikro-organisme lain bila mati, juga pada bahan N dalam urine dan faeces hewan. Beberapa amonia bebas ini diambil dalam bentuk ion-ion ammonium oleh akar tanaman hutan tertentu, dan dicampur menjadi bahan yang lebih

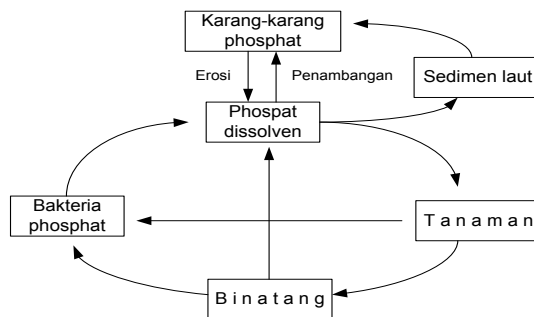
kompleks. Tetapi sebagian besar tanaman yang sedang berbunga lebih menggunakan nitrat daripada amonia. Nitrat tampaknya merupakan sumber utama N untuk tanaman tinggi. Nitrat ini diproduksi dari amonia dalam tanah oleh bakteri nitrifikasi.

Walaupun N tidak perlu kembali ke udara pada setiap perputaran siklus, namun selalu ada pelepasan dari tanah atau air kembali ke udara. Hal ini karena beberapa bakteri melakukan proses denitrifikasi yang mengubakan amonia atau nitrit atau nitrat menjadi  $N_2$  dan melepaskannya. Pada pokoknya bakteri denitrifikasi mengambil N dari organisme tanah ke bagian dan siklus N dan mengembalikannya ke udara, sedangkan organisme pengikat N sebaliknya : mengambil  $N_2$  atmosfer dan menambahkannya pada organisme ke bagian dari siklus.

### Siklus Phosphat

Mineral lain yang penting untuk kehidupan adalah P, seperti N, P adalah salah-satu unsur utama dalam pupuk komersil. Berbeda dengan C dan N, cadangannya ada di udara P mempunyai cadangan dalam karang.

Pada kondisi alam P yang tersedia jauh lebih rendah daripada N bagi organisme; misalnya pada air alam, ratio P : N  $\pm 1 : 23$ . Tetapi manusia dengan menggali  $\pm 3$  juta ton/tahun, sangat mempercepat perpindahan mineral ini dari karang ke organisme air bagai dari siklus. Akibatnya adalah peningkatan-peningkatan populasi algae dengan cepat, dimana P sebelumnya merupakan sumber pembatas utama pada banyak kolom dan jeram. Sebaliknya proliferasi lagae menimbulkan perubahan lain dalam ekologi air segar kita, seperti dapat terlihat pada urutan ekologi.



**Gambar 6.6** Siklus Phosphat (Odum, Eugene P. 1966)

### Siklus Air

Bila air hujan jatuh di tanah, segera menguap kembali ke udara. Dari air yang tidak segera menguap, di antaranya ada yang diserap tanaman atau diminum hewan, ada yang mengalir pada permukaan tanah menjadi aliran air atau danau, dan ada yang menembus tanah ke tingkat air di bawah. Air pada aliran air dan danau maupun air

permukaan kemudian mengalir ke laut. Terdapat evaporasi konstan dari aliran air, sungai kecil, danau dan laut, demikian juga dari tanaman dan hewan. Energi untuk evaporasi ini sebagian besar berasal dari radiasi matahari langsung maupun tidak langsung.

Siklus air yang tak pernah berhenti dari bumi sebagai hujan, kembali ke atmosfer melalui evaporasi dan kembali lagi ke bumi melalui hujan mempertahankan lingkungan air murni dan memberikan suplai kebutuhan air lagi bagi kehidupan di bumi. Siklus air adalah faktor utama yang mengubah suhu dan menjadi alat pengangkut bagi berbagai unsur kimia dalam ekosistem.

### Hubungan Ketergantungan Organisme

Kehidupan tiap organisme dipengaruhi oleh species lain yang hidup dalam komunitasnya. Organisme bersaing dan berinteraksi untuk memperoleh makanan, menghindari agar tidak dimakan sehingga dapat bertahan. Banyak species berusaha memperkecil kemungkinan untuk dimangsa yaitu dengan cara;

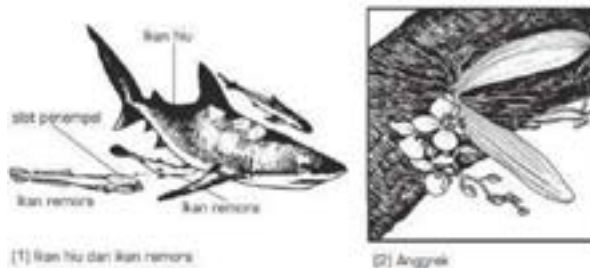
1. Penyamaran (warna sembunyi), contoh pada kupu-kupu *Biston betularia*.
2. Pertahanan, contoh duri landak dan kelenjar bau dari insekta.
3. Mimikri, misalnya pada bunglon
4. Tngkah laku kelompok, contoh ikan mengeluarkan feromon dalam air bila terancam.
5. Respons perlindungan diri, yaitu dengan melarikan diri.

*Parasitisme*, yaitu hubungan organisme yang satu merugikan species lainnya. Parasit adalah organisme yang hidup di atas atau di dalam organisme lain (inang). Parasit merugikan inang dengan cara a) memakan jaringannya, b) mengambil sebagian makanannya, atau c) mengeluarkan toksin. Contoh tumbuhan yang dihinggapi cacing atau bakteri. Pada gambar 6.7 memperlihatkan contoh parasitisme (a) Tumbuhan tali putri dengan beluntas (*Plucea indica*), (b) benalu pada pohon mangga.



**Gambar 6.7** Hubungan Parasitisme (a) Tumbuhan tali putri dengan beluntas (*Plucea indica*), (b) benalu pada pohon mangga. (<http://www.google.co.id/search?hl=id&noj=1&q=hubungan%20parasitisme>) (05-03-2012)

*Komensalisme*, yaitu hubungan simbiotik antar organisme tanpa merugikan keduanya. Contoh ikan hiu dengan ikan remora. Ikan remora melekat pada hiu memakan sisa-sisa makanan dari hiu (Gambar 6.8 (1)) dan (2) tanaman anggrek pada pohon.



**Gambar 6.8** Hubungan Komensalisme (1) ikan remora melekat pada hiu, (2) tanaman anggrek yang hidup menempel pada pohon

*Mutualisme*, yaitu hubungan simbiotik antar organisme yang saling menguntungkan. Seekor buaya membuka mulutnya dan membiarkan sejenis burung Mesir memakan lintah yang melekat di gusinya. Perhatikan gambar 6.9 di bawah ini menunjukkan contoh hubungan mutualisme.



**Gambar 6.9** Hubungan Mutualisme (1) bunga dengan lebah, (2) burung jalak di atas punggung kerbau  
(<http://www.google.co.id/search?pq=hubungan+mutualisme>) (05-03-2012)

## Keseimbangan dalam Ekosistem

Dalam suatu ekosistem terdapat suatu keseimbangan dinamakan homeostasis yaitu kemampuan ekosistem untuk mempertahankan perubahan secara keseluruhan. Keseimbangan diatur oleh berbagai faktor yaitu mekanisme yang mengatur penyimpangan bahan-bahan, pelepasan hara makanan, pertumbuhan organisme, reproduksi, dan dekomposisi bahan organik. Meskipun suatu ekosistem mempunyai daya tahan yang besar terhadap perubahan, tetapi biasanya mekanisme homeostasis dapat dengan mudah diterobos oleh manusia.



Misalnya sebuah sungai tercemari dengan sampah yang tidak terlalu banyak, sungai itu dapat dijernihkan kembali secara alami sehingga keseluruhan tidak tercemar. Tetapi bila sampah yang masuk sangat banyak dan mengandung racun, maka batas homeostasis alami sungai akan terlampaui. Sistem dalam sungai tidak mempunyai mekanisme homeostasis lagi sehingga air sungai berubah secara permanen dan bahkan rusak. Contoh lain penebangan hutan alam, merupakan suatu proses yang sering melampaui batas dan merusak homeostasis dalam ekosistem hutan.

## ◆ RANGKUMAN

Ekologi didefinisikan sebagai ilmu tentang interaksi antara organisme-organisme dan lingkungannya. Ekosistem atau system ekologi adalah suatu kawasan alam yang di dalamnya terdiri dari unsur-unsur biotik dan unsur-unsur nonbiotik, dan di antara unsur-unsur tersebut terjadi hubungan timbal balik. Istilah ekologi sekarang dikenal dengan ilmu lingkungan hidup (environmental sciences) dan biologi lingkungan (environmental biology).

Berdasarkan fungsinya, ekosistem terdiri dari dua komponen autotrofik dan heterotrofik. Sedangkan berdasarkan penyusunnya ekosistem dibedakan atas empat komponen yaitu, bahan tak hidup (abiotik), produsen, konsumen, dan pengurai, perombak atau "decomposer". Dalam suatu ekosistem terjadi proses produksi dan dekomposisi. Proses produksi melalui sintesis makanan oleh tumbuhan berklorofil dan proses dekomposisi dilakukan oleh pengurai yaitu bakteri dan jamur.

Sebuah ekosistem didalamnya terdapat lintasan konsumsi makanan yang disebut Rantai Makanan. Hubungan makan memakan ini disebut Jaring-jaring makanan. Dalam ekosistem alami yang kompleks ada tingkat trofik dari kelompok organisme. Arus energi yang mengalir melalui sebuah tingkat trofik besarnya sama dengan asimilasi total pada tingkat-tingkat trofik tersebut. Hal ini terlihat dalam bentuk piramida ekologi.

Setiap organisme perlu interaksi dengan organism lainnya dalam sebuah komunitas. Hubungan saling ketergantungan organisme ini diperlukan untuk memperoleh makanan dan melindungi diri dari pemangsa. Interaksi tersebut dapat berupa komensalisme, mutualisme dan parasitisme. Organisme dalam sebuah komunitas tentu harus dalam keseimbangan populasinya, hal ini juga akan dipengaruhi oleh keseimbangan factor-faktor abiotik.

Demikian pula keseimbangan ekosistem sangat tergantung pada beberapa komponen ekosistem dalam interaksinya dengan lingkungan. Beberapa siklus unsur-unsur kimia juga sangat penting dalam keseimbangan lingkungan, yaitu siklus karbon, siklus nitrogen, siklus phosphat dan siklus air. Pada akhirnya keseimbangan pada komunitas-komunitas akan menunjang untuk tercapainya suatu keseimbangan ekosistem dalam skala besar.

## ◆ BAHAN DISKUSI

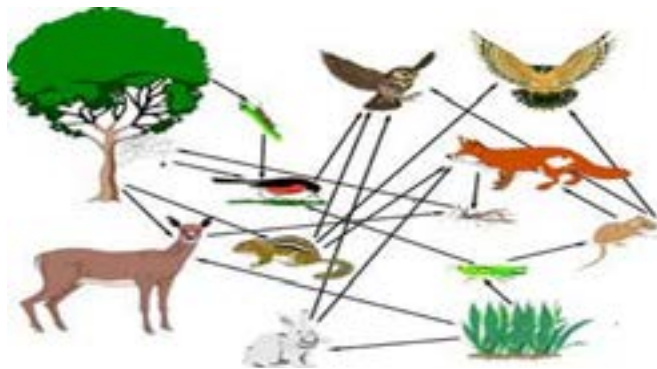
1. Sebuah kasus terjadi di daerah Lampung, tiba-tiba perkampungan dihebohkan dengan adanya beberapa gajah yang masuk dipekarangan dan ladang mereka.  
Coba analisislah apa yang terjadi dengan populasi gajah tersebut ? Mengapa terjadi demikian? Bagaimana solusi untuk permasalahan tersebut?
2. Tikus sawah merupakan hama padi yang paling dibenci Petani, suatu ketika tikus tersebut dibunuh secara besar-besaran oleh masyarakat sehingga mereka merasa puas dan aman.  
Ramalkanlah apa yang selanjutnya akan terjadi pada ekosistem tersebut? Bagaimana sebaiknya untuk membunuh hama pada sebuah komunitas atau ekosistem agar keseimbangan ekosistem tetap terjaga? Jelaskan!

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

- Heddy, Suwasono. 1989. *Pengantar Ekologi*. Jakarta: Rajawali Press.
- Jasin, Maskoeri. 1988. *Biologi Umum Untuk Universitas*. Surabaya:
- Kimball, John W. 1991. *Biology*. Alih bahasa: Siti Soetarmi dan Nawangsari Sugiri. Jilid III. Edisi 5. Jakarta: Penerbit Airlangga.
- Longman, Pearson. 2007. *Science In Focus Biology*. Singapore: Pearson Education South Asia.
- Lum How Kee. 2000. *Biology The Living Science*. Malaysia: Pearson Education South Asia
- Odum, Eugene P. 1966. *Dasar-dasar Ekologi*. (Terjemahan). Jogjakarta: Gadjah Mada University Press
- Resosoedarmo, Soedjiran. 1986. *Pengantar Ekologi*. Bandung: Remaja Karya.
- Sumarwoto, Idjah. dkk. 1985. *Biologi Umum*. Jilid I. Jakarta: PT.Gramedia

## ◆ LATIHAN SOAL-SOAL

1. Apa yang dimaksud ekologi? Jelaskan!
2. Jelaskan komponen ekosistem ditinjau dari fungsinya?
3. Amatilah ekosistem sebuah kolam! Jelaskan komponen yang menyusun ekosistem tersebut ?
4. Buatlah rantai makanan berdasarkan pengamatan terhadap lingkungan ekosistem kolam tersebut!
5. Perhatikan gambar berikut:  
Uraikanlah jaring-jaring makanan yang terjadi dalam gambar tersebut!



6. Mengapa dalam suatu jaring-jaring makanan, komponen pengurai mempunyai peranan yang sangat penting dalam ekosistem, jelaskan!
7. Jelaskan tentang siklus air yang terjadi dalam ekosistem!
8. Identifikasilah bagaimana hubungan yang terjadi pada Komensalisme dan Mutualisme?
9. Bagaimana pendapat saudara dengan maraknya pembalakan hutan secara besar-besaran? Buatlah analisa singkat apa yang terjadi dengan ekosistem hutan tersebut? bagaimana solusinya agar keseimbangan hutan dapat dikembalikan!



# BAB 7

## Klasifikasi dan Keanekaragaman Tumbuhan

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa dapat memahami dan menguasai konsep dasar, tujuan dan manfaat klasifikasi serta tatanama makhluk hidup, memahami konsep keberagaman dan keseragaman dunia tumbuhan.

### ◆ Indikator Kompetensi

1. Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:
2. Menjelaskan dasar klasifikasi pada tumbuhan dan hewan.
3. Menguraikan tujuan dan manfaat adanya pengklasifikasian makhluk hidup.
4. Menjelaskan pemberian nama ilmiah berdasarkan system binomial.
5. Mengurutkan tingkatan hirarki taksonomi dari jenis tanaman yang diamati.
6. Menjelaskan konsep keberagaman dan keseragaman tumbuhan melalui pengamatan langsung lingkungan sekitar.
7. Mengidentifikasi ciri-ciri suatu tumbuhan untuk digolongkan Monocotyledoneae atau Dicotyledoneae melalui pengamatan langsung pada tumbuhan sekitar.
8. Menjelaskan pengertian adaptasi tumbuhan disertai contohnya.

## 7.1 Prinsip-prinsip Klasifikasi

Klasifikasi ialah menempatkan bersama-sama dalam kategori hal-hal yang mirip satu sama lain. Pola klasifikasi pertama adalah menempatkan semua bentuk hewan atau tumbuhan yang hidup pada habitat yang sama dalam satu kategori. Macam klasifikasi sering didasarkan pada prinsip bahwa makhluk yang memiliki **Organ Analog** dikelompokkan bersama. Organ Analog ialah organ yang mempunyai fungsi yang sama, misalnya sirip ikan dan sirip ikan paus serta sayap penguin adalah organ analog karena digunakan untuk berenang. Sayap kelelawar, burung dan serangga juga analog digunakan untuk terbang.

Prinsip klasifikasi kedua adalah **Homologi**, yaitu prinsip yang mendasarkan pada organ-organ homolog berdasarkan kekerabatan. Bila sejumlah **organ homolog** dapat ditunjukkan antara dua makhluk hidup maka makhluk-makhluk hidup itu mempunyai hubungan yang dekat. Misalnya sirip ikan dan tangan manusia adalah organ yang homolog, tetapi tidak analog. Struktur yang analog tidak selalu homolog misalnya sayap insekta dan sayap kelelawar adalah analog berfungsi untuk terbang, tapi tidak homolog. Prinsip organ homolog merupakan dasar yang kuat dalam taksonomi daripada analog. Lebih jelasnya perhatikan gambar 7.1 di bawah ini!



a) Kuda      (b) ikan      (c) Kelelawar      (d) Katak      (e) Manusia

**Gambar 7.1** Perbandingan antara anggota badan yang homolog, berasal dari nenek moyang yang sama & perkembangan embriologi yang sama pula.

### 7.1.1 Dasar Klasifikasi Makhluk Hidup

Ada beberapa kriteria yang digunakan dalam mengklasifikasikan makhluk hidup. Berbagai tingkatan kemiripan atau persamaan dan perbedaan dapat dilihat pada sejumlah hewan yang sedang bercampur. Dasar klasifikasi *pertama* adalah persamaan dan perbedaan hewan sehingga hewan dapat dibagi menjadi golongan kecil dan golongan besar, terutama berdasarkan ciri morfologi, anatomi, fisiologi, dan perilaku.

.*Kedua* berdasarkan sifat khusus atau ciri-ciri hewan dalam hal ini termasuk mengenai struktur dasar, ukuran, perbandingan warna, kegunaannya, jumlah kaki dan habitat. Dasar klasifikasi pada tumbuhan adalah ciri-ciri morfologi luar dan anatomi tubuh, serta ciri-ciri fisiologi meliputi proses fisikokimia yang terjadi dalam tubuh tumbuhan.

*Ketiga* berdasarkan sejarah perkembangan embriologi dan evolusi (hubungan kekerabatan). Banyak sedikitnya kesamaan ciri atau sifat yang dimiliki antar spesies dengan spesies lainnya menentukan kekerabatan spesies tersebut. Makhluk hidup diberi nama dan dibedakan berdasarkan ciri-ciri struktur, perkembangan dan sejarah evolusi (hubungan kekerabatan). Penggolongan makhluk berdasarkan kriteria tersebut telah digunakan secara universal. Dasar tersebut berasal dari **Karl Von Linne (Caroles Linnaeus)**, seorang ilmuwan dari Swedia pada awal abad ke-18. Pada tahun 1753 dia menerbitkan suatu klasifikasi tentang tumbuhan, lalu pada tahun 1758 klasifikasi hewan sehingga dijuluki sebagai **Bapak Taksonomi**. Sistem taksonomi Linnaeus mengalami perluasan terdiri atas hirarkhi tingkatan taksonomi. Dalam hirarkhi itu terdiri atas beberapa kategori tingkat rendah. Jika terdapat ciri khusus dalam kelompok besar makhluk hidup, maka kelompok ini menunjukkan tingkat taksonomi tertentu. Didalam kelompok semacam itu beberapa kelompok kecil dapat dibedakan berdasar perbedaan-perbedaan yang khusus. Tiap-tiap tingkat rendah selanjutnya dapat diklasifikasikan lebih lanjut menjadi tingkat yang lebih rendah lagi. Makhluk itu memiliki struktur, fungsi dan perkembangan yang benar-benar mirip dan memiliki sejarah evolusi (kekerabatan) yang sama.

Taksonomi tingkat tertinggi makhluk hidup adalah **Kingdom** (dunia atau kerajaan). Linnaeus membagi dua Kingdom yaitu **Kingdom Plantae** (Tumbuhan) dan **Kingdom Animal** (Hewan). Tingkat selanjutnya **Divisio** (divisi = untuk tumbuhan) atau **Phylum** (untuk hewan). Phylum merupakan tingkatan kelompok yang luas dan kurang erat hubungan antara makhluk-makhluk itu, misalnya Phylum Fungi dan Phylum Coelenterata. Tingkatan berikutnya **Classis** (Kelas), contoh Phylum Coelenterata terbagi atas Kelas Hydrozoa, Scyphozoa, Anthozoa dan seterusnya, pembagian ini misalnya berdasar adanya perbedaan pada bentuk tubuh. Dengan menggunakan kemiripan dan perbedaan dalam Kelas itu maka ada kelompok tingkat lebih rendah lagi yaitu **Ordo** (bangsa). Dalam Ordo ada beberapa perbedaan lagi sehingga terdapat **Familia** (suku), dalam Familia juga demikian ada perbedaan lagi sehingga terdapat **Genus** (marga), dalam Genus terdapat **Species** (spesies, jenis). Berikut di bawah ini menunjukkan tingkatan hirarkhi taksonomi dari yang tertinggi sampai terendah.

**Kingdom** : .....

**Phylum atau Divisio**: .....

**Class** : .....

**Ordo** : .....

**Familia** : .....

**Genus** : .....

**Species** : .....

**Varietas** : .....

Apabila diperlukan lebih banyak takson, maka istilah untuk masing-masing takson dapat ditambahkan perkataan “Sub” (anak), misalnya Kingdom, Divisio, sub divisio, Class, sub Class dan seterusnya. Nama takson biasanya menggunakan akhiran yang berbeda-beda untuk mengacu pada tingkat serta golongan makhluk hidup. Berikut nama takson dengan akhiran yang berbeda pada dunia tumbuhan, yaitu :

1. Divisi : berakhiran *mycota* (fungi), *phyta* (tumbuhan).
2. Sub division : berakhiran *mycotina* (fungi), *phytina* (tumbuhan)
3. Kelas : berakhiran *myctes* (fungi), *phyceae* (ganggang), *opsida* (tumbuhan)
4. Subkelas : berakhiran *mycetidae* (fungi), *phycidae* (ganggang), *idea* (tumbuhan).
5. Ordo : berakhiran *ales* (*eae*, *ae*, atau *es*) (jika nama ordo dibentuk berdasarkan pokok kata lain yang menunjukkan sifat-sifatnya).
6. Sub Ordo : berakhiran *ineae*
7. Famili : berakhiran *ceae*
8. Subfamili : berakhiran *oideae*
9. Genus : Kata nama tunggal yang dilatinkan dan diawali huruf capital.
10. Subgenus : Kombinasi nama genus dengan petunjuk bagian kata nama sifat berbentuk jamak dilatinkan misalnya, *Cuscuta*  
Subgen: *Gammica*
11. Spesies : Kombinasi ganda nama genus dan nama penunjuk jenis
12. Subspesies : Kombinasi antara nama spesies dan penunjuk takson di bawah spesies

### 7.1.2 Tujuan dan Manfaat Klasifikasi

Tujuan utama mengklasifikasikan makhluk hidup adalah untuk mempermudah mempelajari dan mengamati dari berbagai jenis tumbuhan dan hewan, dan yang lebih penting adalah menunjukkan kekerabatan antar makhluk hidup. Dalam melakukan suatu penelitian-penelitian terkait tumbuhan dan hewan maka dapat dengan mudah memperoleh data serta gambaran mulai dari habitat, lingkungan, bentuk morfologi, anatomi tubuh serta kekerabatannya. Klasifikasi sangat bermanfaat



dalam mengadakan perkawinan atau hibridisasi jenis tumbuhan atau hewan tertentu untuk melestarikan keturunannya.

Berikut tabel dibawah ini ada beberapa jenis tumbuhan yang termasuk kelompok polong-polongan dan hewan dengan tingkatan taksonnya mulai dari yang tertinggi sampai takson tererndah.

Tabel berikut memperlihatkan bagaimana berbagai organisma disusun dalam sistem klasifikasi.

TAKSONOMI TINGKATAN	Kacang Hijau	Kacang Buncis	Durian	Jamur Padi	Kucing	Paramaecium
Kingdom	Plantae	Plantae	Plantae	Plantae	Animal	Protista
Divisio/Phylum	Tracheophyta	Tracheophyta	Tracheophyta	Mycophyta	Chordata	Ciliophora
Kelas	Angiospermae	Angiospermae	Angiospermae	Basidiomycetes	Mammalia	Ciliata
Ordo	Leguminosae	Leguminosae	Malvales	Agaricales	Carnivora	Holotricha
Famili	Papilionaceae	Papilionaceae	Bombaceae	Agaricaceae	Felidae	Paramaecidae
Genus	Phaseolus	Phaseolus	Durio	Volvariella	Felis	Paramaecium
Species	Phaseolus radiatus	Phaseolus vulgaris	Durio zibethinus	Volvariella volvacea	Felis catus	Paramaecium caudatum

**Tabel 7.1** Klasifikasi Beberapa Organisma yang umum

Keterangan :

Disamping ketujuh tingkatan taksonomi yang pokok, seringkali digunakan juga tingkatan-tingkatan yang lebih rendah. Misalnya tingkatan Subphylum atau Subdivisio yang ditempatkan diantara Phylum/Divisio dan Kelas. Subkelas, yang ditempatkan diantara Kelas dan Ordo.

### 7.1.3 Nama Ilmiah dan Sistem Binomial

Setiap daerah atau negara mempunyai nama sendiri-sendiri untuk tumbuhan dan hewan-hewan terkenal, sehingga sering terjadi kekacauan dalam pembicaraan tentang tumbuhan atau hewan. Klasifikasi modern dimulai pada tahun 1758, yakni ketika Caroleus Linnaeus mempublikasikan bukunya berjudul *Systema Naturae*, edisi ke-10. Sampai pada abad ke 18 semua nama-nama tumbuhan dan hewan menggunakan nama ilmiah atau bahasa latin dengan sistem nama panjang atau *Polynomial*. Selanjutnya *Carolus Linneaus* (1707 – 1778) memperkenalkan cara baru dalam pemberian nama tumbuhan dan hewan yaitu *Sistem Binomial* menggantikan *Polynomial*. Tiap tumbuhan atau hewan mempunyai nama yang terdiri atas dua bagian yaitu yang pertama nama genus dan yang kedua disebut “species epithet”, kedua nama itu dicetak miring atau dicetak tebal atau digaris bawah dengan awal huruf besar bagi nama genus dan nama species dengan awal huruf kecil. Terkadang tercantum nama atau inisial lain yang tidak dicetak miring dan ditulis sesudah nama ilmiah. Ini adalah nama atau inisial

ahli taksonomi yang menetapkan nama ilmiah tersebut, Contohnya *Canis familiaris* L. Singkatan L dibelakang adalah Linneaus. Kadang-kadang disertakan kata ketiga yang dicetak miring dan dilatinkan pada nama ilmiah suatu organisme. Ini adalah nama *Subspecies* atau *Ras* atau *Varietas* gunanya untuk membedakan bentuk-bentuk species yang khusus, acapkali lokal dari bentuk-bentuk lain pada species yang sama. Misalnya nama burung berleher kuning di Payau *Geothlypis trichas sinugas*, nama burung berleher kuning Daerah Utara *Geothlypis trichas brachidactyle*.

Peraturan penamaan (nomenklatur) pada tumbuhan secara ilmiah dan bersifat internasional tercantum dalam Kode Internasional Tatanama Botani. Kode tersebut hasil Kongres Botani International yang diadakan lima tahun sekali sejak tahun 1867 di Paris dan tahun 1975 di Leningrad. Selain nama ilmiah, banyak tumbuhan terutama yang ada di sekitar kita mempunyai nama-nama setempat atau nama daerah. Meskipun demikian masih banyak juga tumbuh-tumbuhan yang belum mempunyai nama daerah sama sekali. Nama ilmiah bersifat lebih tetap dimanapun tumbuhan itu berada mempunyai nama yang sama, sebaliknya nama daerah hanya berlaku di daerah tertentu untuk spesies yang sama. Misalnya sejenis tanaman dengan nama ilmiah *Carica papaya* (pepaya), dalam bahasa Sunda disebut “gedang”, bahasa Jawa menyebutnya “kates”.

## 7.2 Keanekaragaman Tumbuhan

Seperti telah dijelaskan bahwa makhluk hidup dibedakan atas Kingdom Plantae dan Kingdom Animal, tetapi pembagian tersebut tidak memuaskan karena banyak makhluk hidup yang bersel tunggal tidak nampak jelas garis pemisah antara keduanya.

### 7.2.1 Konsep Keberagaman dan Keseragaman Tumbuhan

Keanekaragaman tumbuhan sangat jelas terlihat dari bagian-bagian seperti bunga. Keanekaragaman struktur bunga berhubungan dengan cara bunga melaksanakan fungsinya. Bunga yang memerlukan serangga untuk memindahkan benangsari ke putik biasanya besar, warnanya mencolok dan baunya menusuk hidung. Bagian lain yang menunjukkan keanekaragaman adalah daun, biji dan buah.

Ada buah tunggal, buah majemuk, buah agregat, buah sejati, buah semu dan sebagainya. Bentuk daun dan perurutan daun juga sangat beragam. Ada bentuk daun bulat telur, bentuk pita, bentuk jantung dan sebagainya dengan perurutan daun bervariasi. Walaupun memang banyak keanekaragaman tumbuhan yang mencolok, beberapa diantaranya juga menunjukkan kesamaan atau keseragaman tumbuhan, misalnya sama-sama termasuk kelompok tumbuhan berbiji atau berbunga karena mempunyai perhiasan bunga lengkap, sama-sama batangnya berpembuluh sehingga dimasukkan kelompok tumbuhan Tracheophyta (berpembuluh). Demikian persamaan-persamaan ini makin sedikit kalau sampai pada tingkatan hirarki taksonomi terendah.



**Gambar 7.2** Berbagai macam bentuk dan tipe bunga  
(<http://www.google.co.id/search?pq=macam-macam+bentuk+bunga>) (06-03-2012)



Nepenthes

Graminae

Acasia

**Gambar 7.3** Keanekaragaman tumbuhan  
(<http://www.google.co.id/search?pq=keanekaragaman+hayati>)  
(06-03-2012)

## 7.2.2 Dunia Tumbuhan

Berdasarkan bentuk dan susunan tubuh tumbuhan, maka taksonomi tumbuhan ditinjau secara keseluruhan, sebagai berikut:

### 1. Schizophyta

Schizophyta merupakan tumbuhan dengan tubuh yang bersifat talus yang hanya terdiri dari satu sel dan belum berdiferensiasi. Hidup kebanyakan berkoloni. Divisi tumbuhan ini terbagi menjadi dua ordo yaitu Eubacteriales (bakteri sejati) dan Actinomycetales (kapang jejari).

### 2. Thallophyta (Ganggang)

Tumbuhan thallophyta tidak mempunyai akar, batang, serta daun sejati disebut talus, kebanyakan tubuh tersusun atas banyak sel (multiseluler), tetapi ada yang masih uniseluler. Tubuh berupa talus, sudah mengalami diferensiasi dimana inti sudah ada jelas, protoplasma dan plastida. Sehingga tumbuhan ini mempunyai bentuk dan susunannya mirip kormusnya tumbuhan tinggi. Thallophyta terbagi dua kelompok yaitu algae (ganggang) dan fungi (cendawan, kapang dan jamur). Algae terbagi menjadi lima divisi yaitu 1) Chlorophyta (ganggang hijau), Cyanophyta (ganggang biru), Euglenophyta (ganggang sepatu), Crysophyta (ganggang hijau kuning, ganggang pirang dan diatom), Pyrrophyta (ganggang karangan), Phaeophyta (ganggang coklat), dan Rhodophyta (ganggang merah).

Fungi terbagi atas Myxomycophyta (cendawan lendir) dan Eumycophyta (fungi). Cendawan lendir tubuhnya terdiri atas gumpalan

protoplasma tak berdinging, spora dihasilkan dari sporangium tetapi tidak membentuk hifa. Eumycophyta terbagi menjadi empat kelas yaitu Phycomycetes (cendawan ganggang), Ascomycetes (cendawan kantung), Basidiomycetes (jamur) dan Fungi imperfecti (fungi tidak sempurna).

### 3. Bryophyta (Tumbuhan Lumut)

Divisi Bryophyta terbagi menjadi tiga kelas yaitu Hepaticae (lumut hati), Anthocerotae (lumut tanduk), dan Musci (lumut sejati). Lumut merupakan tumbuhan sederhana yang biasa tumbuh di tempat yang basah, kebiasaan hidup dipermukaan dari kolam air tawar. Lumut hati mempunyai tubuh yang pipih dan keras. Sedangkan lumut tubuhnya terdiri dari pucuk tegak dengan beberapa anak daun yang sangat kecil tersusun secara spiral. Baik lumut hati maupun lumut tegak. Tidak memiliki jaringan berkayu dan tidak pernah tumbuh besar, tidak memiliki sistem pembuluh untuk mengangkut air dan makanan dalam tubuhnya, tetapi punyai akar berupa rhizoid. Sekitar 23.000 species lumut dan lumut hati telah diidentifikasi.

Perkembangbiakan secara seksual terjadi bila sel sperma berenang menuju ke alat betina tanaman atau bagian lain yang menghasilkan telur. Tidak adanya tranpor air khusus dan perlunya air bebas untuk reproduksi seksual merupakan alasan mengapa lumut terbatas pada habitatnya dan secara periodik memerlukan kelembaban. Kurang lebih 14.000 species lumut telah dikenal. *Marchantia* merupakan genus lumut hati yang umum, semua speciesnya berupa tumbuhan pipih hijau seperti pita bercabang secara dichotomi contoh lain *Polytrichum commune* (Lumut topi rambut) termasuk lumut sejati, tersebar dimana-mana. Lumut *Sphagnum* tumbuh subur di rawa dan bila terurai sebagian dijual sebagai gambut. Lumut tanduk contohnya *Lycopodium clavatum* mempunyai bentuk ujung daun yang khas.

Bila ganggang Cyanophyta dan Lichenes dianggap sebagai tumbuhan pionir, maka Bryophyta sebagai penerus menimbulkan kesuburan tanah karena membentuk humus yang dapat menahan air hujan yang jatuh dan mencegah erosi.



*Marchantia* (lumut hati)



*Lycopodium clavatum*  
(lumut tanduk)



*Polytrichum commune* (lumut sejati)

**Gambar 7.4** Berbagai Jenis Lumut (Bryophyta)

([http://www.google.co.id/search?q=keanekaragaman+tumbuhan&hl=id&gs\\_l=1&cp=38&gs\\_id=f9&xhr=t&q=lumut+hati,+lumut+sejati,+lumut+tanduk](http://www.google.co.id/search?q=keanekaragaman+tumbuhan&hl=id&gs_l=1&cp=38&gs_id=f9&xhr=t&q=lumut+hati,+lumut+sejati,+lumut+tanduk))  
(06-03-2012)

#### 4. Tracheophyta (Tumbuhan Berpembuluh)

Tumbuhan ini sudah memiliki sistem pembuluh untuk pengangkutan air dan zat makanan ke seluruh tubuh yaitu xylem dan floem. Tracheophyta terbagi atas divisi 1) Psilopsida, 2) Lycopsida, 3) Sphenopsida, dan 4) Pteropsida.

##### 1). Divisi Psilopsida

Psilopsida tidak memiliki akar atau daun yang tampak dipermukaan tanah, tapi memiliki keduanya di bawah tanah dan yang nampak menjulang keluar adalah batang yang mengandung pembuluh xilem dan phloem. Fotosintesis terjadi pada batang dan memproduksi sporangia. Contoh yang terkenal: *Psilotum nudum*

##### 2). Divisi Lycopsida

Sering disebut lumut gada, memiliki daun-daun kecil dan tumbuh dekat dasar tanah. Tumbuhan ini berpembuluh (xylem dan phloem) ada pada akar dan daun yang berhubungan dengan pembuluh batang. Kurang lebih ada 1000 species di bumi contoh *Lycopodium cernuum* (paku kawat), terdapat di tanah pegunungan dan sebagai bunga hias.

##### 3). Divisi Sphenopsida

Disebut juga Paku Ekor kuda, ciri-cirinya percabangan batang beruas. Sering tumbuh ditemapt berpasir ini berhubungan dengan kandungan silikat pada batangnya sehingga batang tegar, daun sangat kecil duduk teratur dalam lingkaran.

Genus yang terkenal *Equisetum* di Indonesia contohnya *Equisetum debile* (paku ekor kuda).

*Psilotum nudum**Lycopodium cernuum**Equisetum debile*

**Gambar 7.5** Berbagai jenis tumbuhan berpembuluh (Tracheophyta)  
 ([http://www.google.co.id/#pq=lycopodium+cernuum&hl=id&gs\\_nf=1&cp=9&gs\\_id=1o&xhr=t&q=psilotum+nudum](http://www.google.co.id/#pq=lycopodium+cernuum&hl=id&gs_nf=1&cp=9&gs_id=1o&xhr=t&q=psilotum+nudum)) (06-03-2012)

#### 4). Divisi Pteropsida

Tumbuhan ini mempunyai batang lebih besar, banyak daun, bercabang-cabang dan berpembuluh. Terbagi 3 Sub Divisi yaitu Filicinae, Gymnospermae dan Angiospermae.

##### (1). Sub Divisi Filicinae (Paku)

Tumbuhan ini mempunyai badan penghasil spora yaitu **Homosporus**. Masing-masing paku akan menghasilkan satu spora dan bila jatuh ditempat yang cocok akan tumbuh menjadi Prothalus. Dari Prothalus akan berkembang biak jantan dan betina. Habitatnya ditempat basah hal ini supaya sperma bersilia berenang menuju sel telur. Paku akan tersebar dengan perantara angin yang membawa spora ke mana-mana. Contoh paku-pakuan *Marsilea crenata* (paku semangi), *Salvinia natans* (paku iar kiambang), *Asplenium nidus* (paku sarang), *Drymoglossum* sp. (paku duduitan). Paku tumbuh dengan pesat dan batang yang besar sehingga merupakan bahan pembentukan batu bara.

##### (2). Sub Divisi Gymnospermae

**Gymnospermae** (tumbuhan biji terbuka) merupakan tumbuhan dengan biji telanjang, serbuk sari terdapat di dekat bakal biji. Terbagi menjadi tujuh ordo yaitu a) *Pteridospermae* (paku biji), tumbuhan mengandung biji dengan sifat menyerupai pohon. Kebanyakan sudah punah, Paku biji merupakan tumbuhan yang pertama diantara **Gymnospermae**. b) *Bennettiales*, merupakan tumbuhan besar dan kuat, menyerupai palm dan sudah punah, c) *Cycadales* (pakis haji), tumbuhan menyerupai palm yang terkenal *Cycas rhumpii* (cemara atau tusam), d) *Cordaitales* merupakan conifer purba, e) *Ginkgoinales*, contoh Ginkgo merupakan species yang bertahan hidup liar dipedalaman Cina, f) *Coniferales*, tumbuhan berdaun jarum contohnya pinus (*Pinus merkusii*), g) *Gnetales*, contoh melinjo (*Gnetum gnemon*)

##### (3). Sub Divisi Angiospermae

Tumbuhan angiospermae terdapat di semua habitat dengan bentuk yang bermacam-macam, mampu berdiam di daerah gersang dan beberapa di air. Angiospermae terbagi dua sub kelas yaitu **Monocotyledoneae** dan **Dicotyledoneae**.

### a). Kelas Monocotyledoneae

Nama ini berdasar pada jumlah cotyledon yang dimiliki dalam biji yaitu satu. Ciri-ciri monokotil yang membedakannya dari dikotil yaitu sistem akar serabut, letak pembuluh pada batang (xylem dan phloem) tersebar, daun dengan peruratan atau tulang daun sejajar atau melengkung sehingga daun banyak berbentuk pita, duduk daun berseling atau membentuk roset. Susunan bagian bunga terdiri dari 3 bagian atau kelipatannya, kelopak dan mahkota kadang-kadang tidak dapat dibedakan merupakan tenda bunga. Contoh: *Areca catechu* (Pinang), *Oryza sativa* (Padi), *Pandanus tectorius* (Pandanus), *Canna edulis* (Ganyong), *Cyperus rotundus* (Rumput teki) dan lain-lain.



*Canna edulis*



*Pandanus tectorius*

Gambar 7.6 Tumbuhan Monokotil  
(<http://www.google.co.id/search?hl=id&biw=1024&bih=629&q=pandanus+tectorius,+canna>) (06-03-2012)

### b). Kelas Dicotyledoneae

Kelas Dicotyledoneae mempunyai jumlah cotyledon dalam bijinya dua, ciri-ciri lainnya sistem akar tunggang, letak pembuluh pada batang (xylem dan phloem) teratur menurut pola radial, daun dengan peruratan atau tulang daun menyirip, bentuk jala atau menjari sehingga daun dapat memiliki bermacam-macam bentuk, duduk daun tersebar atau berkarang, kadang berseling, daun jarang yang mempunyai pelepah. Susunan bagian bunga pada dikotil terdiri dari 4 atau 5 bagian atau kelipatannya. Contoh: *Annona muricata* (Nangka Belanda), *Tectona grandis* (Pohon jati), *Caesalpinia pulcherrima* (kembang merak), *Citrus* sp. (jeruk), *Mangifera indica* (mangga) dan lain-lain.

Tabel di bawah ini merupakan rangkuman perbedaan tumbuhan monokotil dan dikotil.

Keping Biji	Tulang Daun	Batang	Bunga	Akar
<b>Monocotyledoneae</b>  Satu kotiledon	 Tulang daun sejajar atau melengkung	 Berkas pengangkut tersebar	 Bagian perhiasan bunga hanya terdiri dari 3 atau kelipatannya	 Sistem akar serabut
<b>Dicotyledoneae</b>  Dua kotiledon	 Tulang daun menyirip atau menjari	 Berkas pengangkut tersusun dalam suatu lingkaran	 Bagian perhiasan bunga terdiri dari 2, 4, 5, atau kelipatannya	 Sistem akar tunggang

Sumber: Biologi, Campbell

**Tabel 7.2** Perbedaan monokotil dan dikotil pada bagian akar, batang, daun, bunga dan biji ([http://www.google.co.id/search?hl=id&gs\\_nf=1&cp=58&gs\\_id=9v&xhr=t&q=perbedaan+monokotil+dan+dikotil](http://www.google.co.id/search?hl=id&gs_nf=1&cp=58&gs_id=9v&xhr=t&q=perbedaan+monokotil+dan+dikotil)) (06-03-2012)

### Adaptasi Tumbuhan Angiospermae

Tumbuhan angiospermae merupakan kelompok tumbuhan yang paling beraneka ragam dan tersebar luas dengan sekitar 275.000 spesies yang telah diketahui. Angiospermae dibagi menjadi dua kelas yaitu monokotil dan dikotil yang keduanya memiliki perbedaan dari structural. Perbedaan structural dan morfologi ini menunjukkan keberhasilan evolusi Angiospermae. Adaptasi angiospermae lebih terlihat pada perkembangan beberapa organ pokok tumbuhan seperti akar, batang, bunga, daun dan biji.

**Akar**, merupakan bagian tumbuhan yang berfungsi menambatkan tumbuhan pada tanah dan menyerap air serta mineral. Materi selanjutnya diangkut ke batang dan daun oleh sistem pembuluh. Beberapa Angiospermae juga menggunakan akar sebagai penyimpanan makanan, misalnya pada ketela pohon (*Manihot utilissima*), bawang (*Allium cepa*), umbi wortel (*Daucus carota*).

**Batang**, memproduksi daun dan menopangnya menjulang menuju matahari. Dalam keadaan tertentu batang dapat memproduksi kuncup bunga, selanjutnya bunga berfungsi sebagai alat reproduksi seksual. Batang juga penting sebagai penghubung antara akar dengan daun yang menghasilkan bahan makanan untuk semua bagian tubuh. Sistem pembuluh pada batang penting karena materi esensial dapat diangkat dari akar ke daun dengan cepat. Batang kadang digunakan juga



untuk persediaan makanan misalnya pada tebu (*Saccharum officinarum*), kentang (*Solanum tuberosum*), umbi gladiol (*Gladiolus gandavensis*), bunga Iris (*Iris tectorum*).

**Daun**, fungsi utamanya adalah memproduksi makanan dengan jalan mengadakan fotosintesis. Daun menempel pada batang dengan petiolus (tangkai), pembuluh pada daun merupakan perluasan dari batang kecuali sebagai saluran pengangkutan zat juga merupakan tulang penguat daun. Daun juga mempunyai peruratan daun yang bermacam-macam ada yang menyirip, sejajar, melengkung, dan menjari. Susunan daun Angiospermae ada yang sederhana atau majemuk. Yang sederhana terdiri atas lembaran dengan petiolus pada batang, sedang yang majemuk lemarannya (lamina) terdiri dari beberapa lembar, contoh pada Bunga Merak (*Saccharum officinarum*), Petai Cina (*Leucaena glauca*), Putri malu (*Mimosa pudica*) dan sebagainya.



*Daucus carota*



*Saccharum officinarum*



*Mimosa pudica*

**Gambar 7.7** Contoh adaptasi tumbuhan angiospermae ([http://www.google.co.id/search?hl=id&gs\\_nf=1&cp=36&gs\\_id=6a&xhr=t&q=tumbuhan+tebu,+wortel+dan+putri+malu](http://www.google.co.id/search?hl=id&gs_nf=1&cp=36&gs_id=6a&xhr=t&q=tumbuhan+tebu,+wortel+dan+putri+malu)) (06-03-2012)

## ◆ RANGKUMAN

Makhluk hidup diklasifikasikan berdasarkan prinsip dan dasar klasifikasi. Prinsip klasifikasi yang pertama **analog**, organ analog ialah organ yang mempunyai fungsi yang sama, misalnya sirip ikan dan sirip ikan paus serta sayap penguin adalah organ analog karena digunakan untuk berenang. Prinsip klasifikasi kedua adalah **Homologi**, yaitu prinsip yang mendasarkan pada organ-organ homolog berdasarkan kekerabatan. Prinsip organ homolog merupakan dasar yang kuat dalam taksonomi daripada analog.

Dasar klasifikasi pertama adalah persamaan dan perbedaan makhluk hidup. Kedua berdasarkan sifat khusus atau ciri-ciri hewan dalam hal ini termasuk mengenai struktur dasar, ukuran, perbandingan warna, kegunaannya, jumlah kaki dan habitat. Dasar klasifikasi pada tumbuhan adalah ciri-ciri morfologi luar dan anatomi tubuh, serta ciri-ciri fisiologi meliputi proses fisikokimia yang terjadi dalam tubuh tumbuhan.

## ◆ RANGKUMAN

Tujuan dan manfaat klasifikasi makhluk hidup adalah untuk mempermudah mempelajari dan mengamati dari berbagai jenis tumbuhan dan hewan, dan yang lebih penting adalah menunjukkan kekerabatan antar makhluk hidup, serta bermanfaat dalam melakukan perkawinan atau hibridisasi.

Makhluk hidup diberi nama dan dibedakan berdasarkan ciri-ciri struktur, perkembangan dan sejarah evolusi (hubungan kekerabatan). Penggolongan makhluk berdasarkan kriteria tersebut telah digunakan secara universal. Dasar tersebut berasal dari **Karl Von Linne (Caroles Linnaeus)**, selanjutnya ditetapkan penamaan makhluk hidup secara **binomial nomenclature**. Selanjutnya taksonomi makhluk hidup diurutkan dalam hirarkhi yang terdiri atas beberapa kategori mulai tingkat tinggi sampai tingkat rendah. Dimulai dari Kingdom, Divisio/Filum, Kelas, Ordo, Famili, Genus dan Spesies.

Keberagaman dan keseragaman dunia tumbuhan sangat jelas terlihat dalam berbagai bentuk bunga, daun, buah, dan biji. Dengan melihat persamaan dan perbedaan dari morfologi dan anatomi serta fisiologi tumbuhan maka secara garis besar tumbuhan dikelompokkan menjadi Schizophyta, Thallophyta, Bryophyta, dan Tracheophyta.

## ◆ BAHAN DISKUSI

1. Ambillah beberapa sampel tanaman lengkap dengan bagian-bagiannya yang ada di halaman kampus, selanjutnya lakukan :
  - a. Identifikasi cirri-ciri morfologi akar, batang, daun, bunga, dan biji!
  - b. Kelompokkan termasuk tumbuhan dikotil atau monokotil?
  - c. Buatlah hirarki taksonominya mulai dari tingkat paling tinggi sampai terendah!
2. Perkembangan evolusi tumbuhan angiospermae tidak terlepas dari adanya proses adaptasi dan seleksi. Proses adaptasi tumbuhan angiospermae dapat dilihat dari perkembangan tubuh tumbuhan dari bagian-bagian pokoknya. Diskusikanlah bagaimana adaptasi tersebut dilihat dari organ akar, batang dan daun !  
Buatlah simpulan!

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

- B. S. C. S, Idjah Soemarwoto dkk., 1986. *Biologi Umum*. Jilid 2. Jakarta: PT. Gramedia
- Campbell, Reece & Mitchell. 2003. *Biologi*. Edisi kelima, jilid 2. Jakarta: Erlangga
- Kimball, JW. 1991. *Biology*. Jilid 1. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga
- Jasin, Maskoeri. 1985. *Biologi Untuk Universitas*. Surabaya: sinar Wijaya
- Sutarmi T, Siti. Dkk., 1983. *Botani Umum 3*. Jilid 3. Bandung: Angkasa
- Tjitrosoepomo, Gembong., 1991. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Jogjakarta:Gajah Mada University Press.
- Van Steenis. 2003. *Flora*. Jakarta: Pradnya Paramita

## ◆ LATIHAN SOAL-SOAL

1. Jelaskan apa dasar pengklasifikasian makhluk hidup? Berikanlah contoh pada tumbuhan dan hewan?
2. Apa tujuan dan manfaat adanya pengklasifikasian makhluk hidup?
3. Jelaskan bagaimana pemberian nama ilmiah dengan “Sistem Binomial? Berilah contohnya!
4. Urutkan tingkatan hirarkhi taksonomi suatu makhluk hidup? Berilah contoh!
5. Jelaskan bagaimana pendapat saudara tentang konsep Keanekaragaan dan keseragaman pada tumbuhan !
6. Apa ciri-cirinya jika suatu tumbuhan dikelompokkan ke Monocotyledoneae atau Dicotyledoneae ?
7. apa yang dimaksud “Adaptasi Tumbuhan”? Berikan contohnya !



# BAB 8

## Keanekaragaman Hewan

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa dapat memahami dan mendeskripsikan ciri-ciri, klasifikasi, dan keanekaragaman serta peranan hewan invertebrata dan vertebrata dalam kehidupan sehari-hari.

### ◆ Indikator Kompetensi

Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:

1. Mengidentifikasi perbedaan antara hewan invertebrata dan chordata
2. Mendeskripsikan ciri-ciri spesifik hewan Porifera.
3. Memberikan contoh-contoh hewan Coelenterata.
4. Membedakan beberapa ciri spesifik dari ketiga filum yaitu Platyhelminthes, Nematelminthes dan Annelida.
5. Menjelaskan pembagian Chordata.
6. Membedakan ciri-ciri morfologi yang spesifik antara Pisces dan Reptil.
7. Membedakan ciri-ciri morfologi yang spesifik antara Aves dan Mamalia.
8. Memberikan contoh-contoh dari Pisces, Reptil, Aves dan Mamalia.
9. Mendeskripsikan peranan invertebrata dan vertebrata dalam kehidupan.

### 8.1 Invertebrata

Invertebrata adalah kelompok hewan yang tidak memiliki tulang belakang. Hewan-hewan yang termasuk invertebrata adalah *porifera*, *coelenterata*, *platyhelminthes*,

*nemathelminthes*, *mollusca*, *annelida*, *arthropoda*, *echinodermata*, dan *arthropoda*. Pada taksonomi terbaru *protozoa* tidak dimasukkan dalam dunia hewan karena struktur tubuhnya masih satu sel (uniseluler). Hewan memiliki ciri utama, yaitu tubuhnya tersusun atas banyak sel (multiseluler) dan sel-sel tersebut telah mengalami deferensiasi. Berikut penjelasan masing-masing filum dari Invertebrata

### Porifera

Porifera merupakan hewan bersel banyak (multiseluler). Mempunyai pori-pori yang banyak, tubuh tidak dilengkapi dengan appendiks (anggota gerak), belum memiliki saluran pencernaan. Hewan ini terdiri atas 15.000 species yang terbagi menjadi 3 klas yaitu (1) Klas Calcarea (Spons kapur), (2) Klas Hexactinella (Spons silikat) dan (3) Klas Demospongia (Spons zat tanduk). Hewan dewasa Porifera adalah sesil (melekat pada suatu tempat) sedangkan embrionya bersilia hidup bebas. Embrio berbentuk kantung dengan dua jaringan yaitu endodermis dan ektodermis. Sel ektodermis berdiferensiasi menghasilkan rangka disebut *spicula*. Rangka atau penguat tubuh (*spicula*) berbeda antar species, *spicula* memiliki bentuk dan bahan yang berbeda yaitu zat kapur, silikat dan zat tanduk. Sel endodermis mempunyai bentuk khusus berleher disebut *choanocyt*, berflagel yang menimbulkan aliran air karena gerakannya air masuk melalui pori dan keluar melalui *oskulum*. Bahan makanan yang terbawa air akan ditangkap oleh sel *choanocyt* dan dicerna secara intraselular. Selanjutnya diedarkan ke seluruh tubuh oleh sel *amoebocyt*.

Porifera berkembang biak secara aseksual dengan tunas dan secara seksual dengan perubahan sel *amoebocyt* menjadi *archoecyt* yang menghasilkan gametocyt jantan dan betina, yang kemudian menghasilkan zigot yang tumbuh menjadi porifera baru. Contohnya, *Spongia sp*



**Gambar 8.1** *Spongia sp* (Hewan Spons)

(<http://www.google.co.id/search?tbm=isch&hl=id&source=hp&biw=1024&bih=629&q=songia+sp>)(06-03-2012)

## Coelenterata

Coelenterata terdiri atas 10.000 species, yang terbagi menjadi tiga kelas yaitu (1) Kelas Hidrozoa, contoh: *Hydra* sp. *Obelia* sp. (2) Kelas Scyphozoa, contoh: *Aurelia* sp. (3) Kelas Anthozoa, contoh: Anemon, karang atau Coral. Coelenterata merupakan hewan yang berongga, tidak mempunyai usus yang sesungguhnya, karena belum berfungsi seperti hewan yang lebih kompleks. Pencernaan terjadi secara intraelular dan interselular. Tubuh radial simetris, diploplastik terdiri dari dua lapisan ektodermis dan endodermis, diantaranya terdapat lapisan *mesoglea*. Coelenterata berkembang biak secara aseksual dengan membuat kuncup dan secara seksual dengan membuat sel kelamin. Pembuahan sel kelamin menjadi zigot tumbuh menjadi embrio, kemudian menjadi *larva planula* yang berenang bebas, selanjutnya menjadi bentuk dewasa yang sesil sebagai bentuk *polip* atau medusa. Pada Hidrozoa terjadi metagenesis yaitu pertukaran generasi aseksual dan seksual, cabang vegetatif akan menghasilkan sebagian cabang reproduksi yaitu menghasilkan medusa dan medusa akan membentuk alat kelamin. Pada Scyphozoa fase polip sangat mengalami reduksi misal pada *Aurelia* sp. Dimana larva tumbuh langsung menjadi polip yaitu larva *ephyra* yang merupakan medusa. Contohnya, *Gorgonia* sp (kipas laut).



Gambar 8.2 *Gorgonia* sp (Kipas Laut)  
([http://www.google.co.id/search?hl=id&gs\\_nf=1&cp=9&gs\\_id=20&xhr=t&q=gorgonia+sp](http://www.google.co.id/search?hl=id&gs_nf=1&cp=9&gs_id=20&xhr=t&q=gorgonia+sp))  
(06-03-20120)

## Platyhelminthes

Cacing ini terdiri atas 10.000 species dan terbagi menjadi 3 kelas yaitu (1) Kelas Turbellaria (cacing berambut getar), contoh: *Planaria* sp. (2) Kelas Trematoda (cacing hisap), contoh: *Fasciola hepatica*. (3) Kelas Cestoda (cacing pita), contoh: *Taenia saginata*. Platyhelminthes merupakan cacing pipih, bilateral simetris, triploblastis (ada 3 lapisan tubuh), hermiprodit, tidak mempunyai rongga tubuh yang sebenarnya (*coelom*). Lubang pencernaan terletak di bagian tengah tubuh sebelah ventral,

mempunyai pharynx yang dapat dijulurkan keluar untuk menghisap makanan. Sepasang mata terdapat pada bagian kepala dan sistem saraf berupa tangga tali. Sistem sirkulasi dan pernafasan belum ada, tetapi sistem ekskresi dan reproduksi sudah ada. Turbellaria habitatnya di air tawar dan air laut.

Cacing Trematoda merupakan cacing yang hidup parasit pada hewan lain, misalnya hidup pada saluran pencernaan dan hati sapi. *Polystomum sp* merupakan parasit pada kandung kencing katak, *Schistosoma sp* parasit dalam darah manusia, kucing, kera dan tikus.

Cacing Cestoda hampir seluruhnya parasit pada vertebrata, contoh *Taenia saginata* pada manusia dan sapi, *Taenia solium* pada manusia dan babi. Cacing ini berada dalam usus halus yang kaya akan sari-sari makanan yang siap untuk diserap, oleh karenanya sistem pencernaan makanannya mengalami kemunduran.



**Gambar 8.3** *Taenia sp* (Cacing Pita pada Sapi)  
([www.ribbonphotography.com](http://www.ribbonphotography.com))

### Nemathelminthes

Cacing ini sebagian besar parasit pada tumbuhan dan tubuh manusia. Nemathelminthes merupakan cacing berbentuk bulat panjang, atau gilig, kedua ujung runcing, hidup secara kosmopolitan, tidak beruas-ruas, triploblastik, bilateral simetris, tidak bersilia, dioceous. Tubuh terbungkus oleh kutikula, mempunyai mulut dan anus, tetapi belum mempunyai sistem sirkulasi dan alat respirasi khusus. Sistem ekskresinya sangat sederhana, cacing jantan mempunyai ukuran lebih kecil daripada cacing betina. Contohnya, *Ascaris lumbricoides* (parasit dalam usus halus manusia), *Oxyuris vermicularis* (cacing kremi terdapat dalam colon dan rectum anak kecil). *Trichinella spiralis* larvanya terdapat dalam daging manusia dan babi. *Wucheria bancrofti*, terdapat dalam pembuluh limpa sering menimbulkan elephantiasis.





**Gambar 8.4** *Ascaris lumbricoides*  
([www.med.ed.virginia.edu](http://www.med.ed.virginia.edu))

### **Annelida**

Cacing Annelida terbagi menjadi 3 klas yaitu (1) Polychaeta, (2) Oligochaeta, (3) Hirudinae (lintah) dan (4) Archianellida. Cacing Annelida merupakan hewan yang tubuh bagian dalam dan luarnya terbagi atas ruas-ruas yang disebut *metameri*. Pada rongga tubuh ada *septum* (sekat), ruas pertama Annelida membentuk kepala dan ruas terakhir sebagai akhir tubuh. Annelida mempunyai rongga tubuh yang sebenarnya dilapisi oleh epidermis yang disebut *peritoneum*. Sistem pencernaan dan sirkulasi menembus sekat atau ruas tubuh, Pada bagian anterior disebut *prostomium*. Mulut terletak sebelah anterior dari kepala terus ke saluran pencernaan makanan dan berakhir dengan anus pada ruas terakhir. Pada kepala terdapat simpul otak dan membentuk saraf cincin dan saraf tangga tali di daerah ventral tubuh. Sistem sirkulasi terdiri atas pembuluh darah longitudinal di daerah dorsal dan ventral serta pembuluh melingkar penghubung keduanya. Tubuh dilapisi oleh kutikula yang berfungsi sebagai alat respirasi.

Polichaeta merupakan kelompok cacing primitif yang hidup di laut. Beberapa species hidup berenang bebas, sebagian lagi membuat lubang dalam lumpur atau pasir di dasar laut. Ciri Polichaeta mempunyai sepasang *parapodia* pada tiap ruas yang membantu proses respirasi dan setae dari bahan *khitin*. Pada ruas kepala terdapat mata dan indra peraba. Terdapat alat reproduksi dan berlarva *trochophor*.

Oligochaeta, contoh yang paling dikenal adalah *Lumbricus terrestris* (cacing tanah). Ciri-cirinya tidak mempunyai parapodia dan bersektae sedikit. Hirudinae (lintah) merupakan klas tersendiri dengan ciri-ciri tidak mempunyai setae, mempunyai jumlah ruas luar dan dalam tidak sama, pada bagian akhir tubuh terdapat alat isap. Contohnya *Hirudo medicinalis* merupakan hewan penghisap darah (parasit) yang kemudian banyak dimanfaatkan dalam dunia kedokteran dan terapi kesehatan. Archianellida merupakan kelompok cacing sangat primitif dan sederhana, bagian dalam beruas sedangkan bagian luar tidak, tidak mempunyai parapodia dan sekat tetapi mempunyai silia.



**Gambar 8.5** (a) Kelas Polychaeta: *Phyllodoce maculata*, (b) Kelas Hirudinae: *Hirudo medicinalis*, (c) Klas Oligochaeta: *Lumbricus terrestris*, (d) klas Archianellida: *Pollygordius appendiculatus*  
 (<http://www.google.co.id/search?q=contoh+annelida&oe=utf-8&rls=org.mozilla>) (08-03-2012)

## Mollusca

Mollusca terdiri atas kurang lebih 100.000 species, yang terbagi menjadi lima kelas yaitu (1) Amphineura, contoh: *Chiton sp.* (2) Scaphopoda, (3) Gastropoda, contoh: siput, *Achatina fulica* (bekicot), (4) Pelecypoda (kerang), (5) Cephalopoda, contoh: *Loligo sp* (cumi-cumi), gurita. Ciri-ciri umum Mollusca yaitu tubuh bilateral simetris, tidak beruas-ruas, mempunyai cangkang dari  $\text{CaCO}_3$ , tubuhnya lunak, sebagian besar hidup di laut beberapa hidup di air tawar misal siput dan remis. Bentuk larva trochophor tumbuh menjadi veligar selanjutnya bermetamorfosis menjadi hewan dewasa.

Klas Amphineura hidup di laut dekat pantai atau di pantai, tubuhnya bilateral simetris, dengan kaki di bagian ventral memanjang, cangkangnya memiliki susunan yang bertumpuk-tumpuk seperti susunan genting. Pada ruang mantel dengan permukaan dorsal, tertutup oleh 8 papan berkapur, permukaan lateral mengandung banyak insang. Mulutnya dilengkapi dengan lidah parut atau radula, bersifat hermafrodit, fertilisasi terjadi secara eksternal.

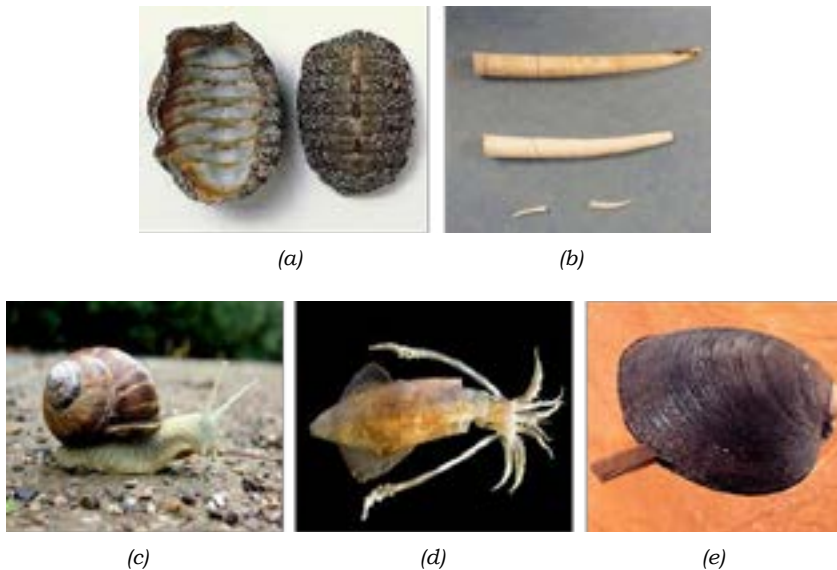
Klas Scaphopoda merupakan mollusca berbentuk memanjang dorsoventral, cangkang berupa buluh kerucut dengan dua lubang pada dasar dan ujungnya dan pada ventral terdapat kaki yang dapat dijulurkan.

Klas Gastropoda contohnya siput (*Helix pomata*) mempunyai ciri-ciri (1) berkaki lebar dan pipih pada bagian ventral tubuhnya, (2) Gastropoda darat terdiri dari sepasang tentakel panjang dan sepasang tentakel pendek, pada ujung tentakel panjang terdapat mata yang berfungsi untuk mengetahui gelap dan terang sedangkan pada tentakel pendek berfungsi sebagai alat peraba dan pembau, (3) bernapas menggunakan rongga mantel, (4) Bentuk cangkangnya bervariasi, ada yang bulat, bulat panjang, bulat kasar, atau bulat spiral. Cangkang umumnya spiral asimetri. Fungsi cangkang untuk melindungi kepala, kaki, dan alat dalam. Pada keadaan bahaya, cangkang ditutup oleh epifragma.

Klas Cephalopoda, memiliki ciri-ciri hidup di laut, merupakan hewan predator, mempunyai cangkang di dalam tubuh, kecuali *Nautilus*

bercangkok mirip Gastropoda yang terbagi oleh sekat menjadi beberapa ruang. Tubuh memanjang dorsoventral, kaki atau tangan berupa tentakel yang terdapat di kepala berfungsi sebagai alat gerak. Pada tentakel terdapat alat hisap yang berfungsi untuk memegang mangsa. Pada kepala terdapat mata seperti mata vertebrata, hewan ini melakukan proteksi dengan menyemprotkan tinta hitam dan kamoflase. Contoh terkenal dari kelas ini adalah *Loligo vulgaris*.

Klas pelecypoda, merupakan mollusca yang menguburkan diri dalam lumpur atau pasir, tubuh pipih dan terbungkus oleh dua bagian cangkang pada dorsal. Lubang mulut dan anus terdapat pada ujung yang berbeda, mempunyai kelenjar pencernaan, sistem sarafnya mengalami reduksi, otot daging terangkai dengan bagian visceral yang terletak antara cangkang. Contoh klas ini jenis kerang-kerangan dan jenis Tiram yang menghasilkan mutiara.



**Gambar 8.6** (a) Klas Amphineura: *Chiton sp.*, (b) Klas Scaphopoda, (c) Klas Gastropoda; *Helix pomata*, (d) Klas Cephalopoda: *Loligo vulgaris*, (e) Klas Pelecypoda: kerang.  
(<http://www.google.co.id/search?q=Contoh+mollusca&oe=utf-8&rls=org.mozilla>)  
(08-03-2012)

## Arthropoda

Arthropoda berasal dari bahasa latin *Arthrus* = berbuku-buku, *podos* = kaki.. Merupakan phylum terbesar dari dunia hewan dengan ciri-ciri: mempunyai *appendage* (anggota tubuh) yang beruas, tubuhnya bilateral simetris terdiri atas sejumlah ruas-ruas, tubuh terbungkus oleh zat chitin sehingga merupakan exoskeleton. Bagian ruas-ruas ada yang tidak berchitin sehingga ruas mudah digerakkan. Mempunyai sistem saraf tangga tali, dan coelom pada hewan dewasa adalah kecil yang

berisi darah disebut haemocoel. Phylum Arthropoda terbagi menjadi (1) kelas Crustacea, contoh: udang, kepiting, (2) Onychophora, contoh: *Peripatus sp*, (3) kelas Chilopoda, contoh: kelabang. (4) Diplopoda, Contoh: kelemayar, (5) Kelas Insecta, contoh: belalang, lalat, nyamuk, (6) Kelas Arachnoidea, contoh: laba-laba, (7) Kelas Pauropoda, contoh: Pauropus, (8) Symphyla, contoh: Scutitigerela.

Kelas Crustacea terdiri atas kurang lebih 50.000 species yang sebagian besar hidup di dalam air yaitu di air laut dan air tawar. Hidup bebas beberapa hidup parasit pada larva atau hewan dewasa. Ukuran tubuh bervariasi mulai dari mikroskopis sampai pada ukuran besar misalnya udang lobster (*Cambarus viridis*). Tubuh *Cambarus* sebelah luar terdapat kutikula yang tersusun atas pectin dan garam-garam mineral. Exoskeleton terdiri dari dua bagian yaitu anterior disebut cephalothorax, posterior terdiri dari ruas-ruas disebut abdomen.

Kelas Insecta, merupakan kelas terbesar dalam Arthropoda yaitu 675.000 species. Hidup di tempat kering dan dapat terbang, tubuh terbungkus oleh chitin sehingga mempunyai daya adaptasi yang besar terhadap lingkungannya. Pembungkus tubuh memodifikasi menjadi sayap. Mempunyai siklus hidup yang pendek sehingga berkembang biak cepat sekali. Habitat insecta hampir di semua tempat kecuali di laut, sebagian hidup di air tawar, tanah lumpur, parasit pada tumbuhan atau hewan. Beberapa insecta sebagai penyebar penyakit yang disebabkan bakteri, virus, dan protozoa.



**Gambar 8.7** *Scylla serrata* (kepiting)  
([www.dkimages.com](http://www.dkimages.com))

## **Echinodermata**

Echinodermata merupakan hewan yang kulitnya berduri (*echinos* =duri, *derma* = kulit). Tubuh simetris radial, memiliki penguat tubuh dari zat kapur yang disebut *ossiculadennngan* tonjolan duri. Memiliki kaki buluh atau kaki ambulakral, saluran pencernaan sederhana, respirasi dengan *papullae*, memiliki sistem sirkulasi radial yang mengalami reduksi, sistem saraf dengan batang cincin ke arah radial, kelamin *dioceous*. Phylum Echinodermata terbagi menjadi lima kelas yaitu (1) Kelas Asteroidea (Bintang laut), (2) Kelas Ophiuroidea (Bintang ular), (3) Kelas Echinoidea (Landak laut), (4) Kelas Crinoidea (Lili laut) dan (5) Kelas Holothuroidea (Tripang laut).

Klas Asteroidea berbentuk bintang dengan lima lengan atau bagian radial, permukaan kulit bagian dorsal berduri. Di bagian dasar duri terdapat *pedicellariae* yang berfungsi melindungi insang, menangkap makanan dan mencegah serpihan atau organisme kecil agar tidak tertimbun di permukaan tubuh. Di bagian lengan terdapat *madreporit* sebagai tempat masuknya air dalam sistem vaskular. Memiliki kelamin diocious. Klas ini mempunyai daya regenerasi yang besar, jika sebuah lengan luka biasanya akan dilepaskan pada daerah ambulakral ke 4 atau 5 menjadi utuh kembali. Peristiwa ini disebut *Autotomi*. Contoh klas ini *Astrias vulgaris*.

Klas Ophiuroidea memiliki ciri-ciri tubuh bola cakram kecil dengan lima lengan bulat panjang, tiap lengan terdiri dari ruas-ruas dan bagian dalam ruas tubuh berisi *ossicula*. Di bagian tubuh lateral berduri. Alat pencernaan dan alat reproduksi terdapat dalam bola cakram. Mulut terdapat pada pusat tubuh yang dikelilingi lima kelompok lempeng kapur, sekitar mulut terdapat lima pasang kantung yang berfungsi sebagai alat respirasi dan menerima saluran gonad. Madreporit terletak di dekat mulut. Contoh: *Ophioplocus*.

Klas Echinoidea merupakan hewan berbentuk bundar, tidak berlengan, memiliki duri yang dapat digerakkan. Mulut terletak di daerah oral dikelilingi lima buah gigi yang kuat dan tajam, anus terdapat di pusat tubuh pada permukaan aboral. Landak laut hidup di atas batu karang atau dalam lumpur di pantai atau dasar laut pada kedalaman sampai 5000 m. Bergerak menggunakan duri yang berendi dan kaki ambulakral. Contoh: *Echinocardium cordatum* (hewan Uang kepingan pasir) mengubur diri secara dangkal dalam pasir.

Klas Holothuroidea memiliki tubuh bulat memanjang dan diselaputi kulit yang mengandung *ossicula*. Bagian mulut terdapat 10-30 tentakel yang dapat disamakan dengan kaki buluh. Pada daerah ventral terdapat tiga daerah kaki ambulakral yang memiliki alat hisap yang berfungsi untuk bergerak. Mentimun laut meletakkan diri di atas dasar laut atau mengubur diri dalam lumpur. Di Asia kulit tubuh Mentimun laut yang telah direbus dan dikeringkan di buat sup, Mentimun laut yang kecil-kecil dikeringkan dapat dibuat kerupuk. Contoh: *Cucumaria frondosa*.

Klas Crinoidea, bentuknya seperti bunga Lili atau bunga Bakung. Hidup dalam laut sampai kedalaman 3648 m. Tubuh Lili laut misalnya *Metacrinus* adalah kecil seperti cangkir tersusun atas lempengan kapur, mempunyai lima lengan dengan tentakel yang pendek. Mulut terletak daerah oral dan anus di daerah aboral. Tidak memiliki madreporit, sistem saraf aboral berbentuk cincin yang bercabang tiap lengan. Hewan ini hidup menempel di dasar laut, coral, dimana saja membentuk kebun laut. Crinoidea banyak terdapat pada zaman Palaeozoicum, yang masih ada sampai sekarang yaitu *Antedon spec*. Warna Crinoidea ada yang putih seperti berlian, kuning, hijau atau coklat



**Gambar 8.8** (a) *Asterias sp* (Bintang Laut), (b) *Temnopleurus sp* ([www.marine.csiro.au](http://www.marine.csiro.au))

## 8.2 Chordata

Vertebrata merupakan hewan bertulang belakang. Vertebrata merupakan salah satu subfilum dari filum chordata.

### Chordata

Chordata adalah filum yang anggotanya terdiri dari hewan-hewan yang memiliki chorda dorsalis. Chorda dorsalis adalah tulang yang berada di bagian punggung hewan. Chorda dorsalis ini bermacam-macam dan digunakan sebagai alat identifikasi. Hewan chordata dibagi menjadi menjadi empat sub filum yaitu:

- Hemichordata disebut juga *adelochordata* yaitu hewan yang chordanya yang tidak tampak. Hewan ini berbentuk seperti cacing sehingga tampak sebagai hewan invertebrata. Hewan ini biasanya terdapat pada dasar laut yang berpasir atau berlumpur. Beberapa hewan dari kelompok ini berderajat tinggi berstigma pada pharynxnya, anus terletak di tepi dan tidak berekor, contoh: *Saccloglossus*.
- Urochordata disebut juga *tunicata* (Yunani: *Uro* = ekor, *chorda* = batang, *tunica* = mantel), terdapat *notochorda* pada ekor pada masa larva saja. Hewan ini beberapa hidup bebas, melekat (sesil) setelah masa larva hidup bebas. Bentuk ada yang besar ada yang kecil. Beberapa hidup soliter dan koloni.
- Cephalochordata (Yunani: *cephal* = kepala, *chorda* = batang), bentuk seperti ikan. Ciri cephalochordata jelas sekali bila dibandingkan dengan hemichordata dan urochordata. Oleh karena itu cephalochordata disebut *euchordata*. Hewan ini biasanya menceburkan diri dalam pasir yang bersih di dasar tepi laut dengan mencuatkan bagian anteriornya, di dalam air berenang lincah. Disebut *lancelet* karena dibagian ujung akhir tubuh runcing.

Beberapa ahli zoologi memasukkan hemichordata, urochordata dan cephalochordata sebagai kelompok *acraniata* (tidak ada tulang tengkorak). Sedangkan Agnatha, gnatostomata dan vertebrata sebagai

kelompok *craniata* (ada tulang tengkorak), yaitu Agnatha (Yunani : *a* = tidak, *gnatha* = rahang), contohnya, *Cyclostomata*, Gnatostomata kelompok hewan yang sudah mempunyai rahang dan vertebrata adalah hewan tingkat tinggi.

### **Vertebrata**

Vertebrata merupakan hewan bertulang belakang. Vertebrata merupakan salah satu subfilum dari filum chordata. Vertebrata disebut hewan tingkat tinggi, "Mengapa disebut demikian?" **Vertebrata** berasal dari unsur kata *vertebrae* = ruas tulang belakang. Artinya hewan yang mempunyai tulang belakang. "Apa perbedaan dengan Invertebrata?" Silakan simak ciri-ciri khusus vertebrata yang tidak dijumpai pada Invertebrata.

Ciri-ciri khusus vertebrata adalah:

1. Tubuh dibungkus oleh epidermis dan dermis dengan banyak kelenjar mukosa (bagi yang hidup di air). Kedua lapisan ini pada ikan tertutup sisik. Pada hewan darat kulit sebelah luar biasanya menanduk (keras).
2. Endoskeleton pada vertebrata rendah berupa tulang rawan, sedang pada vertebrata tinggi berupa tulang keras. *Skleton* merupakan penyokong dan pelindung untuk organ yang penting. *Cranium* melindungi otak. *Columna vertebralis* tersusun mulai dari dasar *cranium* sampai dengan ekor.
3. Pada *skeleton* terdapat *muscle* (otot daging) yang berfungsi untuk bergerak (berpindah tempat).
4. *Tractus digestivus*. (sistem pencernaan) terdapat memanjang disebelah *ventral* dari rongga mulut (*rima oris*) berakhir sampai anus atau kloaka.
5. Sistem *circulatoria* (sistem sirkulasi) terdiri atas *cor* (jantung) dan pembuluh darah vena-arteri.
6. Sistem *respiratoria* (respirasi), pada vertebrata rendah seperti ikan bernapas dengan insang, untuk vertebrata tinggi yang hidup di darat bernapas dengan paru-paru.
7. Sistem *extretoria* (pengeluaran), terdiri atas sepasang ginjal (*ren*). Pada vertebrata rendah alat ekskresi tidak bersegmen dan hanya berfungsi membersihkan saja. Kandung kencing (*vesica urinaria*) sebagai penampung air kencing sementara dan selanjutnya dibuang ke luar tubuh.
8. Sistem *nervosum* (syaraf). Persyarafan vertebrata kompleks yaitu tersusun atas otak dan sumsum tulang belakang.
9. Sistem *endocrine* (hormon). Terdapat sejumlah kelenjar endokrin yang menghasilkan hormon yang diangkut oleh darah yang berperan dalam proses-proses dalam tubuh, sebagai alat koordinasi.
10. *Sex*. Pada umumnya terpisah antara jantan dan betina.

Phylum vertebrata dibagi dalam 5 kelas yaitu sebagai berikut.

### **Pisces (Ikan)**

Pertama-tama harus kita ketahui bahwa hewan yang paling primitive yaitu *agnatha*. (*a* = tidak, *gnatha* = rahang) Sesuai dengan namanya maka hewan ini sangat sederhana dibandingkan dengan hewan yang lain yang lebih tinggi derajatnya. Termasuk dalam kelas ini adalah *Ostracoderma* sudah punah, sedangkan yang masih hidup yaitu *cyclostamata* (*Cyclus* = bulat, *stoma* = mulut). Hewan yang belum mempunyai rahang dan sistem mulut seperti cacing.

Setelah memahami pengertian *agnatha*, kita akan mengenal Chondrichytyes (*Chondros* = tulang rawan, *ichthy*= ikan). Merupakan ikan paling rendah mempunyai *columna vertebralis* sempurna yang terpisah satu dengan yang lain sehingga mudah digerakkan (mmbengkokkan tubuhnya). Mempunyai tulang rahang dan beberapa *appendage* (anggota gerak) berupa *pinna* (sirip), hidup di laut. Ciri-ciri yang paling menonjol yaitu mempunyai sisik (*squama*) dengan banyak lendir (*mucosa*). Contoh, ikan chondrichytyes yaitu ikan pari dan ikan hiu.

Di samping ikan tulang rawan (chondrichytyes) tentunya juga ada ikan tulang keras (osteichthyes). Berdasarkan namanya sudah pasti ikan ini mempunyai tulang keras terbungkus oleh sisik, berenang dengan sirip, bernapas dengan insang. Hidup di air tawar dan laut.

Osteichthyes (Ikan bertulang sejati) memiliki kulit yang banyak mengandung kelenjar lendir, sisik bermacam-macam jenisnya, bisa diamati di bawah mikroskop pada saat praktikum. Macam-macam sisik (*cycloid*, *ctenoid*, *ganoid*) namun ada kalanya juga tidak bersisik, *kalian tahu ikan apa ?* Sebutkan! Sirip biasanya disokong oleh jari-jari keras dan lemah, amati saat praktikum, selanjutnya *apakah ikan berkaki?* Di samping itu Osteichthyes pasti telah punya cor, *gonad* (organ reproduksi).



Gambar 8.9 Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)  
([www.aquapena.com](http://www.aquapena.com))



## Amphibi

Amphibi (Yunani, *Amphi* = rangkap, *bios* = hidup). Ada dua fase kehidupan bisa di air dan di darat. “*Apa persamaan amphibi dengan ikan?*” Ternyata amphibi dan ikan sama-sama hidup di air, “*Bagaimana amphibi bisa hidup di darat?*”

Ciri-ciri ini amphibi mempunyai kesamaan ciri dengan *reptil* yaitu mampu hidup di darat. “*Mengapa amphibi bisa hidup darat?*”. Amphibi mempunyai ciri-ciri sebagai pola kehidupan di darat, misalnya : kaki (“*apakah ikan berkaki?*”), pulmo (“*apakah ikan berpulmo?*”), *nares/ nostril* (hidung) berhubungan dengan *cavum oris* (rongga mulut), kulit selalu berlendir, skeleton sudah jelas dan keras, *cor* ada tiga ruang (“*bagaimana dengan cor ikan?*”), bernapas dengan insang, kulit dan pulmo, suhu tubuh berubah-ubah tergantung pada suhu lingkungannya (*poikilothermis.*) “*Bagaimana dengan ikan?*” Fertilisasi bisa eksternal dan internal, kebanyakan *ovipar*.



**Gambar 8.10** Spesimen dari Amphibi (Katak = *Rana sp*)  
([www.ribbonphotography.com](http://www.ribbonphotography.com))

“*Bagaimana amphibi bisa hidup di darat?*” Hal ini dapat diketahui dengan adanya modifikasi tubuh untuk berjalan di darat, namun masih mempunyai kemampuan hidup di air. Adanya kaki sebagai pengganti beberapa pasang sirip pada ikan. Pergantian insang oleh pulmo, merubah sistem sirkulasi untuk keperluan respirasi dengan pulmo dan kulit dan mempunyai alat sensoris berfungsi baik di udara dan di air.



**Gambar 8.11** Spesimen dari Amphibi (Kodo = *Bufo sp*)  
([www.polywog.co.uk](http://www.polywog.co.uk))

## Reptil

Berikut ini akan dijelaskan tentang hewan vertebrata tingkat tinggi yang hidup di darat yaitu: *reptil*, contohnya, kadal (*Mabouya multifasciata*), penyu (*Chelonia* sp), buaya (*Alligator* sp), dan lain-lain. Untuk lebih mengenal reptil, akan di bahas ciri-cirinya sebagai berikut.

1. Tubuh dibungkus oleh kulit kering yang menanduk (tidak licin), biasanya dengan sisik atau *carapace*, Mempunyai dua pasang ekstremitas masing-masing dengan 5 jari.
2. Skeleton mengalami penulangan yang sempurna.
3. Cor sudah 4 ruang namun belum terpisah sempurna (“*bagaimana dengan cor ikan dan reptile*”)?
4. Pernapasan dengan *pulmo*.
5. Fertilisasi terjadi dalam tubuh (internal).

“*Mengapa reptile mempunyai kemajuan bila dibandingkan dengan amphibi?*” Hal ini dapat ditunjukkan dengan (1) tubuh sudah terlindungi dengan penutup tubuh yang kering dan berupa sisik yang merupakan penyesuaian hidup menjauhi air, (2) ekstremitas (anggota gerak) sesuai untuk gerak cepat, (3) adanya kecenderungan kearah pemisahan darah yang beroksigen dan tidak beroksigen dalam *cor*, (4) sempurnanya proses penulangan, (5) telur sesuai sekali untuk hidup di darat, *kenapa?* karena telur reptile sudah mempunyai membrane dan cangkok guna melindungi embrionya.



**Gambar 8.12** *Specimen Reptil (Kadal = Mabouya multifasciata)*  
([www.animalots.com](http://www.animalots.com))

## Aves

Selangkah lebih maju dari reptil, adalah kelas *aves*. Aves hewan yang paling dikenal orang, karena dapat dilihat di darat, air, udara, bertengger di pohon. Ada hal yang sangat berbeda dengan reptil, pada aves, (1) mempunyai *bulu*, (2) mempunyai sepasang ekstremitas, ekstremitas anterior berupa sayap, sedangkan ekstremitas posterior berupa kaki yang berfungsi untuk hinggap dan berenang ada *web* (selaput renang), *amati saat praktikum!*, (3) skeleton kecil tapi kuat dan

tumbuh sempurna. (4) pada mulut sudah terproyeksikan sebagai paruh (*rostrum*). (5) Cor ada 4 ruang sudah terpisah sempurna. (6) respirasi dengan *pulmo*, pada saat terbang aves telah mempunyai kantung udara (*saccus pneumaticus*) yang meluas pada alat-alat dalam dan mempunyai kotak suara atau *syrinx* pada dasar trachea, (7) tidak memiliki *vesica urinaria*, zat ekskresi setengah padat, pada hewan betina biasanya hanya memiliki *ovarium* dan *oviduct* kiri, (8) suhu tubuh tetap (*homiothermis*), *bagaimana dengan hewan sebelumnya?* (9) fertilisasi secara internal.

“Mengapa Aves mempunyai kemajuan bila dibandingkan dengan hewan sebelumnya?” Selain adanya dukungan dari ciri-ciri aves, ada hal yang lebih mendominasi, yaitu:

1. Tubuh memiliki penutup yang bersifat sebagai isolasi.
2. Darah vena dan arteri terpisah secara sempurna dalam sirkulasi di jantung.
3. Suhu tubuh tetap.
4. Rata-rata metabolisme tinggi.
5. Kemampuan untuk terbang.
6. Suaranya berkembang dengan baik.
7. Menjaga anaknya secara khusus.

Hal-hal tersebut menunjukkan kedudukan lebih tinggi daripada reptil. Sedangkan dengan mamalia berbeda dalam hal tipe penutup tubuh dan kemampuan untuk terbang dan hal reproduksi. *Bagaimana dengan mamalia?*

### **Mamalia**

Mamalia merupakan kelompok tertinggi derajatnya dalam dunia hewan. Contohnya, tikus (*Rattus rattus*), kuda (*Equus* sp). Mamalia mempunyai ciri sebagai berikut.

1. Tubuh diliputi oleh rambut yang lepas secara periodik. Kulit banyak mengandung kelenjar yaitu: kelenjar bau (*sebaceus*), kelenjar keringat (*sudorifera*), kelenjar minyak, dan kelenjar susu.
2. Mempunyai tulang tengkorak (*cranium*).
3. *Regio nasalis* (bagian hidung) umumnya silindris, *cavum oris* mempunyai gigi.
4. Mempunyai 4 anggota kaki (kecuali anjing laut dan singa laut tidak memiliki kaki belakang).
5. Cor ada 4 ruang terpisah sempurna.
6. Pernapasannya hanya dengan *pulmo*.
7. Suhu tubuh tetap.
8. Memiliki *vesica urinaria*
9. Sex jelas terpisah antara jantan dan betina dengan ciri-ciri yang sudah nyata.



**Gambar 8.13** *Lepus sp* (Kelinci)  
([www.consice.britanica.com](http://www.consice.britanica.com))

### ◆ RANGKUMAN

Invertebrata bukan suatu tingkatan takson tetapi merupakan nama kelompok hewan yang tidak memiliki tulang belakang. Filum yang masuk dalam vertebrata meliputi Porifera, Coelenterata, Plathyhelminthes, Nemathelminthes, Annelida, Mollusca, Arthropoda, Echinodermata. Masing-masing filum tersebut memiliki ciri-ciri yang spesifik sehingga dapat dibedakan dari kelompok lainnya. Peranan hewan invertebrata dalam kehidupan ada yang menjadi parasit dan sebagian besar menjadi sumber makanan bagi manusia.

Hewan tingkat tinggi disebut hewan *vertebrata*, artinya hewan yang mempunyai tulang belakang. Phylum vertebrata terdiri dari 5 kelas, yaitu 1) pisces, 2) amphibi, 3) reptil, 4) aves, dan 5) mamalia.

**Pisces (ikan)**, ikan terdiri dari ikan tulang rawan (chondrichythes) dan ikan tulang keras (osteichthytes). Berdasarkan namanya sudah pasti ikan ini mempunyai tulang keras terbungkus oleh sisik, berenang dengan sirip, bernapas dengan insang. Hidup di air tawar dan laut.

**Amphibi**, amphibi mempunyai ciri-ciri sebagai pola kehidupan di darat, misalnya, kaki, pulmo, *nares/nostril* (hidung) berhubungan dengan *cavum oris* (rongga mulut), kulit selalu berlendir, skeleton sudah jelas dan keras, *cor* ada tiga ruang, bernapas dengan insang, kulit dan pulmo, suhu tubuh tergantung pada lingkungannya (*poikilothermis.*), fertilisasi bisa eksternal dan internal, kebanyakan *ovipar*.

**Reptil**, pada umumnya reptil hewan yang hidup di darat, contohnya, kadal (*Mabouya multifasciata*), penyu (*Chelonia sp*), buaya (*Alligator sp*), dan lain-lain.

## ◆ RANGKUMAN

**Aves**, mempunyai ciri-ciri tubuh memiliki penutup yang bersifat isolasi, darah vena dan arteri terpisah secara sempurna dalam sirkulasi di jantung, suhu tubuh tetap, metabolisme tinggi, kemampuan untuk terbang, dan suaranya berkembang dengan baik.

**Mamalia** merupakan kelompok tertinggi derajatnya dalam dunia hewan. Contohnya, tikus (*Rattus rattus*), kuda (*Equus sp*) dan sebagainya. Ciri-ciri dari mamalia yang paling dominan yaitu sudah mempunyai rambut dan *glandula mammae* (kelenjar susu).

## ◆ BAHAN DISKUSI

1. Mengapa chordata disebut hewan transisi antara invertebrata dengan vertebrata? Jelaskan!
2. Dalam taksonomi hewan terbaru, Protozoa tidak dimasukkan dalam invertebrata. Mengapa demikian?
3. Akhir-akhir ini sering terjadi perburuan besar-besaran hewan tertentu. Apa yang akan terjadi apabila hal tersebut dibiarkan? Bagaimana solusi terbaik untuk menyelamatkan keanekaragaman hewan yang ada dengan tetap memperhatikan kebutuhan masyarakat dalam pemenuhan kesejahteraan hidupnya!

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

Campbell, N.A., Reece, J.B., and Mitchell, L.G. 2003. *Biologi*. Jilid 2. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Hegner, R.W and Engemann, J.G. 1991. *Invertebrata Zoology 2<sup>nd</sup> edition*. New York: Macmillan Company.

Jasin, M. 1989. *Sistematik Hewan (Invertebrata dan Vertebrata)*. Surabaya: Sinar Wijaya.

Kimball, JW. 1991. *Biology Jilid 3*. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga

Saanin, H. 1984. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan* Jilid I dan II. Jakarta: Penerbit IKAPI.

Sudarwati, S dan Sutasurya, L.A. 1990. *Dasar-dasar Struktur dan Perkembangan Hewan I*. Bandung: FMIPA. ITB.

Sukiya. 2005. *Biologi Vertebrata*. Malang: Universitas Negeri Malang Press..

## ◆ BAHAN DISKUSI

1. Jelaskan perbedaan antara hewan invertebrata dengan chordata?
2. Filum Porifera merupakan invertebrata yang paling rendah tingkatannya. Sebutkan ciri-ciri yang spesifik filum tersebut?
3. Coelenterata adalah filum yang setingkat lebih tinggi dari porifera. Hewan ini mempunyai coelom tetapi belum mempunyai usus yang sesungguhnya. Sebutkan contoh coelenterata dari beberapa kelas?
4. Platyhelminthes, Nematelminthes dan Annelida adalah filum yang tergolong cacing. Bedakan ketiga filum tersebut dari ciri-ciri morfologinya!
5. Chordata adalah filum yang anggotanya terdiri dari hewan-hewan yang memiliki chorda dorsalis. Chordata terbagi menjadi beberapa subfilum. Jelaskan?
6. Jelaskan perbedaan ciri-ciri morfologi yang spesifik antara Pisces dan Reptil?
7. Jelaskan pula perbedaan ciri-ciri morfologi antara Aves dan Mamalia?
8. Subfilum vertebrata merupakan hewan tingkat tinggi, terdiri dari kelas pisces, amfibi, reptil, aves dan mamalia. Berilah contoh dari masing-masing kelas tersebut!
9. Uraikan bagaimana peranan hewan invertebrata dan vertebrata dalam kehidupan kita?

# BAB 9

## Fisiologi Tumbuhan

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa dapat memahami dan menguasai fisiologi tubuh tumbuhan meliputi sistem transpor, respirasi, dan osmoregulasi pada tumbuhan serta kebutuhan nutrisi tumbuhan.

### ◆ Indikator Kompetensi

Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:

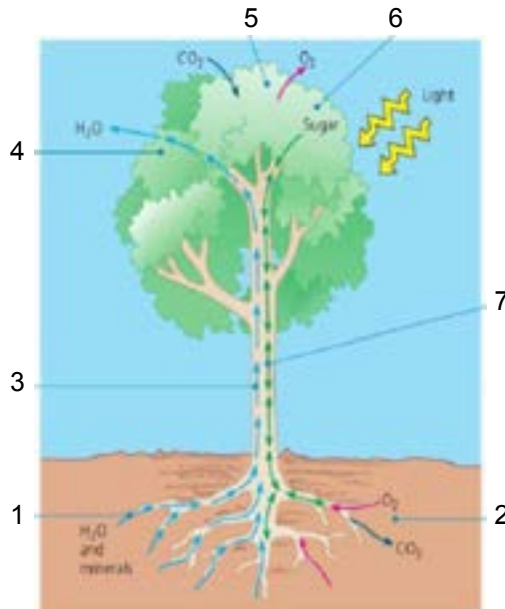
1. menjelaskan rute apoplas dan simplas dalam transpor tumbuhan
2. menggambarkan bagian ujung akar tumbuhan lengkap dengan bagian-bagiannya.
3. menjelaskan mekanisme yang digunakan untuk mengangkut air dan mineral yang diserap akar dari luar ke dalam sel.
4. mendefinisikan tentang translokasi.
5. menguraikan empat factor yang mempengaruhi respirasi tumbuhan
6. menjelaskan mekanisme osmoregulasi tumbuhan sukulen dapat mempertahankan airnya dalam jangka waktu lama.
7. menjelaskan mekanisme osmoregulasi tumbuhan pantai atau tumbuhan halofit dalam cara pengambilan air.
  1. memerinci kebutuhan nutrisi tumbuhan unsure makronutrien dan mikronutrien

### 9.1 Transpor pada Tumbuhan

Transpor pada tumbuhan terjadi pada tiga tingkatan yaitu 1) pengambilan dan pembebasan air dan zat-zat terlarut oleh sel seperti penyerapan air dan mineral dari tanah oleh sel-sel akar; 2) transport jarak pendek bahan atau zat dari sel ke sel pada tingkat jaringan dan organ, seperti pengangkutan gula dari sel-sel fotosintesis daun yang telah dewasa ke dalam

pembuluh tapis floem; dan 3) transport jarak jauh cairan di dalam xylem dan floem pada seluruh tubuh tumbuhan secara utuh.

Sebagai gambaran umum mengenai fungsi transport pada tumbuhan, perhatikan gambar berikut:



**Gambar 9.1** *Transpor pada Tumbuhan (Campbell, 2003)*

Pada gambar di atas dapat dijelaskan:

1. Akar menyerap air dan mineral yang terlarut dalam tanah
2. Akar juga mempertukarkan gas dengan ruangan udara tanah dengan memasukkan  $O_2$  dan membebaskan  $CO_2$ . Pertukaran gas ini mendukung proses respirasi seluler sel-sel akar.
3. Air dan mineral diangkut ke atas sebagai getah xylem di dalam xylem dari akar menuju system tunas
4. Transpirasi yaitu kehilangan uap air dari daun sebagian besar melalui stomata.
5. Daun mempertukarkan  $CO_2$  dan  $O_2$  melalui stomata, mengambil  $CO_2$  yang menyediakan karbon untuk fotosintesis dan membebaskan  $O_2$ .
6. Gula dihasilkan melalui fotosintesis
7. Gula diangkut di dalam floem menuju akar serta bagian tumbuhan lainnya dalam bentuk larutan yang disebut getah floem.

### 9.1.1 Pengangkutan Air dan Mineral

Air merupakan bagian terbesar dari tubuh makhluk hidup. Pada tumbuhan 70% lebih berat tubuhnya terdiri dari air. Air tersebut dipertahankan supaya tumbuhan tetap hidup. Air dalam jaringan tubuh



tumbuhan berada dalam keseimbangan antara air yang hilang dengan air yang diperoleh dari tanah.

Beberapa fungsi air pada tumbuhan:

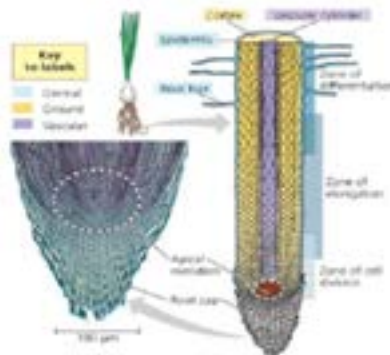
1. Air merupakan bagian protoplasma, kekurangan air protoplasma tumbuhan menjadi inaktif atau dapat mati.
2. Sebagai pelarut dan sebagai "carrier" untuk berbagai bahan.
3. Berfungsi dalam proses metabolisme
4. Sebagai sumber atom hidrogen untuk reduksi dari  $\text{CO}_2$  dalam reaksi fotosintesis
5. Berperan dalam proses gerakan dan masuknya bahan-bahan.
6. Membantu pengangkutan bahan-bahan pada tumbuhan.
7. Berperan dalam regulasi suhu.

### Air Tanah

Tumbuhan mengabsorpsi air tanah dengan akarnya. Air yang ada di dalam tanah terdapat berbagai bentuk. Sumber air tanah ialah air hujan. Tidak semua air hujan dapat masuk ke dalam tanah. Air dapat masuk ke dalam tanah melalui pori-pori di antara partikel-partikel tanah yang dipengaruhi oleh gravitasi. Air tanah semacam ini disebut air gravitasi (gravitational water). Jumlah air tanah maksimum yang tertinggal sehabis air keluar dari tanah akibat gravitasi disebut kapasitas lapangan. Air di dalam tanah ini terdapat dalam 3 bentuk yaitu air kapiler, air higroskopik dan air yang terikat secara kimia. Air kapiler dapat diambil oleh tumbuhan, sedangkan air higroskopik tidak dapat diambil oleh tumbuhan dan tumbuhan akan layu

### Akar

Bagian akar yang dapat menyerap air adalah di daerah ujung akar. Daerah ujung akar dibedakan menjadi 3 zona yaitu (1) zona pematangan (differentiation) disini juga merupakan zona penyerapan, (2) zona perpanjangan (elongation) dan (3) zona pembelahan sel (division) seperti ditunjukkan pada gambar 9.2. Zona absorpsi terdiri atas 3 macam sistem jaringan yaitu : dermal (epidermis), korteks dan stele. Epidermis banyak yang membentuk bulu-bulu akar. Korteks berupa sel-sel endodermis, perisel, xilem dan floem.



**Gambar 9.2** Pertumbuhan Primer Ujung Akar Bawang (Campbell, 2003)

Bagian-bagian akar terdiri dari:

1. **Bulu Akar'**

Bulu akar merupakan modifikasi dari sel epidermis yang mempunyai fungsi untuk penyerapan air. Dinding bulu akar terdiri atas selulosa dan pektin yang kedua-duanya bersifat hidrofilik dan mempunyai daya serap yang besar terhadap air.

2. **Endodermis**

Disebelah luar Stele dikelilingi oleh selapisan sel khusus disebut *Endodermis*. Endodermis mengalami penebalan dinding sel yang disebut *Strip Caspary*, air dapat masuk stele melalui sel peresap (*Passage Cells*). Pada beberapa jenis monokotil tidak ditemukan sel peresap tetapi penyerapan air tidak terganggu.

3. **Xilem**

Xilem terdiri dari trakeid, pembuluh kayu dan parenkim. Noktah terdapat pada dinding radial dari trakeid dan trakea sehingga memudahkan gerakan air masuk ke dalamnya. Penebalan sel ini juga tidak mengganggu jalannya air karena lignin sifatnya hidrofilik dan mudah dilalui air.

## **Penyerapan Air dan Mineral Oleh Akar**

Air dan garam mineral dari tanah memasuki tubuh tumbuhan melalui bulu akar yaitu epidermis akar, menembus korteks akar, masuk ke stele kemudian mengalir naik ke pembuluh xilem dan sampai ke system tunas. Dinding radial sel endodermis mempunyai penebalan dari suberin atau lignin yang kedap air. Air tanah akan masuk akar jika potensial air pada akar lebih rendah dari potensial air di tanah. Rendahnya potensial air pada xilem disebabkan hilangnya air oleh proses transpirasi pada daun tumbuhan. Potensial air pada tanah disebabkan adanya potensial osmotik dan potensial matriks. Pada tanah yang kering potensial airnya turun karena tumbuhan tidak mampu untuk mengambil air dari tanah. Batas terendah kandungan air tanah dapat dilihat dari kelayuan pada daun tumbuhan, mulut daun menutup dan pengambilan air sangat kurang.

## **Pengangkutan Air**

Air bergerak dari akar sampai ke daun melalui xilem, yaitu melalui pembuluh kayu (trakea) dan trakeid. Parenkim xilem mempunyai fungsi untuk transpor ke arah lateral. Pengangkutan air melalui xilem dapat terus berlangsung meskipun xilem mati. Ini membuktikan bahwa tenaga untuk mendorong air bukan berasal dari xilem itu sendiri. Pembuluh kayu sebagai kapiler hanya dapat menaikkan air sedikit saja. Teori tekanan akar menyatakan bahwa adanya tekanan akar menyebabkan absorpsi secara aktif oleh akar.

## **Pengangkutan Mineral**

Mineral diangkut melalui xilem dari akar ke daun. Mineral

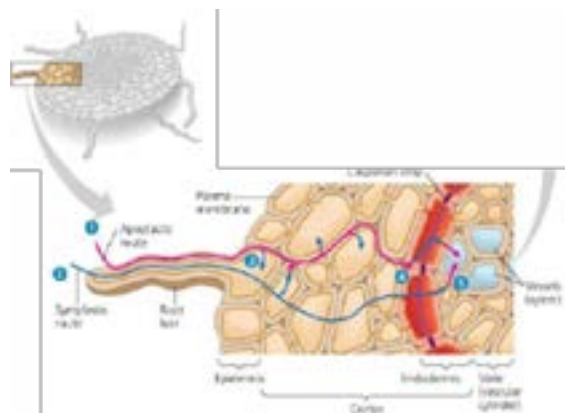
diserap dengan larutan tanah melalui permukaan akar, khususnya melalui rambut akar dan mikorhiza (simbiosis akar dengan fungi). Penyerapan kebanyakan terjadi di dekat ujung akar yaitu dimana epidermisnya permeable terhadap air dan banyak rambut akar. Rambut akar merupakan penjurulan dan pemanjangan sel-sel epidermal yang memperluas permukaan akar. Adanya hifa fungi pada simbiosis akar dengan fungi juga memperluas permukaan serap.

Mineral dipergunakan tumbuhan untuk menyusun bahan organik, misalnya fosfor dan nitrogen. Tidak semua unsur yang dipindahkan pada daun tetap disimpan pada daun. Pemindahan mineral terjadi terutama sebelum daun gugur melalui floem. Pada batang mineral dapat diangkut ke atas atau ke bawah pada floem menuju daun muda dan juga ke ujung batang atau akar. Mineral yang masih ada pada daun jika daun gugur akan kembali dipergunakan oleh tumbuhan setelah terjadi penguraian. Karena itu mineral cukup tersedia untuk tumbuhan.

Mekanisme apakah yang digunakan untuk mengangkut air dan mineral yang diserap akar dari bagian luar ke dalam sel-sel akar?

Mekanisme transpor jarak dekat (pengangkutan air dan mineral dalam akar) disebut **transpor lateral**, karena arahnya sepanjang sumbu radial organ tumbuhan. Bahan-bahan yang terlarut bergerak keluar dari satu sel menembus dinding sel dan masuk ke sel tetangganya dan meneruskan ke sel berikutnya. Mekanisme transmembran ini memerlukan penembusan berulang pada membran plasma seiring dengan keluar masuknya zat terlarut dari satu sel ke sel berikutnya.

Mineral diserap dengan larutan tanah melalui permukaan akar, khususnya melalui akar dan mikorhiza (asosiasi simbiotik akar dengan fungi). Air dan mineral bergerak melewati korteks ke slinder pembuluh melalui rute seperti terlihat pada gambar 9.3 di bawah ini.



**Gambar 9.3** Transpor lateral air dan mineral dalam akar (Campbell, 2003)

Keterangan :

1. Pengambilan larutan tanah oleh dinding epidermis memberikan jalan masuk ke **apoplas** (jalur ekstraselular terdiri atas dinding sel dan ruangan ekstraselular), sehingga air dan mineral dapat masuk korteks di sepanjang matriks dinding sel.
2. Mineral dan air yang melewati membrane plasma rambut akar memasuki **simples** (rangkaiannya sitosol dalam jaringan tumbuhan). Setelah memasuki sel, zat terlarut dan air dapat bergerak dari sel ke sel melalui **plasmodesmata**.
3. Pada saat larutan tanah bergerak sepanjang **apoplas**, air dan mineral juga diangkut ke dalam sel epidermis dan korteks yang kemudian masuk ke **simples**.
4. Air dan mineral yang bergerak ke endodermis di sepanjang dinding sel tidak dapat masuk ke dalam stele melalui rute **apoplastik**. Tetapi yang sebelumnya masuk melalui rute **simples** dapat masuk ke stele melalui **Pita Kasparian** (pita berwarna gelap) yaitu suatu daerah penghalang yang mengandung bahan berlilin yang menghambat aliran air dan mineral yang larut.
5. Sel endodermis dan sel parenkim dalam stele melepaskan air dan mineral ke dalam dindingnya yang berhubungan dengan xylem. Selanjutnya air dan mineral siap diangkut ke atas menuju system tunas.

### 9.1.2 Pengangkutan Bahan Organik

Bahan organik seperti gula, asam amino dan hormon diangkut melalui floem. Bahan organik dapat bergerak ke atas dari ujung batang yang sedang tumbuh bergerak ke bawah yaitu ke tempat penimbunan di akar diangkut melalui floem. Pengangkutan bahan organik pada floem disebut **Translokasi**. Pada tumbuhan angiospermae, sel floem yang terspesialisasi dan berfungsi dalam translokasi makanan adalah **pembuluh tapis**. Getah floem adalah suatu larutan yang banyak mengandung gula terutama sukrosa disakarida dengan konsentrasi mencapai 30% sehingga getah floem kental seperti sirup. Getah floem juga mengandung mineral, asam amino dan hormon. Pembuluh tapis membawa makanan dari suatu sumber gula ke tempat penyimpanan atau pemakaian gula. Zat terlarut lainnya di angkut ke tempat penyimpanan bersama dengan gula

Getah floem mengalir dari sumber gula (seperti daun dewasa) ke tempat penyimpanannya dengan laju sebesar 1 m per jam. Aliran translokasi ini sangat cepat sehingga tidak terjadi dengan difusi. Cairan floem bergerak melalui aliran massa yang digerakkan oleh tekanan (aliran tekanan), metode aliran tekanan merupakan mekanisme translokasi

pada angiospermae. Pengisian gula pada ujung sumber pembuluh tapis dan pembongkaran pada ujung pembuangan merupakan upaya mempertahankan perbedaan tekanan yang menjaga agar getah floem dapat mengalir melalui pembuluh tersebut.

## 9.2 Respirasi Tumbuhan

Proses respirasi terjadi baik pada hewan maupun tumbuhan. Respirasi diperlukan untuk proses oksidasi yang memperoleh energy. Pada tumbuhan terdapat respirasi aerob dan anaerob. (*fermentasi*), Respirasi anaerob pada tumbuhan contoh fermentasi misalnya fermentasi glukosa menjadi alkohol dalam keadaan anaerob. Dengan adanya O<sub>2</sub> alkohol akan menjadi asam cuka. Berbagai faktor dapat mempengaruhi respirasi diantaranya:

1. **Suhu.** Kecepatan respirasi akan naik jika suhu naik sampai 40°-50°C, pada suhu tersebut enzim menjadi tidak aktif.
2. **Air.** Dengan penambahan air sedikit maka kecepatan respirasi akan naik dengan cepat, misalnya jika biji menyerap air yang terjadi sebelum biji berkecambah kecepatan respirasi naik perlahan sampai batas jumlah air tertentu.
3. **Oksigen.** Apabila konsentrasi oksigen di udara sekitar 20% hal ini bukan merupakan factor pembatas. Konsentrasi oksigen yang rendah akan mempengaruhi kecepatan respirasi. Misalnya pada akar tumbuhan yang terlalu banyak mengandung air atau terjadi banjir.
4. **Jumlah makanan.** Pertambahan bahan makanan dari hasil fotosintesis atau hidrolisis dari makanan cadangan dapat menambah kecepatan respirasi.

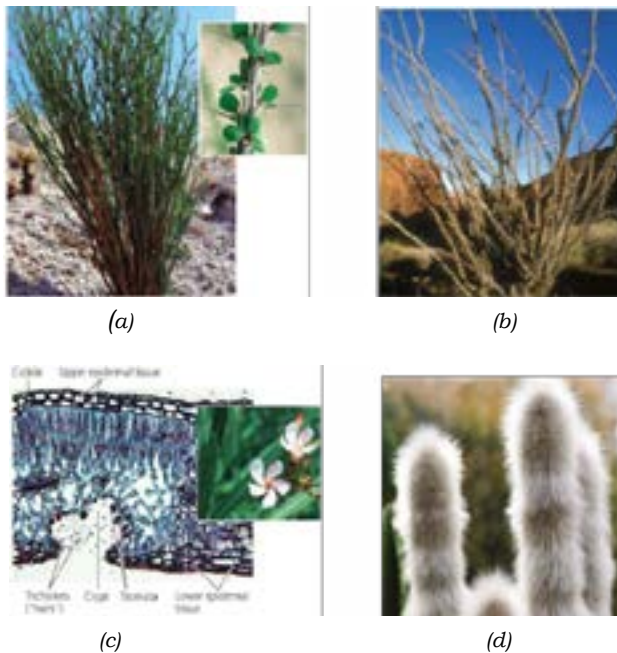
Hal lain yang terkait proses respirasi tumbuhan adalah titik kompensasi. *Titik Kompensasi* yaitu apabila produksi makanan oleh fotosintesis sama banyak dengan makanan yang diperlukan untuk respirasi. Titik kompensasi ini dipengaruhi oleh suhu dan cahaya. Titik kompensasi terjadi pada suhu yang lebih rendah pada intensitas cahaya yang lebih rendah. Misalnya pertumbuhan kentang akan berlangsung jika suhu rata-rata berada di bawah rata-rata suhu titik kompensasi. Kentang dapat menghasilkan produksi tinggi pada suhu yang sejuk (20°C). Jika di tanam di daerah panas hasilnya menjadi jelek. Pada tanaman yang hidup di daerah panas (tropis) seperti tebu dan kurma titik kompensasinya berada pada suhu yang tinggi, tetapi di tempat yang suhunya lebih rendah titik kompensasi akan lebih rendah. Titik kompensasi untuk setiap jenis tumbuhan akan berbeda.

*Fotorepirasi* adalah suatu proses perombakan yang merugikan terjadi waktu ada cahaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CO<sub>2</sub> hasil respirasi dan konsumsi O<sub>2</sub> pada respirasi tanaman hijau hampir semua

species tumbuhan tinggi lebih tinggi waktu ada cahaya dibandingkan waktu gelap. Tanaman  $C_3$  sangat dirugikan oleh proses ini edangkan  $C_4$  tidak, oleh karena tanaman  $C_4$  produktivitasnya sangat tinggi.

### 9.3 Osmoregulasi pada Tumbuhan

Pada tumbuhan darat kehilangan air merupakan masalah yang sama dengan hewan. Tumbuhan banyak kehilangan air melalui transpirasi dan penguapan melalui daun. Untuk tumbuhan yang hidup pada tanah yang cukup air kehilangan air akan segera diganti dengan pengambilan air dari tanah. Tumbuhan yang tidak mempunyai masalah mengenai penggantian air yang hilang karena transpirasi dan penguapan disebut tumbuhan mesofil (*mesophyle*). Berbagai jenis tumbuhan di daerah yang kering harus menyesuaikan diri agar tidak mengalami kekeringan dengan berbagai cara. Tumbuhan tersebut termasuk tumbuhan serofit (*xerophyte*). Gambar 9.4 di bawah ini menunjukkan beberapa adaptasi tumbuhan serofit.



**Gambar 9.4** Beberapa adaptasi tumbuhan serofit (*xerophyte*). (Campbell, 2003)

Keterangan gambar:

- (a). *Fouquieria splendens*, tumbuhan serofit pada musim hujan akan tumbuh dengan menghasilkan daun-daun kecil.
- (b). Tumbuhan serofit tersebut pada musim kemarau akan menggugurkan daunnya untuk mengurangi penguapan.

- (c). *Nerium oleander*, daunnya berkutikula tebal dan mempunyai beberapa lapisan epidermis untuk mengurangi kehilangan air; *stomata* berada pada lapisan epidermis bagian bawah, hal ini untuk mengurangi kecepatan transpirasi juga terdapat *Trichoma* yaitu rambut-rambut pada stomata untuk meminimalisir transpirasi
- (d). Batang kaktus (*Cephalocereus senilis*) dengan rambut halus putih untuk membantu memantulkan cahaya matahari.

Beberapa jenis tumbuhan mempunyai jaringan yang toleran terhadap kekeringan. Pada umumnya tumbuhan ini dapat mempertahankan diri terhadap perubahan kandungan air pada tubuhnya lebih daripada hewan. Di antaranya ada yang mempunyai penyesuaian tinggi, sehingga jaringannya kering, jaringannya akan kembali normal jika mendapat cukup air. Hal seperti ini terdapat pada beberapa jenis tumbuhan gurun dan juga pada berbagai jenis lumut dan paku-pakuan.

Banyak tumbuhan dapat mempertahankan hidupnya pada masa kering dengan spora dan bijinya. Protoplasma spora dan biji sangat menjadi kering dan dilindungi oleh selaput yang keras. Pada kondisi ini spora dan biji tetap hidup untuk periode yang panjang dan dapat tumbuh menjadi tumbuhan baru jika air cukup dan kondisi yang baik. Biasanya tumbuhan gurun semacam ini tumbuh dan dewasa pada yang singkat. Setelah biji dihasilkan dan tersebar, tumbuhan mati, biji tetap dalam keadaan dorman sampai turun hujan tahun berikutnya.

Beberapa jenis tumbuhan gurun memiliki akar yang sangat dalam menembus tanah gurun untuk memperoleh air. Tumbuhan lain mempunyai akar superfisial yang tumbuh ke arah horizontal dekat permukaan tanah. Dengan demikian tumbuhan tadi dapat mengambil air sebanyak-banyaknya jika terjadi hujan gerimis singkat. Adapula adaptasi lain bagi tumbuhan yang hidup di daerah kering ialah dengan cara menyimpan air pada sel-sel perenkim yang besar baik pada batang maupun pada daun. Dengan demikian jaringan batang dan daun menjadi berair dan tumbuhan demikian disebut *sukulen*. Banyak tumbuhan gurun yang mempunyai batang sukulen, daun pada tumbuhan tersebut biasanya mengalami reduksi.

Berbagai cara tumbuhan sukulen mempertahankan air yang dikandungnya, yaitu dengan:

1. Mengurangi jumlah stoma. Stoma berada pada satu lekukan yang mungkin mempunyai rambut-rambut halus sehingga penguapan diperkecil. Beberapa jenis tumbuhan dalam keadaan kering daunnya menggulung, sehingga penguapan makin diperkecil.
2. Adaptasi secara fisiologis dengan cara stoma menutup pada siang hari dan membuka pada malam hari. Misalnya, tumbuhan Crassulaceae pada malam hari stoma membuka dan terjadi proses pengambilan  $\text{CO}_2$ . Fotosintesis mirip tumbuhan  $\text{C}_4$ , tetapi  $\text{O}_2$  diambil pada malam hari untuk memproduksi asam malat. Pada siang hari asam malat diubah menjadi  $\text{CO}_2$  dan asam piruvat,  $\text{CO}_2$  masuk daur Calvin. Untuk mengurangi penguapan stomata pada siang hari akan menutup.

Transpirasi tidak terbatas pada stoma tapi juga melalui kutikula. Transpirasi kutikula pada tumbuhan serofit sangat kecil karena kutikula menjadi tebal dan mempunyai lapisan lilin yang impermeabel. Tumbuhan di daerah bermusim pada musim dingin kekurangan air karena air menjadi beku, untuk mengatasi masalah ini tumbuhan tertentu meluruhkan daunnya sebelum terjadi musim dingin (meranggas). Demikian pula pohon jati akan meranggas pada musim kering untuk mengurangi kehilangan air.

Tumbuhan yang hidup di pantai mempunyai masalah untuk mengambil air yang mempunyai tekanan osmotik tinggi dibandingkan dengan tekanan osmotik air tanah biasa. Tumbuhan tersebut biasa disebut tumbuhan *halofit*. Untuk mengatasi hal ini dilakukan dengan dua cara yaitu

1. Sel-sel akar mempunyai tekanan osmotik yang lebih besar dibandingkan akar tumbuhan biasa sehingga dapat mengambil air dengan cara osmosis.
2. Berbagai tumbuhan dapat menyimpan air yang menyebabkan tidak terjadi kekurangan air pada waktu air di sekeliling akarnya mempunyai tekanan osmotik tinggi. Hal ini terjadi pada daerah pasang surut pantai yang berlumpur. Selain itu tumbuhan mempunyai cara untuk membuang kelebihan air.

Hal ini terjadi pada waktu kelembaban tinggi dan suhu tidak begitu tinggi. Caranya ialah dengan *gutasi* (gambar 9.5). Gutasi terjadi jika air yang berlebih tidak habis dengan transpirasi. Air dikeluarkan melalui struktur khusus di ujung tulang daun yang letaknya di ujung atau di tepi daun yang disebut *hidatoda*.

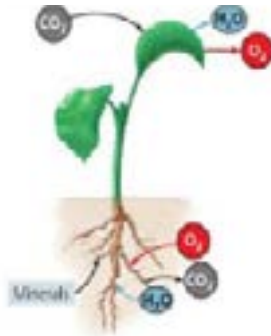


**Gambar 9.5** Peristiwa gutasi pada daun strawberry (Campbell, 2003)

#### 9.4 Kebutuhan Nutrisi pada Tumbuhan

Kebutuhan nutrisi pada tumbuhan menunjukkan bahwa tumbuhan membutuhkan beberapa unsur kimia dengan komposisi tertentu. Tumbuhan mengambil sebagian besar masa organiknya dari  $\text{CO}_2$  udara, akan tetapi tetap bergantung pada nutrisi tanah dalam bentuk air dan mineral.





**Gambar 9.6** Pengambilan nutrisi oleh tumbuhan (Campbell, 2003).

Akar menyerap air dan mineral dari tanah dengan mikorhiza dan rambut akar yang sangat banyak untuk memperluas permukaan penyerapan. Tumbuhan memerlukan  $O_2$  untuk respirasi seluler, meskipun tumbuhan penghasil  $O_2$ . Dari nutrient anorganik tumbuhan dapat menghasilkan bahan organik.  $CO_2$  dan  $H_2O$  diperlukan tumbuhan untuk proses fotosintesis, selain itu juga dikeluarkan sebagai hasil respirasi.

Tumbuhan memerlukan sembilan makronutrien dan delapan mikronutrien, makronutrien meliputi unsure karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen dan unsur sulfur, fosfor, kalium serta magnesium. Unsur C, H, O merupakan komponen utama senyawa organik tumbuhan; nitrogen merupakan komponen asam nukleat, protein, hormone dan koenzim; sulfur merupakan komponen protein dan koenzim; fosfor merupakan komponen asam nukleat, fosfolipid dan ATP; kalium merupakan kofaktor yang berfungsi dalam sintesis protein dan keseimbangan air; kalsium penting dalam pembentukan dinding sel dan pemeliharaan permeabilitas membrane, serta magnesium yang berfungsi mengaktifkan enzim dan komponen klorofil.

Mikronutrien meliputi klorin yang diperlukan untuk pemecahan air pada fotosintesis dan menjaga keseimbangan air; besi merupakan komponen sitokrom dan mengaktifkan beberapa enzim; boron merupakan kofaktor dalam sintesis klorofil; mangan berperan aktif dalam pembentukan klorofil juga mengaktifkan beberapa enzim; seng berperan dalam pembentukan klorofil; tembaga sebagai komponen enzim-enzim redoks dan biosintesis lignin; molybdenum sangat penting untuk fiksasi nitrogen dan merupakan kofaktor dalam reduksi nitrat; nikel sebagai kofaktor suatu enzim yang berfungsi dalam metabolisme nitrogen.

Nitrogen sebagai nutrisi tumbuhan tersedia karena adanya metabolisme bakteri tanah. Bakteri **pemfiksasi** nitrogen mengubah  $N_2$  atmosfer menjadi mineral bernitrogen yang dapat diserap oleh tumbuhan sebagai sumber nitrogen untuk sintesis organik.

Beberapa adaptasi nutrisi pada tumbuhan, sebagai berikut:

1. Simbiosis tumbuhan dan mikroba tanah. Fiksasi nitrogen secara

simbiotik dihasilkan dari interaksi yang rumit antara akar dan bakteri. Perkembangan bintil akar yang memfiksasi nitrogen bergantung pada komunikasi silang secara kimia antara bakteri **Rhizobium** dan sel-sel akar tumbuhan inang. Simbiosis ini merupakan mutualistik karena bakteri menyediakan nitrogen terfiksasi bagi tumbuhan leguminose dan tumbuhan menyediakan karbohidrat dan senyawa organik lain untuk bakteri.

2. Simbiosis antara akar dan fungi. **Mikorhiza** adalah bentuk asosiasi simbiotik akar dan fungi yang meningkatkan nutrisi tumbuhan. Hifa fungi **endomikorhiza** dan **ektomikorhiza** menyerap air dan mineral yang disediakan untuk tumbuhan inangnya. Mycelium *ektomikorhiza* menyelimuti akar. Hifa fungi masuk ke dalam tanah menyerap air dan mineral
3. Parasitisme dan adaptasi. Tumbuhan parasit mengekstraksi nutrisi dari tumbuhan lain secara langsung dengan cara menyedot ke dalam jaringan pembuluh inang atau secara tidak langsung melalui mikorhiza. Pada tumbuhan karnivora menambahkan nutrisi mineralnya dengan cara mencerna hewan. Misalnya tumbuhan Venus adalah memodifikasi daun dengan dua lobus yang menutup bersamaan dengan cepat untuk menangkap serangga. Mangsa yang memasuki perangkap menyentuh rambut sensoris yang menyebabkan impuls listrik sehingga memicu penutupan perangkap. Dalam perangkap tersebut terdapat kelenjar yang mensekresikan enzim pencernaan. Belalang lebih banyak terperangkap daripada lalat (gambar 9.7 a). Kantung semar menggunakan sebuah perangkap untuk menangkap serangga. Serangga akan tergelincir masuk ke terowongan panjang yang penuh dengan air, setelah tenggelam akan dicerna oleh enzim yang disekresikan ke dalam air ((gambar 9.7 b).



Gambar 9.7 (a) Perangkap lalat pada Venus adalah modifikasi daun dengan dua lobus yang menutup bersamaan untuk menangkap mangsa, (b) Kantung Semar menggunakan sebuah perangkap untuk menangkap mangsa. (Campbell, 2003)

## ◆ RANGKUMAN

Sistem transpor pada tumbuhan terjadi pada tiga tingkatan yaitu 1) pengambilan dan pembebasan air dan zat-zat terlarut oleh sel seperti penyerapan air dan mineral dari tanah oleh sel-sel akar; 2) transport jarak pendek bahan atau zat dari sel ke sel; 3) transport jarak jauh cairan di dalam xylem dan floem. Penyerapan air dan mineral terutama oleh ujung akar. Daerah ujung akar dibedakan menjadi 3 zona yaitu zona sel meristematik, zona perpanjangan dan zona penyerapan (absorpsi). Bahan organik seperti gula, asam amino dan hormon diangkut melalui floem disebut **translokasi**. Bahan organik dapat bergerak ke atas dari ujung batang yang sedang tumbuh bergerak ke bawah yaitu ke tempat penimbunan di akar diangkut melalui floem.

Pada tumbuhan terdapat respirasi aerob dan anaerob. (*fermentasi*), Respirasi anaerob pada tumbuhan contoh fermentasi misalnya fermentasi glukosa menjadi alkohol dalam keadaan anaerob. Dengan adanya  $O_2$  alkohol akan menjadi asam cuka. Berbagai faktor dapat mempengaruhi respirasi diantaranya suhu, air, oksigen dan jumlah makanan. Respirasi pada tumbuhan terkait dengan proses yang disebut titik kompensasi dan fotorespirasi. *Titik Kompensasi* yaitu apabila produksi makanan oleh fotosintesis sama banyak dengan makanan yang diperlukan untuk respirasi. Fotorespirasi adalah suatu proses perombakan yang merugikan yang terjadi waktu ada cahaya.

Mekanisme osmoregulasi pada tumbuhan sangat spesifik sesuai dengan jenis tumbuhan. Beberapa jenis tumbuhan mempunyai jaringan yang toleran terhadap kekeringan, misalnya tumbuhan gurun dan juga pada berbagai jenis lumut dan paku-pakuan. Pada tumbuhan sukulen adaptasi berupa pengurangan jumlah stomata dan adaptasi fisiologis membuka dan menutup stomata.

Kebutuhan nutrisi tumbuhan dikategorikan menjadi makronutrien yaitu unsure karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen dan unsur sulfur, fosfor, kalium serta magnesium; dan mikronutrien meliputi klorin, besi, boron, mangan, seng, tembaga, molybdenum dan nikel.

## ◆ BAHAN DISKUSI

1. Adaptasi nutritional pada tumbuhan diantaranya terjadi melalui simbiosis. Bagaimana simbiosis yang terjadi pada tanaman family leguminose. Uraikan!
2. Pada tumbuhan darat kehilangan air merupakan masalah yang penting, karena menyebabkan kematian sel-sel tumbuhan tersebut. Uraikan bagaimana mekanisme osmoregulasinya!
3. Mengapa air sangat penting dan diperlukan oleh makhluk hidup dalam hal ini tumbuhan? Jelaskan!

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

Campbell, Reece and Mitchell., 2003. *Biologi*. Edisi kelima Jilid 2. Jakarta: Erlangga

Jassin, Maskoeri. 1988. *Biologi Umum Untuk Universitas*. Surabaya: IKIP Press.

Kimball, John W. 1990. *Biology*. Alih bahasa: Siti Soetarmi dan Nawangsari Sugiri. Edisi V. Jilid II Jakarta: Penerbit Airlangga

Syamsuri, Istamar. Dkk., 2000. *Biologi 2000*. Jakarta: Erlangga.

Tjitrosoepmo, G. 1988. *Fisiologi Tumbuhan*.

Winatasasmita, Djahmur., 1985. *Fisiologi Hewan dan Tumbuhan*. Jakarta: Depdikbud Universitas Terbuka.

## ◆ LATIHAN SOAL-SOAL

1. Sistem transpor pada tumbuhan terjadi melalui jalur atau rute **apoplas** dan **simpas**, jelaskan rute apoplas dan simpas tersebut?
2. Gambarkan bagian ujung akar tumbuhan lengkap dengan bagian-bagiannya!
3. Mekanisme apakah yang digunakan untuk pengangkutan air dan mineral yang diserap akar dari luar ke dalam sel?
4. Apa yang dimaksud **Translokasi**?
5. Bagian sel apa dari tumbuhan angiospermae yang berfungsi dalam translokasi?
6. Respirasi pada tumbuhan terjadi secara aerob dan anaerob. Jelaskan empat factor yang mempengaruhi respirasi tumbuhan?
7. Tumbuhan sukulen dapat mempertahankan airnya dalam jangka waktu lama. Jelaskan bagaimana caranya!
8. Tumbuhan pantai atau tumbuhan halofit mempunyai cara tersendiri dalam pengambilan air. Jelaskan!
9. Kebutuhan nutrisi tumbuhan dikategorikan menjadi makronutrien dan mikronutrien. Sebutkan unsur –unsur apa saja yang termasuk dua kategori tersebut!

# BAB 10

## Fisiologi Hewan

### ◆ Kompetensi Dasar

Setelah menyelesaikan perkuliahan, mahasiswa dapat memahami dan mendeskripsikan proses-proses fisiologi hewan meliputi sistem pencernaan, sistem skelet, sistem pernapasan, sistem pengeluaran, sistem saraf, sistem indera dan sistem transportasi.

### ◆ Indikator Kompetensi

Setelah melaksanakan proses pembelajaran mahasiswa diharapkan dapat:

1. menjelaskan proses pencernaan makanan secara kimiawi dan mekanik,
2. mendeskripsikan proses absorpsi yang terjadi pada usus halus,
3. menjelaskan fungsi rangka,
4. mengurutkan organ-organ yang menyusun sistem pernapasan,
5. menganalisis bagaimana pengaruh suhu terhadap proses pengeluaran yang terjadi dalam tubuh,
6. mengidentifikasi organ-organ apa saja yang termasuk organ pengeluaran tubuh beserta zat hasil buangnya,
7. membedakan fungsi sistem saraf simpatik dan para simpatik,
8. mendeskripsikan fungsi alat-alat indera
9. menguraikan komponen-komponen darah,
10. membedakan sistem peredaran darah besar (sistemik) dan sistem peredaran darah kecil (pulmonal).

### 10.1 Sistem Pencernaan

Alat pencernaan makanan merupakan organ yang berfungsi untuk memecah makanan baik secara mekanis maupun kimiawi agar mudah terserap dan diedarkan ke seluruh tubuh. Sistem pencernaan organisme berbeda-beda.

Semakin tinggi tingkatannya, semakin kompleks sistem pencernaan makanannya. Organisme bersel satu tidak memiliki alat pencernaan makanan khusus. Makanan masuk melalui mulut sel, dicerna di dalam vakuola makanan, kemudian diedarkan ke seluruh sel dan akhirnya dikeluarkan melalui membran sel. Pada hewan vertebrata, makanan masuk melalui mulut, kemudian ke kerongkongan, perut besar (ventrikulus), usus dua belas jari (duodenum), usus halus, poros usus (rektum) dan berakhir sebagai anus. Perbedaan jenis makanan mengakibatkan perbedaan sistem pencernaan makanan. Binatang pemakan tumbuhan (herbivora) memiliki alat pencernaan makanan yang lebih panjang dibandingkan binatang pemakan daging (karnivora).

## Sistem Pencernaan Makanan pada Manusia

Agar dapat diserap usus, makanan perlu dicerna terlebih dahulu. Proses pencernaan makanan dibedakan menjadi pencernaan makanan secara mekanik dan secara kimiawi. Untuk mencerna makanan diperlukan saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan, yang keduanya membentuk sistem pencernaan makanan. Saluran pencernaan terdiri atas mulut, kerongkongan, lambung, usus, dan anus. Makanan diserap di usus kemudian diedarkan ke seluruh bagian tubuh dan sisa makanan dikeluarkan melalui anus.

### 1. Mulut

Di dalam mulut terdapat gigi, lidah, dan kelenjar pencernaan yaitu kelenjar air liur. Mulut berfungsi sebagai pengecap, dan mencerna baik secara mekanik maupun secara kimiawi.

### 2. Gigi

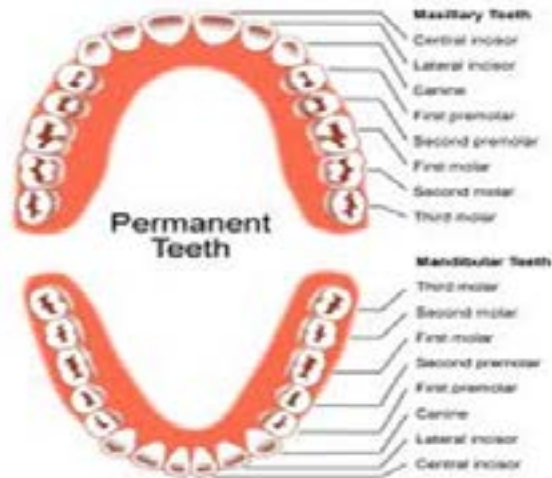
Dalam penampang setiap gigi terdapat:

- puncak gigi atau mahkota gigi, yaitu bagian yang tampak dari luar.
- leher gigi, yaitu bagian gigi yang terlindung di dalam gusi dan merupakan batas antara mahkota dan akar gigi.
- akar gigi, yaitu bagian gigi yang tertanam di dalam rahang.

Lapisan-lapisan gigi terdiri dari email, tulang gigi, sementum dan rongga gigi. **Email**, merupakan lapisan yang keras pada puncak gigi. Email berfungsi melindungi tulang gigi. Jika email rusak, gigi akan mudah rusak pula. **Tulang Gigi**, di lapisan berikutnya terdapat tulang gigi yang terbuat dari *dentin* yaitu jaringan berwarna kekuningan. **Semen Gigi**, di lapisan luar akar gigi terdapat semen gigi atau sementum. **Rongga Gigi**, di bagian dalam gigi terdapat rongga gigi atau *pulpa*. Rongga gigi berisi serabut saraf dan pembuluh darah.

Gigi manusia mulai tumbuh pada bayi berumur kira-kira 6--7 bulan sampai 26 bulan. Gigi pada anak-anak disebut **gigi susu** atau **gigi sulung**. Setelah anak berumur 6 sampai 14 tahun gigi susu tanggal satu persatu dan digantikan dengan **gigi tetap**. Gigi tersusun berderet dan terletak pada rahang atas dan rahang bawah. Gigi susu berjumlah 20 buah terdiri dari gigi seri 8 buah= $(2 \times 4)$ , gigi taring 4 buah= $[2 \times (1 + 1)]$ , dan gigi geraham depan 8 buah= $[2 \times (2 + 2)]$ . Gigi tetap pada orang dewasa berjumlah 32 buah yang terdiri dari gigi seri 8 buah= $(2 \times 4)$  gigi

taring 4 buah= $[2 \times (1 + 1)]$ , gigi geraham depan 8 buah= $[2 \times (2 + 2)]$ , dan gigi geraham belakang 12 buah= $[2 \times (3 + 3)]$ . Dengan demikian kalian dapat menemukan perbedaan jumlah antara gigi susu dan gigi tetap. Apakah perbedaan tersebut?



Gambar 10.1 Penampang Gigi  
(<http://www.google.co.id/search?q=penampang+gigi&oe=utf-8&rls=org.mozilla>) (08-03-2012)

Fungsi gigi bermacam-macam, sesuai dengan letak dan bentuknya. Gigi seri sebagai pemotong makanan, gigi taring sebagai pengoyak makanan, dan gigi geraham sebagai pengunyah makanan.

### 3. Lidah

Lidah berguna untuk membantu mengatur letak makanan dalam mulut dan mendorong makanan masuk ke dalam saluran selanjutnya. Selain itu lidah juga berfungsi untuk mengecap (merasakan) makanan, yaitu rasa asin, manis, pahit, dan masam serta peka juga terhadap dingin, panas, dan tekanan.



Gambar 10.2 Penampang Lidah  
(<http://www.google.co.id/search?q=penampang+lidah&oe=utf-8&rls=org.mozilla>) (08-03-2012)

## Kelenjar Ludah

Ludah dihasilkan oleh 3 pasang kelenjar ludah, dialirkan melalui saluran ludah yang bermuara ke dalam rongga mulut. Kelenjar ludah tersebut adalah kelenjar ludah parotid (di dekat pelipis), kelenjar ludah rahang bawah dan kelenjar ludah bawah lidah.

Apa saja kandungan air ludah tersebut? Ludah mengandung air, lendir, garam, dan enzim *ptialin*. Enzim *ptialin* berfungsi mengubah zat tepung (amilum) menjadi gula yaitu maltosa dan glukosa. Jika kalian membiarkan nasi di dalam mulut yang mula-mula terasa tawar, beberapa saat kemudian akan terasa manis.

## 4. Kerongkongan

Dari mulut, makanan masuk ke dalam kerongkongan (esofagus). Kerongkongan merupakan saluran panjang yang tipis sebagai jalan makanan dari mulut menuju ke lambung. Panjang kerongkongan kurang lebih 20 cm dan lebar kurang lebih 2 cm. Kerongkongan dapat melakukan gerakan melebar dan menyempit, bergelombang, meremas-remas, guna mendorong makanan masuk ke lambung. Gerak demikian disebut sebagai gerak *peristaltik*. Di esofagus, makanan tidak mengalami proses pencernaan.

## 5. Lambung

Lambung atau ventrikulus berupa suatu kantung yang terletak di dalam rongga perut di sebelah kiri di bawah sekat rongga badan. Lambung dapat dibagi menjadi tiga daerah, yaitu daerah *kardiak*, *fundus* dan *pilorus*.

1. *Kardiak* adalah bagian atas, daerah pintu masuk makanan dari kerongkongan.
2. *Fundus* adalah bagian tengah, bentuknya membulat.
3. *Pilorus* adalah bagian bawah, daerah yang berhubungan dengan usus dua belas jari.



**Gambar 10.3** Anatomi Lambung  
(<http://www.google.co.id/search?q=Anatomi+lambung>) (08-03-2012)



Di dalam lambung, makanan dicerna secara kimiawi. Dinding lambung yang penuh dengan otot-otot lambung, berkontraksi, menyebabkan *gerak peristaltik*. Hal yang demikian dimaksudkan agar makanan di dalam lambung diaduk-aduk. Di bagian dinding lambung sebelah dalam terdapat kelenjar-kelenjar yang menghasilkan getah lambung. Getah lambung mengandung *asam lambung* (HCl), serta enzim-enzim lain. Asam lambung berperan sebagai pembunuh mikroorganisme dan mengaktifkan enzim *pepsinogen* menjadi *pepsin*. *Pepsin* merupakan enzim yang dapat mengubah protein menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Selanjutnya sedikit demi sedikit makanan meninggalkan lambung untuk masuk ke dalam usus halus. Setelah 2 sampai 5 jam, lambung menjadi kosong.

## 6. Usus halus

Usus halus merupakan saluran pencernaan terpanjang yang terdiri dari tiga bagian, yaitu usus dua belas jari (*duodenum*), usus kosong (*jejunum*), dan usus penyerapan (*ileum*).

### a. Usus Dua Belas Jari (Duodenum)

Disebut usus dua belas jari karena panjangnya 12 jari. Di dalam dinding usus dua belas jari terdapat muara saluran bersama dari kantung empedu dan pankreas. Kantung empedu berisi empedu yang dihasilkan oleh hati dan berguna untuk mengemulsikan lemak. Emulsi misalnya minyak dimasukkan ke dalam air, kemudian air dikocok, sehingga terbentuklah emulsi minyak. Empedu berwarna kehijauan dan berasa sangat pahit.

Pankreas yang letaknya dekat lambung menghasilkan getah pankreas. Getah pankreas mengandung enzim *amilase*, *trypsinogen*, dan *lipase*. *Amilase* mengubah zat tepung menjadi gula. *Trypsinogen* merupakan enzim belum aktif yang harus diaktifkan terlebih dulu oleh enzim *enterokinase* yang dihasilkan oleh usus halus. Karena enzim *enterokinase*, *trypsinogen* berubah menjadi *trypsin* yang aktif. *Trypsin* mengubah protein menjadi peptida dan asam amino. Sedang *lipase* mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Zat-zat tersebut mudah terserap oleh dinding usus melalui proses difusi osmosis. Zat-zat yang belum teruraikan masih dapat memasuki usus melalui transpor aktif.

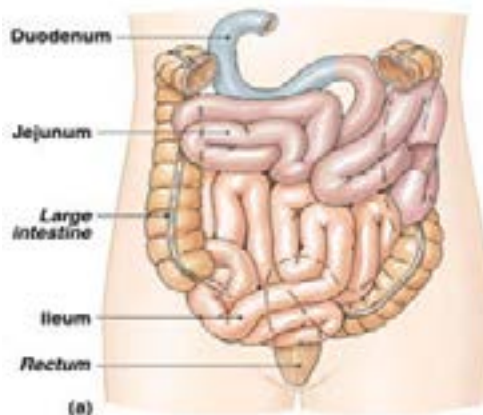
### b. Usus Kosong (Jejunum)

Panjang usus kosong (*jejunum*) antara 1,5 m dan 1,75 m. Di dalam usus ini makanan mengalami pencernaan secara kimiawi oleh enzim yang dihasilkan dinding usus, sehingga terjadi pelumatan makanan secara sempurna. Getah usus yang dihasilkan mengandung lendir dan bermacam-macam enzim yang dapat memecah molekul makanan menjadi lebih sederhana. Di dalam usus ini makanan berupa bubur yang lumat dan encer.

### c. Usus Penyerapan (Ileum)

Usus penyerapan (ileum) panjangnya antara 0,75 m sampai 3,5 m. Di dalam usus ini terjadi penyerapan sari-sari makanan. Permukaan dinding *ileum* dipenuhi dengan bagian-bagian yang disebut **jonjot-jonjot usus** atau *vili*. Hal ini menyebabkan permukaan ileum menjadi semakin luas, sehingga penyerapannya dapat berjalan baik. Penyerapan sari makanan oleh usus halus disebut absorpsi.

Makanan yang mengalami pencernaan secara kimia adalah karbohidrat, protein, dan lemak. Hasil akhir pencernaan berturut-turut adalah glukosa, asam amino serta asam lemak dan gliserol. Vitamin dan mineral tidak mengalami proses pencernaan. Glukosa, asam amino, vitamin dan mineral masuk ke dalam pembuluh darah kapiler yang ada di dalam jonjot usus (*vili*). Bersama darah, makanan dialirkan melalui pembuluh darah (vena porta) menuju ke hati. Glukosa (gula) sebagian disimpan di dalam hati setelah diubah dalam bentuk glikogen yang tidak larut dalam air. Sebagian sari makanan yang lain diedarkan ke seluruh sel tubuh melalui pembuluh darah. Karena molekulnya yang cukup besar, asam lemak dan gliserol diangkut melalui pembuluh limfe atau pembuluh getah bening di usus. Selanjutnya akan bergabung dengan pembuluh kil lainnya dan akhirnya bermuara pada pembuluh darah di bawah tulang selangka.



**Gambar 10.4** Usus Halus dan Usus Besar

(<http://www.google.co.id/search?q=anatomi+usus&oe=utf-8&rls=org.mozilla>) (08-03-2012)

### d. Usus Besar (Colon), Rectum, dan Anus.

Usus besar atau kolon merupakan kelanjutan dari usus halus. Usus besar memiliki tambahan usus yang disebut umbai cacing (apendiks). Apabila terjadi peradangan pada usus tambahan tersebut disebut apendisitis. Panjang usus besar lebih kurang satu meter. Usus besar terdiri atas bagian usus yang naik, bagian mendatar, dan bagian menurun. Batas antara usus halus dengan usus besar disebut *sekum*.

Fungsi utama usus besar adalah mengatur kadar air sisa makanan.

Jika kadar air yang terkandung dalam sisa makanan berlebihan akan diserap oleh usus besar, dan sebaliknya jika sisa makanan kekurangan air, akan diberi air. Di dalam usus besar terdapat bakteri pembusuk *Escherichia coli* yang membusukkan sisa-sisa makanan menjadi kotoran (*feses*). Dengan demikian kotoran menjadi lunak dan mudah dikeluarkan. Bakteri ini pada umumnya tidak mengganggu kesehatan manusia, bahkan ada yang menghasilkan vitamin K dan asam amino tertentu.

Bagian akhir usus besar yang panjangnya lebih kurang 15 cm disebut pelepasan atau poros usus atau *rectum*. Rektum bermuara pada anus. Anus mempunyai dua otot, yaitu otot tak sadar dan otot sadar.

Berbagai penyakit masuk ke tubuh melalui sistem pencernaan makanan. Misalnya diare, tipus, hepatitis, cacing. Ini berarti bahwa kebersihan dan kesehatan makanan harus dijaga. Beberapa makanan yang mengandung zat berbahaya dapat merusak sel-sel hati. Makanan tersebut misalnya alkohol, makanan yang tercemar, dan obat-obatan tertentu. Hati-hati memakan makanan yang mengandung zat pengawet, pewarna bukan untuk makanan, dan pestisida. Tidak berlangsung pencernaan makanan di dalamnya. Memiliki ependiks atau umbai cacing. Di dalamnya hidup *E. coli*, yang dapat menghasilkan vitamin K dan membusukkan makanan sehingga mudah dikeluarkan dalam bentuk feses. Kolon berfungsi mengatur keseimbangan air dalam feses.

## 10.2 Sistem Rangka

### 1. Tulang

Tulang merupakan struktur penunjang utama tubuh. Berfungsi: 1) sebagai tempat pelekatan otot, 2) bersama-sama otot membangun alat gerak tubuh, 3) melindungi organ-organ vital di tengkorak dan rongga dada, 4) menyimpan kalsium yang dapat dimobilisasi bila diperlukan oleh tubuh, 5) merupakan tempat berlangsungnya *hematopoiesis*. Tulang dibangun oleh sel tulang (*osteosit*), serabut kolagen dan substansi dasar yang amorf dengan matriks yang termineralisasi. Di samping osteosit, dijumpai pula *osteoblas* yang mensintesa komponen organik matriks dan *osteoklas* yang merupakan sel raksasa berinti banyak dengan fungsi sebagai perombak tulang. Karena matriks tulang yang mengalami *kalsifikasi*, maka pertukaran metabolit antara osteosit dan kapiler darah berlangsung melalui juluran osteosit yang terdapat dalam kanal-kanal halus yang menembus matriks tulang dan disebut *kanalikuli*. Matriks tulang terdiri dari keping-keping matriks yang disebut lamela tulang. Bahan anorganik merupakan sekitar 50% dari berat kering matriks tulang. Kalsium dan fosfor sangat banyak jumlahnya, ditemui pula bikarbonat, sitrat, magnesium, kalium dan *natrium*. Kalsium dan fosfor membentuk kristal hidroksiapatit  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{HO})_2$ , panjang dengan ukuran  $40 \times 25 \times 3$  nm. Bahan organik terdiri dari serabut kolagen (95%) dan substansi dasar yang amorf terdiri dari glikoprotein dan glikosaminoglikan seperti keratan sulfat, kondroitin sulfat dan asam hialuronat.

Terdapat dua jenis tulang: **tulang kompak** dan **tulang bunga karang** (tulang *spongiosa*). Tulang kompak diselaputi oleh jaringan ikat yang disebut *periosteum* yang dekat matriks tulang lebih seluler dan vaskuler. Permukaan tulang yang membatasi rongga sumsum dilapisi oleh *endosteum* yang lebih tipis daripada *periosteum*. *Periosteum* maupun *endosteum* mempunyai kemampuan untuk membentuk tulang baru. Terdapat dua jenis penulangan: penulangan **intermembran** dan penulangan **endokondral**. Penulangan intermembran terjadi langsung di dalam jaringan ikat (mesenkim), seperti pada pembentukan tulang dermal tengkorak, yaitu tulang parietal, frontal dan sebagian oksipital. Penulangan endokondral merupakan penulangan yang mengganti model rangka tulang tersebut. Misalnya penulangan yang membentuk tulang femur atau humerus.

## 2. Jaringan Otot

Jaringan otot berfungsi untuk gerakan. Terdapat tiga jenis otot berdasarkan sifat morfologi dan fungsinya, yaitu **otot polos**, tersebar luas pada sistem kardiovaskuler, pencernaan makanan, urogenital dan pernapasan. Berkontraksi lambat dan tidak dibawah kemauan, sebagian besar berada dibawah pengawasan sistem syaraf autonom. Terdiri dari sel bentuk kumparan. **Otot rangka**, dibangun oleh berkas-berkas serabut otot yang berinti banyak dan serabut otot tersebut menggambarkan garis-garis melintang. Kontraksinya cepat dan kuat serta dibawah kemauan (*voluntary*). **Otot jantung**, seperti halnya otot rangka sel-selnya yang panjang seperti serabut memperlihatkan garis-garis melintang. Pada tempat pertemuan sel jantung dijumpai keping interkalar, suatu struktur yang khas bagi otot jantung. Kontraksinya kuat, berirama dan tidak dibawah kemauan (*involuntary*). Semua sel yang dapat berkontraksi mengandung protein aktin dan miosin.

**Otot rangka:** serabut otot rangka dibangun sebagai hasil fusi *mioblas* membentuk *syncytium*. Intinya banyak dan letaknya dibagian tepi serabut otot. Serabut otot terdiri dari miofibril-miofibril. Miofibril dibangun dengan susunan yang teratur. Serabut otot diselaputi oleh jaringan ikat kendur yang terdiri dari *fibroblast* dan serabut kolagen, disebut *endomysium*.

Kontraksi otot kerangka dikendalikan oleh sistem syaraf. Kontraksi gerak hanya terdapat pada hewan. Sistem gerak terdiri dari otot, tulang dan sendi. Otot mampu berkontraksi (mengkerut) dan berelaksasi (mengendur). Karena itu otot disebut alat gerak aktif. Tulang merupakan alat gerak pasif. Jika otot berkontraksi, tulang akan bergerak melalui persendian yang dimiliki.

Tulang-tulang pada manusia merupakan rangka dalam. Berdasar letaknya, rangka dapat dibedakan menjadi 3 bagian utama yaitu tulang tengkorak, tulang badan dan tulang anggota badan. Berdasar zat penyusunnya, tulang dibedakan menjadi tulang keras dan tulang rawan.

Berdasarkan bentuknya, tulang dibedakan menjadi tulang pipa, tulang pipih dan tulang pendek. Tulang pipih dan tulang pendek berisi sumsum merah yang berfungsi untuk membuat sel darah merah dan sel darah putih.

Hubungan antara dua tulang dikenal sebagai sendi. Berdasarkan gerakannya, sendi dibedakan menjadi sendi mati, sendi kaku dan sendi gerak. Sendi mati adalah hubungan dua tulang yang tidak memungkinkan terjadinya gerakan tulang. Sendi kaku adalah hubungan antara dua tulang yang memungkinkan sedikit gerakan. Dan sendi gerak adalah hubungan dua tulang yang memungkinkan terjadinya gerakan. Sendi gerak meliputi sendi engsel, sendi peluru, sendi putar dan sendi pelana.

Rangka binatang dapat dibedakan atas rangka dalam dan rangka luar. Rangka dalam berada di dalam tubuh, sedang rangka luar berada di permukaan tubuh, yakni pada kulitnya yang mengeras. Rangka dalam dimiliki oleh hewan-hewan yang rendah tingkatannya seperti arthropoda, echinodermata. Hewan vertebrata ada yang memiliki rangka luar misalnya ikan, reptil. Rangka luar hanya berfungsi sebagai pelindung, sedangkan rangka dalam berfungsi sebagai pelindung, tempat melekatnya otot dan menegakkan tubuh.

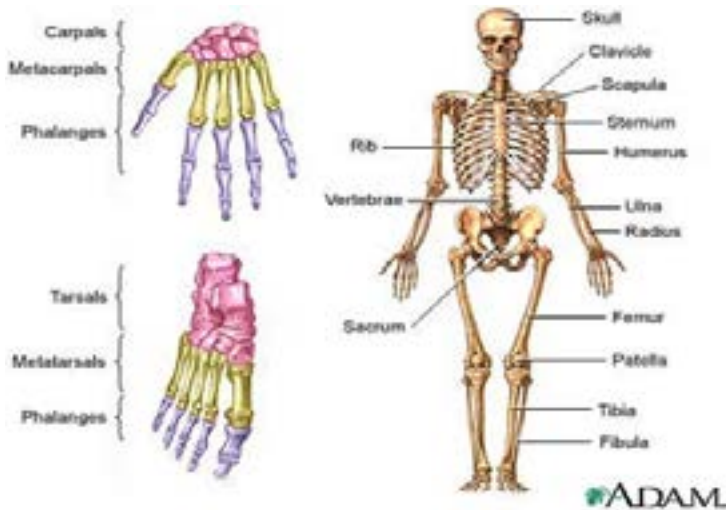
Rangka tubuh manusia tersusun atas berbagai bentuk tulang yang saling berhubungan. Secara garis besar, tulang-tulang itu dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu tulang tengkorak, tulang badan dan tulang anggota. Tulang-tulang tengkorak sebagian besar tersusun atas tulang-tulang yang pipih. Tulang-tulang tersebut bersambungan sedemikian rupa sehingga membentuk rongga. Dalam rongga itulah tersimpan otak. Tulang tengkorak dapat dibedakan menjadi dua bagian: tulang-tulang bagian kepala dan tulang-tulang bagian muka. Tulang-tulang bagian kepala meliputi tulang dahi, tulang ubun-ubun, tulang kepala belakang, tulang baji, tulang tapis dan tulang pelipis. Sedangkan tulang bagian muka terdiri dari tulang rahang atas, rahang bawah, tulang pipi, tulang langit-langit, tulang hidung, tulang air mata dan tulang lidah.

## **1. Macam-macam Tulang**

Berdasar bentuknya, tulang dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu tulang pipa, tulang pipih dan tulang pendek. Berdasarkan zat penyusunnya, tulang dibedakan menjadi tulang keras dan tulang rawan.

### **a. Tulang Pipa**

Disebut tulang pipa karena bentuknya seperti pipa, yaitu bulat, memanjang, bagian tengahnya berlubang. Contohnya tulang lengan, tulang paha, ruas-ruas tulang jari. Di dalamnya berisi sumsum kuning.



Gambar 10.5. Rangka Manusia  
 ([http://www.google.co.id/search?hl=id&gs\\_nf=1&cp=8&gs\\_id=1b&xhr=t&q=rangka+manusia](http://www.google.co.id/search?hl=id&gs_nf=1&cp=8&gs_id=1b&xhr=t&q=rangka+manusia)) (08-03-2012)

### b. Tulang Pipih

Bentuknya memipih, di dalamnya berisi sumsum merah. Sumsum merah berfungsi sebagai tempat pembuatan sel-sel darah merah dan sel darah putih. Contohnya: tulang rusuk, tulang dada, tulang belikat, tulang panggul dan tulang dahi.

### c. Tulang Pendek

Karena bulat dan pendek, sering disebut sebagai ruas tulang. Di dalamnya berisi sumsum merah. Sumsum merah berfungsi sebagai tempat pembuatan sel darah merah dan sel darah putih.

### d. Tulang Keras

Tulang keras tersusun atas sel-sel yang ruang antar selnya terisi zat kapur dan sedikit zat perekat yaitu zat kolagen. Zat kapur itu dalam bentuk *kalsium karbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ) dan *kalsium fosfat* ( $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ ). Pada masa kanak-kanak, zat perekatnya lebih tinggi daripada masa dewasa. Pada orang dewasa, kadar zat kapurnya tinggi, sehingga tulang semakin keras. Karena itu pada anak-anak lebih cepat sembuh jika terjadi patah tulang dari pada orang dewasa.

### e. Tulang Rawan

Ruang antar sel tulang rawan terisi banyak perekat dan sedikit mengandung zat kapur. Karena itu tulang rawan bersifat lentur. Pada masa pertumbuhan, terutama masa bayi, tulang-tulangannya masih berupa tulang rawan. Beberapa bagian misalnya di tulang ubun-ubun,

masih belum menutup. Semakin lama, ruang antar selnya terisi zat kapur, sehingga semakin bertambah keras. Pada bagian tertentu, tulang itu tetap sebagai tulang rawan, misalnya pada daun telinga, cuping hidung, sendi, antarruas tulang belakang, dsb.

#### **4. Sendi**

Hubungan antara tulang yang satu dengan yang lain disebut sendi. Berdasar sifat gerakannya, sendi dapat dibedakan atas sendi mati, sendi kaku, dan sendi gerak.

Sendi mati adalah hubungan antara tulang yang satu dengan yang lain yang tidak dapat digerakkan. Misalnya hubungan antara tulang-tulang penyusun tengkorak. Sendi kaku adalah karena hubungan antara tulang yang satu dengan yang lain yang hanya dapat digerakkan secara terbatas. Misalnya, hubungan antara tulang-tulang penyusun pergelangan tangan dan pergelangan kaki. Sendi gerak adalah hubungan antara tulang yang satu dengan yang lain yang memungkinkan terjadinya gerakan tulang tersebut secara lebih bebas. Menurut arah gerakannya, sendi gerak dibedakan menjadi sendi engsel, sendi putar, sendi peluru dan sendi pelana.

##### **a. Sendi Engsel**

Disebut sendi engsel karena arah gerakannya dua arah, seperti engsel pintu. Misalnya hubungan antar ruas tulang jari tangan dan jari-jari kaki.

##### **b. Sendi Putar**

Disebut sendi putar karena dari hubungan dua tulang tersebut, tulang yang satu dapat berputar mengitari tulang yang lain. Misal tulang hubungan antara atlas dan tulang pemutar sehingga kepala kita dapat bergerak berputar.

##### **c. Sendi Peluru**

Disebut sendi peluru karena dari hubungan dua tulang tersebut dapat terjadi gerakan tulang ke segala arah. Hal ini disebabkan bagian bonggol sendi yang bentuknya seperti bola/peluru masuk ke dalam cawan sendi dari tulang yang lain. Misal hubungan antara tulang gelang bahu dengan tulang lengan atas, hubungan antara gelang panggul dengan tulang paha.

##### **d. Sendi Pelana**

Disebut sendi pelana karena dari hubungan dua tulang tersebut, tulang yang satu dapat bergerak ke dua arah seperti orang yang naik kuda di atas pelana. Contohnya hubungan antara ruas jari tangan dengan telapak tangan.

## 5. Fungsi Rangka Manusia

Rangka tubuh manusia mempunyai beberapa fungsi yaitu: 1) Untuk menegakkan badan, misalnya tulang-tulang punggung; 2) Untuk memberi bentuk badan, misalnya tulang-tulang tengkorak memberi bentuk wajah; 3) Untuk melindungi bagian-bagian tubuh yang penting misalnya tengkorak melindungi otak, dan mata, tulang-tulang rusuk melindungi jantung; 4) Sebagai tempat melekatnya otot-otot; 5) sebagai tempat pembuatan sel darah merah dan sel darah putih; 6) Sebagai alat gerak pasif.

## 6. Kelainan Bentuk Rangka Tubuh Manusia

Seringkali kita temui adanya kelainan-kelainan bentuk rangka tubuh. Kelainan itu disebabkan oleh beberapa faktor misalnya kelainan karena dibawa sejak lahir, karena makanan, posisi yang salah, atau karena penyakit.

Kelainan sejak lahir, artinya, kelainan yang dibawa sejak dalam kandungan. Ketika dilahirkan, orang tersebut telah mengalami kelainan tulang. Penyebabnya mungkin karena si ibu terjatuh, atau makanannya kurang vitamin D dan zat kapur, atau karena faktor keturunan (genetik). Bentuk kelainan itu misalnya ketika dilahirkan anak tersebut kakinya berbentuk X atau O, atau sejajar.

Kekurangan vitamin D, kekurangan zat kapur, kekurangan zat fosfor dalam makanannya dapat menyebabkan gangguan proses penulangan. Jika proses penulangan terganggu maka bentuk tulang akan mengalami gangguan juga. Pada orang tua, terutama wanita, akan menderita bongkok atau keropos tulang karena kekurangan zat kapur. Susus merupakan makanan yang banyak mengandung zat kapur yang dibutuhkan tulang.

Posisi duduk yang salah dapat mempengaruhi pertumbuhan tulang seseorang. Misalnya posisi duduk yang selalu membengkok ke kiri/kanan/ depan/belakang menyebabkan tulang punggungnya membengkok mengikuti arah duduknya. Duduk yang benar adalah yang tegak dan tidak membengkok ke suatu arah.

Beberapa penyakit dapat mempengaruhi pertumbuhan tulang, misalnya: (a) penyakit polio pada anak-anak. Polio disebabkan oleh virus. Karena polio, pertumbuhan tulang dan jaringan terganggu. (b) penyakit sifilis. Anak-anak dalam kandungan dapat menderita sifilis karena tertular oleh orang tuanya. Akibatnya, tulang seperti tidak bertenaga, yang dikenal sebagai layuh semu. c) kurang minyak. Pada persendian terdapat minyak yang berfungsi melumasi sendi sehingga tulang-tulang dapat bergerak leluasa. Karena produksi minyak menurun, maka gerakan tulang dapat menimbulkan bunyi. Jika berlangsung terus, tulang menjadi aus karena gesekan.

Kelainan tulang dapat disebabkan oleh kecelakaan. Misalnya, tulang menjadi patah, ujung tulang yang lepas dari sendi, retak tulang dan remuk tulang.



### 10.3 Sistem Pernapasan

Pernapasan mempunyai dua arti, yaitu 1) proses pertukaran gas dan 2) proses menghasilkan energi yang dilakukan oleh sel. Proses menghasilkan energi di dalam sel dapat dibedakan menjadi pernapasan aerobik yang menggunakan oksigen langsung dan pernapasan anaerobik yang tidak memerlukan oksigen bebas. Umumnya, sel hewan dan manusia melakukan pernapasan aerobik. Pada saat tertentu dimana kekurangan oksigen, berlangsung pernapasan anaerobik. Misalnya jika otot bekerja keras, lari, sehingga oksigen tidak cukup.

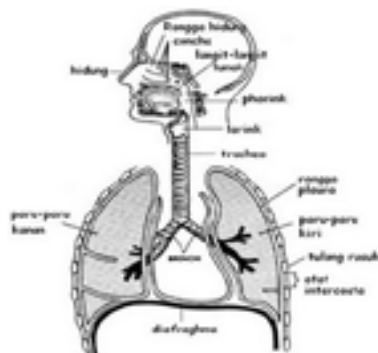
Proses pertukaran gas sebenarnya adalah proses menangkap oksigen dan melepaskan karbondioksida ke udara luar. Untuk melakukan proses pertukaran gas itu diperlukan organ pernapasan yaitu paru-paru atau insang atau gelembung udara, atau kulit. Proses pernapasan aerobik atau anaerobik dilakukan di dalam sel. Dalam proses reaksi kimia itu diperlukan enzim-enzim pernapasan, untuk memecah gula menjadi energi.

#### Sistem Pernapasan pada Manusia dan Hewan

Untuk memperoleh oksigen dari lingkungan, manusia dan vertebrata pada umumnya mempunyai alat-alat pernapasan yang membantu keluar masuknya gas dari dan ke dalam tubuh. Alat-alat pernapasan pada berbagai hewan berbeda-beda tergantung pada tempat hidupnya. Hewan darat mempunyai paru-paru atau pundi-pundi udara. Katak mempunyai kulit yang berungsi untuk pertukaran gas. Ikan mempunyai insang. Hewan-hewan avertebrata memiliki organ yang berbeda pula.

### 10.3 Sistem Pernapasan Manusia

Setiap saat kita bernapas, memasukkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida. Udara masuk ke dalam paru-paru setelah melalui alat pernapasan yang terdiri atas rongga hidung,



**Gambar 10.6** Sistem pernapasan

(<http://www.google.co.id/search?hl=id&q=sistem%20pernapasan%20manusia>)  
(08-03-2012)

pangkal tenggorok (*laring*), batang tenggorok (*trakea*), cabang tenggorok (*bronkus*) dan paru-paru (*pulmo*). Organ utama dari sistem pernapasan kita adalah paru-paru.

### 1. Hidung

Hidung merupakan tempat pertama yang dilalui udara dari luar. Di dalam rongga hidung terdapat rambut-rambut dan selaput lendir, yang berguna untuk menyaring udara, mengatur suhu udara yang masuk ke paru-paru, dan mengatur kelembaban udara. Bernapas sebaiknya selalu melalui hidung dan tidak melalui mulut. Mengapa demikian?

### 2. Pangkal Tenggorok (Laring)

Setelah melewati hidung, udara masuk ke *faring*. *Faring* adalah hulu kerongkongan, atau tekak. Selanjutnya udara menuju ke tenggorokan. Antara rongga hidung dan tenggorokan ada bagian yang harus terkoordinasi dengan baik saat udara lewat yaitu faring tersebut. *Faring* merupakan persimpangan antara rongga mulut ke kerongkongan dengan rongga hidung ke tenggorokan. Ada suatu katup penutup rongga hidung yang disebut *anak tekak*, yang menutup apabila kalian sedang menelan makanan. Jika kurang hati-hati, ketika kita menelan katup belum menutup. Akibatnya makanan masuk ke tenggorokan. Kita akan tersedak.

Pangkal tenggorokan disebut *laring*. *Laring* terdiri atas kepingan tulang rawan yang membentuk jakun. Jakun terusun atas tulang lidah, katup tulang rawan, perisai tulang rawan, piala tulang rawan, dan gelang tulang rawan. Pangkal tenggorokan dapat ditutup oleh katup pangkal tenggorokan (*epiglottis*). Jika udara menuju ke tenggorokan, anak tekak melipat ke bawah bertemu dengan katup pangkal tenggorokan untuk membuka jalan ke tenggorokan. Pada waktu menelan makanan, katup tersebut menutupi pangkal tenggorokan dan waktu bernapas katup akan membuka. Pada pangkal tenggorokan terdapat selaput suara yang akan bergetar bila ada udara dari paru-paru, misalnya pada waktu kita berbicara.

### 3. Batang Tenggorok (Trakea)

Batang tenggorok terletak di daerah leher, di muka kerongkongan. Batang tenggorok merupakan pipa yang terdiri dari gelang-gelang tulang rawan dengan panjang sekitar 10cm. Dinding dalamnya dilapisi selaput lendir, yang sel-selnya berambut getar. Rambut-rambut getar berfungsi untuk menolak debu atau benda-benda asing keluar. Kita akan batuk atau bersin.

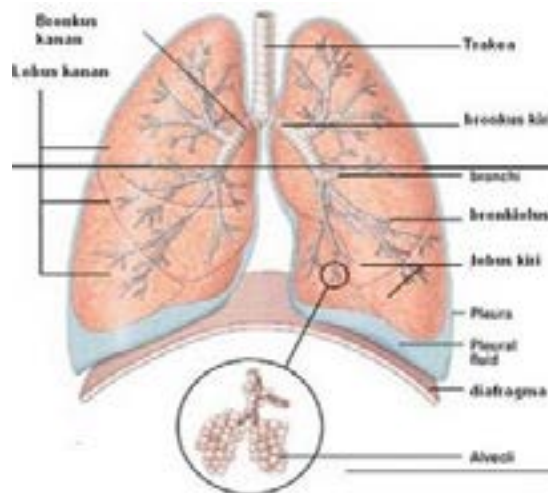
### 4. Cabang Batang Tenggorok (Bronkus)

Batang tenggorok bercabang menjadi dua *bronkus*, yaitu bronkus sebelah kiri dan sebelah kanan. Kedua cabang batang tenggorok menuju ke paru-paru. Di dalam paru-paru, bronkus membentuk cabang-cabang

lagi disebut *bronkiolus*. *Bronkus* sebelah kanan bercabang menjadi tiga *bronkiolus*, sedangkan bronkus sebelah kiri bercabang dua. *Bronkiolus* bercabang-cabang lagi membentuk pembuluh-pembuluh yang halus. Cabang-cabang yang terhalus masuk ke dalam gelembung paru-paru atau *alveolus*. Jumlah *alveolus* ada jutaan, luas permukaan seluruhnya diperkirakan  $80\text{m}^2$ . Dinding *alveoli* mengandung kapiler darah. Di situlah oksigen berdifusi ke dalam darah.

### 1. Paru-paru

Paru-paru terletak di rongga dada tepat di atas sekat *diafragma*. Diafragma adalah sekat rongga badan, yang membatasi rongga dada dan rongga perut. Paru-paru terdiri dua bagian. Paru-paru kanan memiliki tiga lobus sehingga berukuran lebih besar daripada paru-paru kiri yang memiliki dua lobus. Paru-paru dibungkus oleh dua lapis selaput paru-paru atau *pleura*.



**Gambar 10.7** Anatomi Paru-Paru ([http://www.google.co.id/#hl=id&gs\\_lf=1&cp=11&q=2c&xhr=t&q=anatomi+paru-paru](http://www.google.co.id/#hl=id&gs_lf=1&cp=11&q=2c&xhr=t&q=anatomi+paru-paru)) (08-03-2012)

Bagian dalam paru-paru terdapat gelembung halus yang merupakan perluasan permukaan paru-paru yang disebut alveolus, dan jumlahnya lebih kurang 300 juta buah. Dengan adanya alveolus, luas permukaan seluruh alveolus diperkirakan 100 kali lebih luas dari pada luas permukaan tubuh.

Dinding *alveolus* mengandung kapiler darah yaitu tempat oksigen berdifusi ke dalam darah dan karbondioksida dilepaskan dari darah. Oksigen yang terdapat di dalam *alveolus* berdifusi menembus dinding *alveolus*, lalu menembus dinding kapiler darah yang mengelilingi *alveolus*. Setelah itu masuk ke dalam pembuluh darah dan diikat oleh hemoglobin yang terdapat di dalam sel darah, sehingga terbentuk *oksihemoglobin*. Akhirnya oksigen diedarkan oleh darah ke seluruh tubuh.

Setelah sampai ke dalam sel-sel tubuh, oksigen dilepaskan sehingga oksihemoglobin kembali menjadi hemoglobin. Oksigen digunakan untuk oksidasi. Karbondioksida yang dihasilkan dari pernapasan sel diangkut oleh darah melalui pembuluh darah menuju ke paru-paru. Sesampai di alveolus, karbondioksida menembus dinding pembuluh darah dan dinding alveolus. Dari alveolus, karbondioksida akan dikeluarkan melalui saluran pernapasan saat kita mengeluarkan napas. Karbondioksida akan keluar melalui hidung. Jadi, proses pertukaran gas sebenarnya berlangsung di *alveolus*.

Volume paru-paru kurang lebih 5 liter. Udara yang dipernapaskan oleh tubuh dapat bermacam-macam tergantung besar kecilnya paru-paru, kekuatan bernapas, dan cara bernapas. Pada pernapasan biasa orang dewasa, udara yang keluar dan masuk sebanyak 0,5 liter. Udara sebanyak ini disebut udara pernapasan atau *udara tidal*. Setelah kalian menarik napas biasa, kalian masih bisa menarik napas sedalam-dalamnya. Udara yang dapat masuk ke dalam paru-paru setelah kalian menarik napas biasa itu disebut *udara komplementer*, pada orang dewasa volumenya 1,5 liter. Setelah kalian mengeluarkan napas biasa, ternyata kalian masih dapat mengeluarkan udara dari dalam paru-paru dengan menghembuskan napas sekuat-kuatnya. Udara yang dapat dikeluarkan kuat-kuat tersebut disebut udara *suplementer*. Volume udara suplementer pada orang dewasa adalah 2 liter. Apabila kalian menarik napas sedalam-dalamnya dan menghembuskan sekuat-kuatnya, volume yang masuk dan keluar sebanyak lebih kurang 3,8--4 liter. Volume udara ini disebut *kapasitas vital paru-paru*. Jumlah volume udara dalam paru-paru sebanyak lebih kurang 5 liter, 1,2 liter tetap tinggal di dalam paru-paru. Volume udara ini disebut *udara residu*. Mengetahui kapasitas vital paru-paru seorang atlet sangat penting untuk mengetahui ketahanan tubuh sang atlet. Mengapa? Jelaskan.

### **Proses Pernapasan**

Rongga dada tempat paru-paru dibatasi oleh tulang rusuk dan tulang dada. Bagian rongga dada ditutup oleh diafragma. Proses bernapas terdiri dari dua kegiatan, yaitu menghirup udara pernapasan atau menarik napas dan menghembuskan udara pernapasan atau mengeluarkan napas. Menghirup udara disebut *inspirasi* dan menghembuskan udara disebut *ekspirasi*.

Pernapasan dibedakan antara pernapasan dada (pernapasan tulang rusuk) dan pernapasan perut (pernapasan diafragma). Pernapasan dada terjadi bila otot-otot antar rusuk berkontraksi, sehingga tulang rusuk terdorong ke muka. Akibatnya volume rongga dada membesar, tekanan menurun, dan udara masuk. Ketika tulang-tulang rusuk turun kembali, rongga dada menyempit, tekanan naik, dan udara keluar.

Pernapasan perut menggunakan diafragma. Jika otot diafragma berkontraksi, diafragma yang semula cembung menjadi agak rata, sehingga paru-paru dapat mengembang ke arah perut, perut

mengembang, rongga dada membesar, tekanan menurun, dan udara masuk. Ketika diafragma kembali ke keadaan semula, rongga dada menyempit, tekanan naik, dan udara keluar. Pernapasan perut terjadi terutama pada saat tidur.

Pada waktu bernapas, udara yang masuk paru-paru berbeda susunannya dengan udara yang keluar dari paru-paru. Perbedaannya dapat kalian lihat pada Tabel 10.1

Tabel 10.1 Komposisi udara keluar masuk paru-paru

Gas	Udara luar sebelum masuk paru-paru (%)	Udara yang keluar dari paru-paru (%)
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	79,07	79,8
Oksigen (O <sub>2</sub> )	20,9	14,6
Karbondioksida (CO <sub>2</sub> )	0,03	5,6

Proses pernapasan aerob disebut pula oksidasi biologi. Oksidasi biologi sebenarnya adalah proses pemecahan zat gula agar diperoleh energi, dengan mereaksikannya dengan oksigen. Selain gula, zat makanan yang dapat dioksidasikan adalah lemak, dan protein. Tentu saja setelah melalui proses reaksi kimia yang berbeda-beda. Bahan makanan tersebut merupakan sumber makanan kaya energi. Zat tersebut berasal dari hasil fotosintesis tumbuhan. Proses oksidasi secara sederhana dapat diikhtisarkan sebagai berikut.



## 10.4 Sistem Pengeluaran

Meskipun fungsi ginjal berbeda dari gonad, namun saluran-salurnya sangat berkerabat baik dalam perkembangan maupun fungsinya, terutama pada yang jantan. Hasil-hasil pembakaran dan sisa-sisa metabolisme tubuh perlu dibuang keluar tubuh. Sisa-sisa itu berupa karbondioksida, urea, air, kelebihan vitamin, dan zat-zat lainnya. Jika tidak dibuang akan dapat meracuni tubuh. Untuk mengeluarkan sisa-sisa itu diperlukan sistem pengeluaran. Sistem pengeluaran itu mirip dengan dinas kebersihan kota, yang harus mengumpulkan dan membuang sampah jauh dari pemukiman.

Alat pengeluaran pada berbagai makhluk hidup berbeda-beda, semakin tinggi tingkatan makhluk hidup semakin kompleks alat pengeluarannya. Alat pengeluaran pada manusia dan hewan vertebrata terdiri atas ginjal, kulit, paru-paru, dan hati. Adapun alat

pengeluaran pada hewan yang lebih rendah tingkatannya dapat berupa buluh *malpighi*, *nefridia*, sel api, dan rongga berdenyut. Berikut ini akan kalian pelajari tentang sistem pengeluaran pada manusia, hewan vertebrata dan hewan invertebrata.

## Sistem Pengeluaran pada Manusia dan Hewan

Sistem pengeluaran pada manusia dan hewan vertebrata merupakan sistem pengeluaran yang kompleks jika dibandingkan dengan sistem pengeluaran pada hewan avertebrata. Terdapat adanya kesamaan antara sistem pengeluaran pada manusia dan hewan vertebrata.

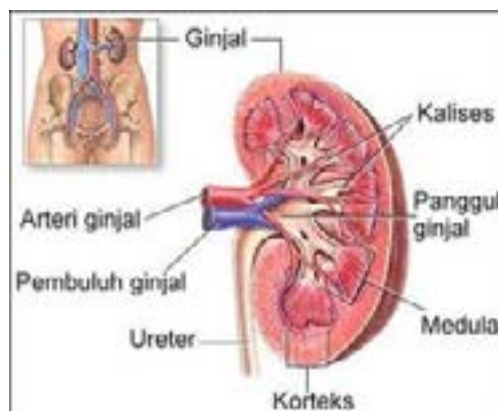
## Sistem Pengeluaran Pada Manusia

Sistem pengeluaran pada manusia terdiri dari ginjal, kulit, hati, dan paru-paru. Setiap alat pengeluaran berfungsi mengeluarkan sisa-sisa yang berbeda. Kerusakan alat-alat pengeluaran itu dapat menyebabkan terjadinya keracunan pada tubuh.

### 1. Ginjal

Ginjal atau buah pinggang bentuknya seperti kacang merah, berwarna merah keunguan. Letaknya di daerah pinggang, di kiri kanan tulang belakang, jumlahnya sepasang. Pada orang dewasa setiap ginjal beratnya lebih kurang 200 gram. Susunan ginjal terdiri dari: kulit ginjal di bagian luar, sumsum ginjal di bagian tengah dan rongga ginjal di bagian dalam. Rongga ginjal disebut pula piala ginjal.

Pada bagian kulit ginjal atau korteks terdapat ratusan ribu nefron. Nefron adalah alat penyaring darah. Setiap nefron tersusun dari badan malpighi dan saluran berbelit. Badan malpighi tersusun dari simpai bowmann dan glomerulus.



Gambar 10.8 Struktur Ginjal (ren)

([http://www.google.co.id/#hl=id&gs\\_nf=1&cp=9&gs\\_id=1m&xhr=t&q=anatomi+ginjal](http://www.google.co.id/#hl=id&gs_nf=1&cp=9&gs_id=1m&xhr=t&q=anatomi+ginjal)) (08-03-2012)

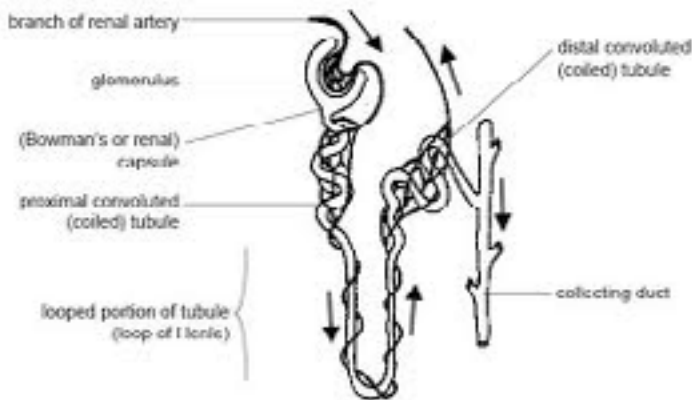
## Fungsi Ginjal

Fungsi utama dari ginjal adalah menjernihkan atau membersihkan plasma darah dari produk akhir metabolisme ketika zat-zat ini berjalan melalui alas kapiler ginjal. Ginjal juga membuat seimbang komposisi cairan-cairan tubuh dengan mempertahankan secara selektif atau mensekresikan banyak zat penyusun plasma.

Serat-serat ginjal menyaring antara 10% sampai 30% dari plasma, ketika darah mengalir melalui alas kapiler ginjal yang sangat berbelit-belit (*glomeruli*) dan ultrafiltrat ini (plasma yang telah dibersihkan dari protein-protein besar dan zat-zat partikel) masuk ke dalam *tubula* dari *nefron*, satuan fungsional dari ginjal. Ketika cairan saringan itu mengalir melalui *tubula*, maka hasil ikutan metabolisme yang tidak dikehendaki, seperti urea dan *kreatinin*, tetap tertahan dalam *tubula* sedangkan zat-zat yang masih diperlukan, seperti air, elektrolit, glukosa dan asam amino secara selektif dikembalikan pada darah (proses reabsorpsi). Ketika urine (air seni) terbentuk, dinding-dinding *tubula* juga mensekresi beberapa zat ke dalam lumen. Urine yang lengkap terbentuk oleh proses filtrasi dan sekresi dan penyesuaian-penyesuaian dilakukan dalam komposisi urine sepanjang jalan *tubula* oleh proses resorpsi. Ginjal mengandung di dalamnya alat-alat penginderaan (*juxtaglomerular apparatus*) untuk membandingkan susunan elektrolit cairan tubuh dengan kandungan urine dan penyesuaian-penyesuaian terakhir dapat dilakukan untuk memungkinkan penahanan atau ekskresi elektrolit-elektrolit, seperti *natrium*, kalium dan ion-ion klorida atau hidrogen. Oleh karena itu, ginjal merupakan suatu organ penting dalam pengaturan asam-basa dan keseimbangan cairan.

Darah yang akan disaring dialirkan ke dalam ginjal melalui arteri ginjal (*arteria renalis*). Setelah disaring, darah keluar dari ginjal melalui vena ginjal (*vena renalis*). Hasil saringan berupa urine yang mengalir melalui saluran-saluran berbelit menuju ke bagian rongga ginjal. Dari sini urine dialirkan ke kantung kemih melalui ureter.

Pada bagian kulit ginjal (*korteks*) terdapat alat penyaringan darah yang disebut nefron. Nefron terdiri dari pembuluh darah, badan *malpighi* dan saluran pengumpul. Di dalam badan *malpighi* terdapat pembuluh kapiler darah yang tersusun melingkar-lingkar yang disebut *glomerulus*. *Glomerulus* dikelilingi oleh semacam mangkok yang berbentuk seperti gelembung dan berdinding tebal yang disebut *simpai bowman* (*kapsul bowmann*). *Bowman* adalah nama orang yang menemukannya. Jadi, di dalam *simpai bowman* terdapat *glomerulus*. Seluruhnya, yakni *glomerulus* dan *simpai bowman* disebut *badan malpighi*. Jumlah badan *malpighi* setiap ginjal diperkirakan mencapai 1 juta sampai 1,5 juta. Coba perhatikan: di kulit, ginjal, alat pengeluaran serangga, ada istilah *malpighi*. Bandingkan!



**Gambar 10.9** Struktur Nefron

([http://www.google.co.id/#hl=id&gs\\_nf=1&cp=9&gs\\_id=1m&xhr=t&q=anatomi+ginjal](http://www.google.co.id/#hl=id&gs_nf=1&cp=9&gs_id=1m&xhr=t&q=anatomi+ginjal)) (08-03-2012)

Proses berlangsungnya penyaringan darah: darah masuk melalui pembuluh darah menuju *badan malpighi*. Di dalam simpai bowmann pembuluh darah melingkar-lingkar yang disebut *glomerulus*. Di sinilah berlangsung penyaringan darah. Zat-zat sisa berupa urine ditampung di *simpai Bowman*. Selanjutnya, urine dialirkan ke pembuluh halus. Tiap *simpai Bowman* bersambung dengan pembuluh halus yang berkelok-kelok, dilanjutkan oleh pembuluh halus yang lurus dan menembus ke arah sumsum ginjal atau bagian tengah. Dari sumsum ginjal, pembuluh halus berkelok naik lagi, kembali masuk ke dalam kulit ginjal. Dari kulit ginjal pembuluh halus berkelok lagi, dan akhirnya masuk ke saluran pengumpul yang berada pada sumsum ginjal.

Dengan demikian maka hasil penyaringan (filtrat) benar-benar merupakan zat yang tidak berguna, yakni urine. Urine dari saluran pengumpul masuk ke dalam rongga ginjal atau piala ginjal. Selanjutnya dari rongga ginjal urine dialirkan melalui saluran ginjal (*ureter*) menuju ke kantung kencing atau kantung kemih. Jika kantung kencing telah penuh urine, maka dinding kantung kemih akan tertekan. Karena itu dinding otot pada pangkal kantung kemih meregang, sehingga timbul rasa ingin buang air kecil. Selanjutnya urine akan ke luar melalui saluran kencing (*uretra*).

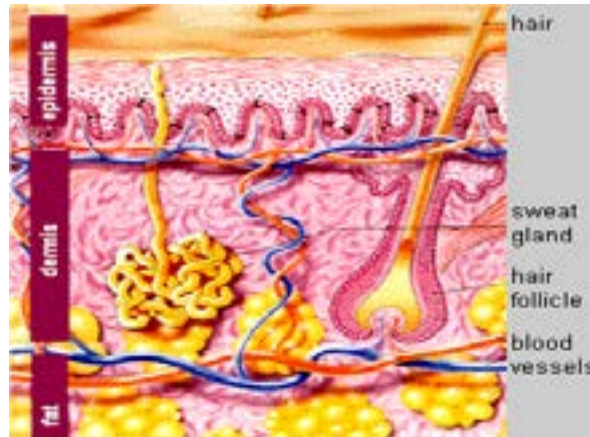
Dalam sehari semalam banyaknya darah yang disaring ginjal kira-kira mencapai 1500 liter. Adapun jumlah urine yang dihasilkan kira-kira 1 sampai 1,5 liter. Untuk membantu penyaringan, kita harus cukup minum air. Dalam sehari, kita diharapkan meminum paling sedikit 4 gelas air. Jika kita kekurangan air, sedangkan zat-zat sisa yang dihasilkan banyak, maka beberapa zat sisa dapat mengendap di ginjal atau kantung kemih. Terjadilah batu ginjal. Meskipun pembentukan batu ginjal karena metabolisme tubuh, namun jika kekurangan air, maka proses terbentuknya batu ginjal akan terjadi. Dalam keadaan normal



urine mengandung: a) air, urea, dan amoniak yang merupakan sisa-sisa pembongkaran protein, b) garam-garam mineral terutama garam dapur, c) zat warna empedu yang memberi warna kuning pada urine, d) zat-zat yang berlebihan dalam darah, seperti vitamin B, C, obat-obatan dan hormon.

## 2. Kulit

Kulit merupakan lapisan tipis yang menutupi seluruh permukaan tubuh. Selain berfungsi menutupi seluruh permukaan tubuh kulit juga berfungsi sebagai alat pengeluaran. Kulit terdiri dari tiga lapisan, yaitu 1) lapisan kulit ari (epidermis), 2) lapisan kulit jangat (dermis), dan 3) lapisan jaringan ikat bawah kulit. Kulit ari (*epidermis*) terdiri dari dua bagian, yaitu lapisan tanduk dan lapisan malpighi. Lapisan tanduk sewaktu-waktu dapat mengelupas.



Gambar 10.10 Struktur Kulit  
([http://www.google.co.id/search?hl=id&gs\\_rf=1&cp=12&gs\\_id=25&xhr=t&q=anatomi+kulit](http://www.google.co.id/search?hl=id&gs_rf=1&cp=12&gs_id=25&xhr=t&q=anatomi+kulit)) (08-03-2012)

Lapisan ini tersusun atas sel-sel yang mati. Lapisan malpighi merupakan lapisan yang hidup yang terletak di bawah lapisan tanduk. Lapisan malpighi mengandung pigmen yang berfungsi memberi warna pada kulit. Pigmen itu ada yang hitam, coklat, kuning dan putih. Lapisan malpighi juga berfungsi melindungi tubuh dari sengatan matahari.

Kulit jangat (dermis) merupakan lapisan kulit yang terletak di bawah lapisan kulit ari. Kulit jangat terdiri dari beberapa struktur yaitu: kelenjar keringat, kelenjar minyak, pembuluh darah, dan ujung-ujung syaraf. Ujung syaraf terdiri dari ujung syaraf peraba untuk mengenali rabaan, ujung syaraf perasa untuk mengenali tekanan, dan ujung syaraf suhu untuk mengenali temperatur. Dapatkah kalian menjelaskan fungsi kelenjar keringat, kelenjar minyak, dan pembuluh darah?

Di dekat akar rambut terdapat otot polos yang berfungsi

menegakkan rambut pada saat kedinginan atau merasa takut. Pada jaringan ikat bawah kulit terdapat cadangan lemak. Ini berfungsi sebagai cadangan makanan dan menjaga suhu tubuh agar tetap hangat.

Selain berfungsi sebagai alat pengeluaran, kulit juga berfungsi (1) sebagai pelindung tubuh dari kerusakan akibat benturan (kerusakan mekanis) maupun kerusakan yang disebabkan oleh zat kimia. (2) sebagai tempat indera, karena pada kulit terdapat ujung-ujung saraf indera yang dapat merasakan halus, kasar, panas, dingin, dan nyeri. (3) untuk menyimpan kelebihan lemak. (4) tempat pembuatan vitamin D dari provitamin D dengan bantuan sinar ultraviolet. (5) sebagai pengatur suhu tubuh.

Mengapa pada waktu udara terasa dingin kita sering buang air kecil dan sedikit mengeluarkan keringat, sedangkan pada waktu udara terasa panas kita sedikit buang air kecil dan banyak mengeluarkan keringat? Mengapa pada waktu dingin tubuh kita menggigil? Diskusikan dengan teman Saudara.

### 3. Paru-Paru

Bentuk dan mekanisme kerja paru-paru telah kalian pelajari pada sistem pernapasan. Kini kita pelajari bahwa paru-paru berfungsi sebagai sistem pengeluaran. Zat apakah yang dikeluarkan oleh paru-paru? Paru-paru mengeluarkan gas karbondioksida.

### 4. Hati

Hati terletak dalam rongga perut sebelah kanan, tepatnya di bawah diafragma. Pada orang dewasa berat hati mencapai 2 kilogram. Hati merupakan kelenjar terbesar dalam tubuh manusia. Sel darah merah yang rusak atau tua oleh hati dirombak menjadi empedu. Zat sisa tidak langsung dikeluarkan oleh hati, tetapi dikeluarkan melalui alat pengeluaran lainnya, misalnya urea dan zat warna empedu yang dihasilkan dalam hati dikeluarkan melalui ginjal. Hati merupakan kelenjar terbesar dalam tubuh manusia. Selain sebagai alat pengeluaran, hati juga mempunyai fungsi lain yang sangat penting bagi tubuh, yaitu (a) sebagai tempat untuk menyimpan gula dalam bentuk glikogen. (b) menawarkan racun yang masuk ke dalam tubuh. (c) mengatur kadar gula dalam darah. (d) sebagai tempat membuat fibrinogen dan protrombin, dan (e) sebagai tempat mengubah provitamin A menjadi vitamin A.

Makanan dari usus kita masuk terlebih dahulu ke hati melalui vena porta. Zat-zat racun, bibit penyakit, disaring terlebih dahulu di hati sebelum disebarkan ke seluruh tubuh. Mengingat fungsinya yang penting itu, hati merupakan organ utama yang bertanggung jawab terhadap keamanan zat yang beredar ke seluruh tubuh. Karena itu, hati dan ginjal merupakan organ yang mengalami kerusakan jika di dalam makanan terkandung zat-zat beracun dan sisa-sisa yang tak berguna. Misalnya, apabila terlalu banyak alkohol, selsel hati akan mengalami kerusakan yang dikenal sebagai *serosis hepatitis*.

## 10.5 Sistem Saraf

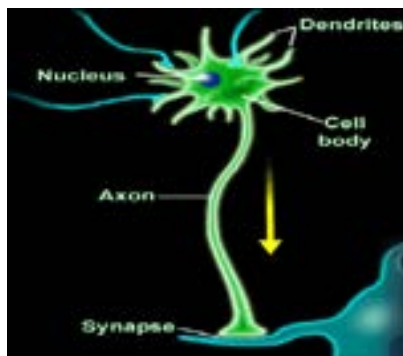
Antara sel, jaringan, organ dan sistem organ penyusun tubuh terdapat saling hubungan dan kerjasama agar dapat berfungsi untuk menjalankan kegiatan tubuh organisme. Keresasian kerja itu diatur dan dikendalikan oleh sistem koordinasi yaitu sistem saraf dan hormon. Sistem saraf hanya dimiliki oleh hewan, sedangkan sistem hormon dimiliki baik oleh hewan maupun tumbuhan.

Kerja sistem saraf dan hormon berdasar pada adanya rangsangan. Penerima rangsangan disebut sebagai indera atau reseptor. Rangsangan yang diterima indera diteruskan ke pusat sistem saraf yaitu otak dan sumsum tulang belakang. Di pusat sistem saraf rangsangan diolah, kemudian diteruskan ke otot atau kelenjar untuk ditanggapi. Sebagai contoh bentuk tanggapan itu adalah melakukan gerakan (oleh otot) atau mengeluarkan hormon (oleh kelenjar hormon).

Terdapat perbedaan kerja antara sistem saraf dengan sistem hormon. Sistem saraf bekerjanya lebih cepat namun pengaruhnya hanya sebentar. Sistem hormon bekerjanya lambat namun dampaknya lebih lama.

Sistem saraf bekerja dengan menghantarkan rangsangan yang diterima indera (reseptor) dalam bentuk impuls saraf. Impuls saraf pada dasarnya adalah aliran listrik. Sistem saraf pada berbagai makhluk hidup berbeda, sesuai dengan tingkatannya. Semakin tinggi tingkatannya, semakin kompleks sistem sarafnya. Protozoa tidak memiliki sistem saraf khusus, namun sel tubuhnya mampu menang

Sistem saraf pada manusia sangat kompleks. Disebut sebagai suatu sistem, karena saraf kita terdiri dari berbagai kesatuan atau unit yang saling berinteraksi. Misalnya otak dan sumsum tulang belakang yang berperanan sebagai pusat sistem saraf, indra sebagai reseptor atau penerima rangsang, saraf sensori, motor, dan konektor sebagai penghubung. Semua unit-unit tadi disusun oleh satuan terkecil yang disebut sel saraf (*neuron*).



Gambar 10.11 Struktur Neuron (<http://www.botany.uwc.ac.za>)

Sel saraf atau *neuron* terdiri dari badan sel, inti sel, dan sitoplasma. Dari badan sel muncul tonjolan-tonjolan protoplasma yang disebut *dendrit* dan neurit. *Dendrit* adalah tali saraf yang berfungsi menghantarkan rangsangan (impuls saraf) dari luar menuju ke badan sel. Neurit atau *akson* adalah tali saraf yang berfungsi menghantarkan impuls saraf dari badan sel menuju ke luar atau ke sel saraf lainnya. Di dalam tali saraf (neurit) terdapat serabut saraf atau neuro fibril yang dibungkus oleh selaput mielin. Persambungan antara ujung neurit dengan *dendrit* yang lain membentuk bongkol yang disebut *sinapsis*. *Sinapsis* berfungsi untuk meneruskan dan menguatkan impuls saraf.

### **Sistem Saraf pada Manusia**

Jadi sebenarnya di seluruh tubuh kita terdapat suatu jaringan komunikasi yang amat rumit, yang menghubungkan jaringan yang satu dengan jaringan yang lain. Jaringan komunikasi itu mirip jaringan telepon. Di jaringan telepon terdapat pusat pengendali. Demikian pula sistem komunikasi kita memiliki pusat pengendali yaitu otak dan sumsum tulang belakang. Otak seolah-olah berfungsi sebagai sentral otomatis pada sistem telekomunikasi telepon. Sementara fungsi kabel telepon diperankan oleh urat saraf atau tali saraf. Urat saraf merupakan gabungan dari sel-sel saraf. Pesan komunikasi yang diterima reseptor (penerima rangsang) diubah dan dikirim dalam bentuk impuls-impuls saraf.

Alat tubuh yang berfungsi sebagai reseptor rangsangan adalah indera. Indera sebenarnya bagian tubuh yang memiliki ujung-ujung saraf sensori yang peka terhadap rangsang tertentu.

Rangsang adalah segala bentuk perubahan faktor lingkungan yang dapat diterima oleh reseptor. Menurut asalnya, rangsang di bedakan menjadi dua macam yaitu rangsang dari luar tubuh misalnya suara, cahaya, bau, panas, tekanan, dan rangsang dari dalam tubuh sendiri, misalnya, rasa lapar, haus, dan nyeri. Menurut jenisnya, rangsangan dibedakan menjadi: rangsangan mekanik, kimiawi, dan fisis. Rangsangan mekanik misalnya sentuhan, tekanan. Rangsang kimiawi misalnya rasa manis, pahit, asam, bau. Rangsangan fisis misalnya suhu, listrik, gravitasi, cahaya, dan suara.

### **Sel Saraf (Neuron)**

Sel saraf atau *neuron* adalah sel yang mempunyai kepekaan terhadap rangsang dan mampu menghantarkannya. Bentuk dan ukuran sel saraf itu bermacam-macam. Hal ini tergantung pada letak dan fungsinya di dalam tubuh. Untuk mengenal bentuk dan bagian-bagian sel saraf secara umum.

Sel saraf memiliki badan sel lengkap dengan intinya. Dari badan sel terdapat tonjolan-tonjolan protoplasma yang muncul yang disebut *dendrit*. *Dendrit* berfungsi untuk menerima dan menghantarkan implus saraf dari luar ke badan sel saraf. Terdapat pula tonjolan yang memanjang

yang disebut neurit atau tali saraf. Neurit berfungsi untuk menghantarkan rangsangan dari badan sel saraf ke sel saraf lainnya. Neurit disebut pula sebagai *akson*. Di dalam tali saraf (neurit) terdapat benang-benang halus yang disebut *neurofibril* atau serabut saraf. *Neurofibril* dibungkus oleh selaput mielin. Neurit diibaratkan sebagai kabel listrik, kawat halus di dalamnya sebagai *neurofibril* dan pembungkusnya sebagai selaput mielin. Selaput mielin tidak membungkus sampai ujung-ujung saraf. Ujung neurit akan bersambung dengan ujung *dendrit*. Sambungan antara *akson* dan *dendrit* disebut *sinapsis*.

### Macam-macam Sel Saraf

Berdasarkan pada fungsinya, terdapat tiga macam sel saraf, yaitu sel saraf indera (sensori), penggerak (motor) dan penghubung (konektor).

1. **Sel saraf sensori** merupakan sel saraf yang berfungsi untuk menghantarkan impuls saraf dari alat indera menuju ke otak atau ke sumsum tulang belakang. Oleh karena itu sel saraf sensori disebut juga sel saraf indera. *Dendritnya* berhubungan dengan idera untuk menerima rangsang, sedangkan *neuritnya* berhubungan dengan sel saraf lain.
2. **Sel saraf motorik** merupakan sel saraf yang berfungsi untuk menyampaikan perintah dari otak (sumsum tulang belakang) menuju ke otot (kelenjar tubuh). Sel saraf ini disebut juga sebagai sel saraf penggerak. *Dendritnya* berhubungan dengan *neurit* lain sedangkan *neuritnya* berhubungan dengan *efektor*. Efektor adalah otot atau kelenjar tubuh.
3. **Sel saraf konektor** merupakan sel saraf yang berfungsi untuk meneruskan rangsangan dari *neuron* sensori ke *neuron* motor. Sel saraf ini disebut pula sebagai sel saraf perantara atau penghubung. Ujung *dendrit* sel saraf yang satu berhubungan dengan ujung *neurit* sel saraf yang lain, demikian seterusnya membentuk serabut saraf yang dapat diibaratkan sebagai kabel telepon.

Pada pertemuan ujung *neurit* dengan *dendrit* sel saraf berikutnya terdapat celah yang sempit, yang dikenal sebagai *sinapsis*. Pada tempat tertentu, badan sel saraf terkumpul membentuk simpul saraf yang disebut sebagai *ganglion*. Disebut bentuk simpul karena menyerupai simpul dari tali.

### Sistem Saraf Pusat

Sistem saraf pusat terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang. Otak dilindungi oleh tengkorak dan sumsum tulang belakang dilindungi oleh ruas-ruas tulang belakang. Sistem saraf pusat tersebut dilindungi oleh selaput meninges. Infeksi pada meninges menimbulkan penyakit meningitis. Meninges terdiri dari tiga lapis yaitu:

- a. **Pia mater**. Merupakan selaput paling dalam yang menyelubungi permukaan permukaan otak dan sumsum tulang belakang. Lapisan

ini banyak mengandung pembuluh darah, sehingga berperan dalam memberi oksigen dan zat makanan serta mengeluarkan sisa metabolisme.

- b. **Araknoid.** Berupa selaput jaring yang lembut, memisahkan piameter dari durameter.
- c. **Durameter.** Lapisan terluar yang padat dan keras serta bersatu dengan tengkorak.

## 1. Otak

Otak merupakan pusat saraf yang paling utama, terletak di dalam rongga tengkorak. Volume otak orang dewasa sekitar 1.500 Cm<sup>3</sup>. Pada waktu embrio, otak manusia dapat dibedakan menjadi 3 bagian yaitu otak depan, otak tengah dan otak belakang. Otak depan berkembang, menggelembung membentuk otak besar (cerebrum, baca: serebrum). Otak tengah ukurannya kecil, merupakan penghubung antara otak depan dengan otak belakang. Sedangkan otak belakang terdiri dari otak kecil (cerebellum, baca: serebelum) dan sumsum lanjutan. Dengan demikian pada orang dewasa, yang nampak dari luar hanyalah otak besar, otak kecil dan sumsum lanjutan.

## 2. Sumsum Tulang Belakang (Sumsum Spinal)

Sumsum tulang belakang terletak di dalam rongga ruas-ruas tulang belakang, memanjang dimulai dari ruas tulang leher sampai dengan tulang pinggang yang kedua. Susunan sumsum tulang belakang sama seperti susunan sumsum lanjutan, yakni tersusun atas dua lapisan. Lapisan luar berwarna putih berisi *dendrit* dan neurit, sedangkan lapisan dalamnya berwarna abu-abu yang banyak mengandung sel saraf.

Di bagian dalam sumsum tulang belakang terdapat bagian yang berbentuk mirip sayap kupu, mengarah ke depan dan ke belakang. Bagian sayap depan disebut akar ventral, dan bagian sayap belakang disebut akar dorsal. Akar ventral banyak mengandung sel saraf motor dan akar dorsal banyak mengandung sel saraf sensori. Antara sel saraf sensori dan sel saraf motor dihubungkan oleh sel saraf konektor. Fungsi Sumsum Tulang Belakang yaitu sebagai pusat gerak reflex, penghantar impuls sensori dari kulit/otot ke otak dan membawa impuls motor dari otak ke otot tubuh.

## Sistem Saraf Tepi

Sistem saraf penghubung antara sistem saraf pusat (yaitu otak dan sumsum tulang belakang) dengan organ-organ tubuh adalah sistem saraf tepi. Sistem saraf tepi berupa urat saraf dan ganglion.

Sistem saraf tepi dibedakan menjadi sistem saraf sadar dan sistem saraf tak sadar.

### 1. Sistem Saraf Sadar

Sistem saraf sadar menghantarkan impuls atas perintah

kesadaran dan kemauan kita. Misalnya kita menggerakkan tangan karena ada perintah dari otak yang dihantarkan oleh sistem saraf sadar. Sistem saraf sadar terdiri atas sistem saraf kepala (kranial) dan sistem saraf tulang belakang (spinal).

- a. **Sistem saraf kranial** terdiri atas 12 pasang urat saraf otak yang merupakan urat saraf yang keluar dari otak dan menuju ke alat-alat tubuh atau otot tertentu. Misalnya menuju ke indera pendengar, indera penglihatan, indera pembau, pengecap dan kulit.
- b. **Sistem saraf spinal** terdiri atas 31 pasang urat saraf sumsum tulang belakang yang keluar secara berpasangan dari sela-sela ruas tulang belakang. Urat saraf sumsum tulang belakang merupakan gabungan urat saraf sensori dan urat saraf motor yang menjadi satu berkas urat saraf. Tiap urat saraf menghubungkan sumsum tulang belakang dengan alat tubuh misalnya tangan, kaki.

## 2. Saraf Tak Sadar (Otonom)

Di samping sistem saraf sadar, kita memiliki sistem saraf tak sadar atau otonom, yang bekerja secara otomatis, tidak di bawah kehendak saraf pusat. Letaknya khusus di sumsum tulang belakang. Sistem saraf otonom terdiri atas sistem saraf simpatik dan sistem saraf parasimpatik.

### a. Sistem Saraf Simpatik

Sistem saraf simpatik terdiri atas 25 pasang simpul saraf atau ganglion. Ganglion terletak di sepanjang tulang belakang sebelah depan, mulai dari ruas tulang leher sampai dengan tulang ekor. Ganglion-ganglion itu bersambungan membentuk dua deretan yaitu deretan kiri dan deretan kanan. Ingatkah kalian tentang sistem saraf tangga tali pada serangga? Apa bedanya dengan sistem saraf simpatik ini? Tiap-tiap ganglion mempunyai urat saraf yang keluar menuju ke paru-paru, ginjal, jantung, pembuluh darah dan alat-alat pencernaan. Fungsi sistem saraf parasimpatik adalah meningkatkan kontraksi, sekresi pada semua sistem dalam tubuh kecuali sistem pencernaan.

### b. Sistem Saraf Para Simpatik

Sistem saraf para simpatik berupa jaringan sistem saraf yang berhubungan dengan ganglion-ganglion yang tersebar di seluruh tubuh. Urat saraf para simpatik menuju ke organ-organ tubuh yang dikuasai oleh sistem saraf simpatik. Fungsi susunan saraf para simpatik merupakan kebalikan dari fungsi saraf simpatik.

## Mekanisme Jalannya Impuls Saraf

Mekanisme jalannya rangsangan sampai terjadi tanggapan sebenarnya rumit. Rangsangan itu diubah dalam bentuk aliran listrik yang disebut sebagai impuls saraf. Selanjutnya impuls saraf dialirkan sepanjang urat saraf. Pada gerak biasa atau gerak sadar, prosesnya adalah sebagai berikut. Misalkan ada bangkai yang mengeluarkan bau

busuk. Bau itu ditangkap oleh hidung. Rangsang bau ini diubah dalam bentuk impuls saraf yang dialirkan melalui urat saraf sensori dari reseptor menuju ke otak. Otak akan mengolah dan menentukan jawabannya. Misalnya otak memerintahkan tangan menutup hidung. Pesan dari otak dialirkan melalui urat saraf motor menuju ke otot tangan, dan akhirnya jari-jari tangan menutup hidung.

### **Fungsi Saraf**

sebagai sistem koordinasi atau pengendali seluruh aktivitas tubuh manusia, mekanisme kerjanya melakukan tugas utama, yaitu menerima rangsangan, meneruskan impuls saraf ke sistem saraf pusat, sistem saraf pusat mengolah rangsangan dan mengambil keputusan dan meneruskan rangsangan dari sistem saraf pusat ke efektor (otot, kelenjar).

## **10.6 Sistem Indera**

Sistem yang berfungsi mengenali lingkungannya adalah sistem indera. Hewan dan manusia mempunyai sistem indera yang terdiri dari penglihatan, penciuman, pengecap, pendengar dan peraba. Pada beberapa hewan, terdapat sistem indera yang dapat mengenali rangsangan yang tidak dapat diterima manusia, misalnya kelelawar mempunyai indera *supersonik*. *Supersonik* adalah suara getaran tinggi. Ada sejenis ular yang dapat mengenali panas tubuh mangsanya, dan anjing dapat mencium bau yang tidak dapat dikenali manusia.

Sistem indera bekerja jika ada rangsangan. Rangsangan itu berupa rangsangan fisis, mekanis, kimia, dan biologis. Contoh rangsangan fisis adalah getaran, cahaya. Contoh rangsangan mekanis adalah sentuhan, pukulan. Contoh rangsangan kimia adalah rasa manis, asam, bau. Contoh rangsangan biologis adalah tingkah laku hewan yang dapat menimbulkan perhatian hewan lainnya.

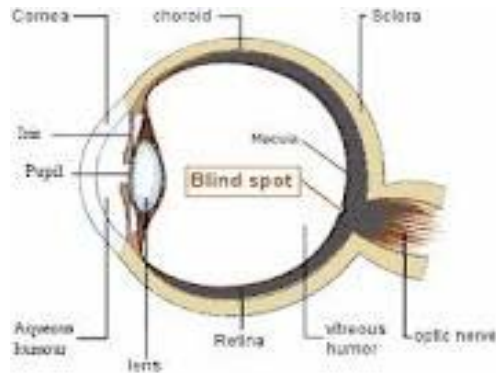
### **Indera pada Manusia**

Tubuh kita dilengkapi dengan organ-organ penerima rangsangan dari luar berupa sistem indera. Indera manusia berupa indera penglihatan yaitu mata, indera pendengaran yaitu telinga, indera peraba yaitu kulit, indera pembau yaitu hidung dan indera pengecap atau perasa yaitu lidah. Berikut ini akan kalian pelajari sistem indera manusia satu demi satu.

#### **1. Mata**

Mata kita berjumlah sepasang, kiri dan kanan, terletak di dalam rongga mata yang dilindungi oleh tulang tengkorak. Agar dapat berfungsi secara sempurna, mata dibantu oleh sejumlah alat tambahan, yaitu alat pelindung di sekitar mata dan seperangkat otot penggerak bola mata.





**Gambar 10.12** Struktur Mata

(<http://www.google.co.id/search?hl=id&q=anatomi+mata>) (08-03-2012)

Otot-otot penggerak bola mata itu dapat menggerakkan bola mata kita ke segala arah. Apabila salah satu otot tidak berfungsi, mata kita menjadi juling. Di sebelah dalam kelopak mata terdapat kelenjar air mata, yang menghasilkan air mata. Air mata berfungsi membunuh kuman yang masuk ke dalam mata, serta membasahi bola mata.

Bagian-bagian mata terdiri dari iris, pupil, cornea, aqueous humour, lensa, choroid, retina, vitreous humor dan saraf mata (seperti terlihat pada gambar 10.12). Dinding bola mata berfungsi sebagai pelindung bola mata. Dinding bola mata atau selaput bola mata terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan luar, lapisan tengah dan lapisan dalam. Pada bagian depan, lapisan luar bersifat tembus cahaya (transparan). Lapisan ini disebut *kornea* atau selaput bening. Fungsinya agar sinar dapat menembus ke dalam bola mata. Selaput bening ini hanya ada di depan, bulat. Di bagian belakang, selaput bening berubah menjadi lapisan yang berwarna putih yang membentuk bola mata yang disebut *sklera*. Di sebelah dalam dari selaput luar terdapat selaput tengah. Warnanya hitam karena banyak mengandung pembuluh darah. Karena itu disebut pula sebagai selaput hitam atau koroid. Di bagian depan, yakni di belakang kornea yang bening, selaput hitam berubah menjadi selaput pelangi atau iris. Disebut selaput pelangi karena berwarna warni. Selaput pelangi ini berwarna warni. Selaput pelangi orang Indonesia umumnya berwarna hitam atau kecoklatan. Di tengah selaput pelangi terdapat lubang yang disebut orang-orangan mata atau *pupil*. Coba perhatikan orang-orangan mata teman kalian. Apa yang terjadi? *Pupil* mata dapat membesar atau mengecil guna mengatur banyaknya cahaya yang masuk ke mata. Lapisan paling dalam disebut *selaput jala* atau *retina mata*. Selaput jala mengandung sel-sel yang peka terhadap cahaya dan mengandung saraf penglihatan. Fungsinya menangkap bayangan.

*Retina mata* tersusun atas sel batang dan sel kerucut. Sel batang terletak di bagian tepi mata dan dapat bekerja dengan baik pada cahaya redup. Sel ini tidak dapat membedakan warna. Jumlahnya sekitar 120

juta sel. Sel kerucut umumnya terletak di bagian tengah belakang mata. Sel-sel ini berfungsi untuk membedakan warna benda. Jumlahnya sekitar 7 juta sel. Jika cahaya redup, sel kerucut tidak berfungsi sehingga kita tidak dapat membedakan warna.

Pada *retina mata* terdapat bintik kuning, yaitu bagian yang peka terhadap cahaya. Bintik kuning terletak tepat di belakang garis mata yaitu di tengah belakang. Bintik kuning mengandung banyak sel-sel kerucut. Selain bintik kuning, pada retina juga terdapat bintik buta, yang tepat berada di tempat membeloknya saraf penglihatan. Bintik ini tidak memiliki sel-sel reseptor, jadi tidak dapat mengenali cahaya. Jika bayangan benda jatuh pada bintik buta maka benda tidak dapat terlihat.

Lensa Mata, tepat di belakang selaput pelangi, yakni di belakang pupil mata, terdapat lensa mata. Bentuknya *bikoveks* (cembung muka belakang), seperti lensa pada kamera. Cara kerjanya mirip kamera. Kerja kamera meniru kerja mata.

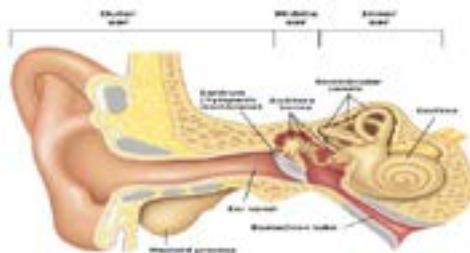
Agar benda yang diamati dapat tampak jelas, maka bayangan benda tersebut harus jatuh tepat pada bintik kuning. Untuk itu cahaya yang masuk diatur oleh lensa mata dengan cara memipih atau mencembung. Proses memipih dan mencembungnya lensa mata disebut *akomodasi*. Memipih dan mencembungnya lensa mata diatur oleh otot pengikat lensa mata (otot *siliaris*). Agar mata dapat melihat benda yang letaknya jauh, lensa mata memipih, sehingga bayangan tepat jatuh di bintik kuning. Untuk melihat benda yang dekat, lensa mata mencembung.

## 2. Telinga

Telinga adalah alat indera pendengaran yang peka terhadap rangsang getaran bunyi. Jika seseorang sejak lahir indera pendengarannya tidak berfungsi maka orang tersebut selain tuli juga bisu. Hal ini disebabkan karena tidak pernah mendengar suara orang bercakap-cakap, sehingga tidak dapat mengenal ucapan seseorang.

### Bagian-bagian Telinga

Telinga terdiri atas tiga bagian yaitu telinga bagian luar, telinga bagian tengah, dan telinga bagian dalam. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 10.12.



Gambar 10.13 Struktur Telinga

(<http://www.google.co.id/search?q=anatomi+telinga&oe=utf-8&rls=org.mozilla/08-03-2012>)

Getaran ditangkap oleh daun telinga, masuk melalui liang telinga dan menyebabkan gendang pendengar atau *selaput timpani* bergetar. Di liang telinga terdapat bulu-bulu dan kelenjar yang mengeluarkan getah, seperti jeli, berwarna kecoklatan, berasa pahit. Fungsinya untuk melindungi liang telinga dari gangguan binatang kecil.

Getaran pada membran timpani dilanjutkan ke telinga tengah. Telinga bagian tengah mengandung tulang-tulang pendengaran, yaitu: tukul (*martil*), landasan dan sanggurdi. Ketiga tulang itu sambung menyambung, berada di dalam rongga telinga tengah. Getaran dirambatkan oleh ketiga tulang tersebut.

Getaran dilanjutkan ke telinga bagian dalam yang merupakan bagian penerima getaran. Bagian ini tersusun atas tingkap (jendela) jorong, tingkap bundar, tiga saluran setengah lingkaran dan rumah siput (*kohlea*). *Kohlea* yang artinya rumah siput itu berupa kantong, berisi cairan limfe. Di dalamnya terdapat ujung-ujung saraf pendengaran yang menuju ke otak. Pada pangkal *kohlea* terdapat dua macam jendela (tingkap), yaitu tingkap jorong dan tingkap bundar. Tingkap jorong menerima getaran dari telinga tengah untuk diteruskan ke rumah siput. Tingkap bundar meneruskan getaran itu ke luar.

Antara telinga tengah dengan rongga mulut dihubungkan oleh suatu saluran yaitu saluran *Eustachius*. Saluran *Eustachius* berfungsi untuk menjaga keseimbangan antara tekanan udara di dalam dan di luar rongga telinga. Dengan demikian gendang pendengaran tidak mudah rusak. Apabila tekanan udara luar dan tengah tidak seimbang akan terdengar suara mendengung. Suara demikian dapat dihilangkan dengan menganga atau menelan ludah beberapa kali.

## Proses Pendengaran

Bunyi yang dapat kita dengar ialah bunyi yang mempunyai frekuensi gelombang 20 Hz sampai 20.000 Hz. Hz - singkatan dari hertz; 1 Hz = 1 getaran per detik. Mekanisme yang terjadi sehingga bunyi dapat kita dengar adalah sebagai berikut:

Suara keras dapat memecahkan gendang pendengar. Kebisingan, yakni suara keras yang terus menerus diterima, dapat menyebabkan orang menjadi sulit tidur, jantung berdebar-debar, pusing, cepat marah. Kebisingan merupakan pencemaran suara yang banyak terjadi di dekat pabrik, lapangan terbang, dekat jalan tol yang ramai. Kebisingan merupakan pencemaran hasil kemajuan umat manusia. Untuk menghindarinya ruangan harus diberi penyekat kedap suara, di pekarangan ditanami pepohonan yang mampu meredam bunyi. Mesin-mesin hendaknya diganti dengan mesin yang tidak menimbulkan kebisingan.

## Keseimbangan

Indera keseimbangan terletak di telinga tengah, yaitu di tiga buah saluran setengah lingkaran. Ketiga tulang ini berisi cairan limfa (*endolimph*), saling tegak lurus. Tiap-tiap pangkal saluran setengah lingkaran menggelembung, yang disebut *ampula*. Di dalam *ampula* terdapat

ujung saraf (reseptor) dan berisi cairan. Di dalam cairan itu terdapat butir-butir kapur. Ke arah manapun kepala bergerak, menyebabkan cairan di salah satu setengah lingkaran bergerak, sehingga cairan di dalam ampula ini ikut bergerak pula. Gerakan cairan ini menyebabkan butir-butir kapur bergerak. Adanya butiran kapur ini menyebabkan kita mengetahui posisi tubuh kita, sedang menghadap ke arah mana, ke atas, ke bawah, dsb. Getaran tersebut ditangkap oleh reseptor, kemudian diteruskan oleh ujung saraf yang terdapat di dalam ampula ke otak. Selanjutnya otak akan mengendalikan otot untuk menjaga keseimbangan tubuh. Dengan alat keseimbangan kita dapat mengetahui kedudukan tubuh kita. Sebagai contoh, meskipun mata kita dalam keadaan terpejam, kita dapat mengetahui posisi tubuh kita miring, terlentang, kepala di bawah dan sebagainya. Akan tetapi posisi tubuh juga datang dari mata dan otot kita. Mata dan otot menyampaikan pesan ke otak bagaimana posisi tubuh dan anggota badan kita. Ketiga informasi itu oleh otak diolah menjadi satu, menyebabkan kita mengetahui posisi kita.

Ketika badan kita berputar, cairan di dalam ampula ikut berputar. Pada saat kita berhenti berputar, cairan di dalam ampula masih berputar, menyebabkan butiran kapur ikut berputar. Putaran itu diteruskan oleh ujung saraf ke otak. Kita merasakan kepala kita berputar, padahal kita telah berhenti berputar.

### 3. Kulit

Selain berfungsi sebagai alat pelindung dan pengatur suhu tubuh, kulit juga berfungsi sebagai indera peraba, oleh karena itu kulit peka terhadap rangsangan rabaan, sentuhan, tekanan dan suhu. Pada kulit terdapat beberapa ujung saraf sensorik yang disebut reseptor raba. Reseptor raba berfungsi sebagai penerima rangsangan dari luar. Terdapat beberapa reseptor pada kulit kita, yaitu reseptor tekanan dan sentuhan, rabaan, dingin, dan panas.

Tidak semua permukaan kulit pada tubuh memiliki kepekaan yang sama. Ada tempat-tempat tertentu yang peka terhadap rabaan, tempat-tempat yang lain lebih peka terhadap suhu. Daerah yang peka terhadap rabaan misalnya di kuduk, sisi perut, bawah ketiak. Daerah yang peka terhadap suhu adalah punggung tangan.

### 4. Hidung

Indera pencium manusia terletak pada selaput lendir yang terdapat pada rongga hidung bagian atas. Pada selaput lendir terdapat sel serabut saraf pencium atau pembau yang berhubungan dengan otak. Serabut saraf ini peka terhadap rangsangan kimia berupa gas. Kita mengenalinya sebagai bau.

Rangsangan berupa bau masuk hidung bersama-sama dengan udara yang kita hisap. Gas atau uap yang kita hirup bersama udara pernapasan akan mengenai selaput lendir, sehingga menimbulkan

rangsangan. Rangsangan ini diteruskan oleh serabut saraf pembau ke otak untuk diolah. Karena itu kita dapat mengetahui bau tersebut. Dengan adanya indera pencium kita dapat menghindarkan diri dari zat yang berbau tidak sedap atau zat berbahaya.

Jika kita menderita influenza, saraf penciuman tidak peka terhadap rangsangan bau. Hal ini disebabkan ujung saraf penciuman tertutup oleh lendir atau ingus yang menghalangi kontak antara bau dengan ujung-ujung saraf. Selera makan kita terganggu jika terserang influenza?

## 5. Lidah

Lidah manusia mengandung bermacam-macam reseptor, yaitu reseptor sakit, reseptor sentuhan dan reseptor rasa. Reseptor yang spesifik pada lidah adalah reseptor rasa atau yang disebut sebagai kuncup pengecap yang peka terhadap rangsang rasa. Kuncup pengecap berfungsi untuk mengetahui rasa suatu zat yang terlarut.

Kuncup pengecap merupakan kumpulan ujung-ujung saraf pada lidah yang berkelompok. Tiap-tiap kelompok kuncup pengecap mempunyai kepekaan terhadap rangsang rasa tertentu. Tidak semua permukaan lidah peka terhadap semua rasa. Benarkah lidah memiliki peta rasa? Untuk mengetahui daerah kepekaan lidah terhadap rasa asin, manis, pahit, dan asam.

## Indera pada Ikan

Mata ikan tidak berkelopak, sehingga tidak mampu berkedip. Mata diselubungi oleh selaput tipis yakni epidermis, yang bening. Di belakang kornea terdapat lensa yang dapat melakukan akomodasi. Ikan tidak memiliki sel saraf berbentuk kerucut. Jadi hanya memiliki sel-sel saraf berbentuk batang. Pasti kalian masih ingat apa fungsi sel-sel saraf itu? Karena tidak memiliki sel saraf kerucut, ikan hanya dapat membedakan warna. Dengan sel-sel batang, ikan mampu melihat dengan jelas jika keadaan redup.

Ikan memiliki indera pencium yang berkembang baik. Beberapa jenis ikan memiliki antena. Misalnya ikan lele. Telinganya tidak berkembang. Keistimewaan ikan adalah mempunyai gurat sisi sebagai indera keenam, yang terletak di sisi kiri dan kanan tubuhnya. Gurat sisi berbentuk guratan dari depan ke belakang tubuhnya, biasanya warnanya berbeda dari warna sisik lainnya. Gurat sisi berfungsi untuk mengetahui arah arus air dan tekanan air.

## Indera pada Amfibi

Katak memiliki telinga, tetapi tidak berdaun telinga. Di kiri kanan kepalanya terdapat membran timpai. Katak dapat mengeluarkan suara untuk memanggil pasangannya. Di musim penghujan, suara katak ramai seperti sedang berpesta menyambut musim perkawinan mereka.

Mata katak membulat, besar, mempunyai kelopak mata atas dan bawah. Selain itu, katak memiliki kelopak mata tambahan, yang dikenal sebagai selaput tidur (*membran niktitans*). Membran ini transparan, digunakan untuk menyelam di dalam air, agar mata tidak terjadi gesekan dengan air. Di darat, mata katak selalu basah karena kelenjar air mata. Lensa mata dapat berakomodasi. Dengan matanya yang tajam katak dapat mengejar serangga, kemudian menangkapnya dengan menjulurkan lidahnya. Lidahnya berlendir, menyebabkan mangsanya melekat pada lidah tadi. Mangsa yang agak besar dikunyah sebelum ditelan.

### **Indera pada Reptil**

Yang berkembang dengan baik pada reptil baik pada kadal, buaya, ular adalah alat penciumnya. Di ujung kepala bagian depan terdapat sepasang lubang hidung. Namun indera pencium ini dibantu oleh jaringan yang terdapat pada langit-langit mulutnya. Itulah sebabnya kadal atau ular selalu menjulurkan lidahnya. Bau yang ditangkap oleh lidahnya ditempelkan di langit-langit mulutnya itu. Dengan demikian binatang melata ini dapat mengenali mangsanya. Indera yang lain tidak berkembang .

Ada ular tertentu yang dapat mengenali mangsanya dengan jalan mengindera panas tubuhnya.

### **Indera pada Burung**

Berbeda dengan reptil, indera burung yang berkembang baik adalah matanya. Bola mata burung mempunyai susunan yang mirip dengan mata manusia. Burung hantu dapat mengenali tikus yang berjalan di kegelapan, dari jarak jauh. Ini berarti daya akomodasi lensa matanya juga baik. Dengan secepat kilat disambarnya tikus itu. Coba kalian terka, sel-sel saraf pada retinanya banyak mengandung sel saraf kerucut ataukah sel saraf batang? Mengapa demikian? Bagaimana halnya dengan burung yang hidup di siang hari? Sel-sel saraf yang mana yang lebih banyak?

Tepat pada bintik buta terdapat tonjolan yang disebut sebagai pektin. Fungsi pektin belum diketahui. Di duga berfungsi untuk menentukan arah terbang.

## **10.7 Sistem Transportasi**

Di dalam tubuh makhluk hidup terdapat 2 macam sistem transportasi, yaitu sistem peredaran darah dan sistem peredaran getah bening. Sistem peredaran darah terdiri dari: darah dan alat peredaran darah yang terdiri dari jantung dan pembuluh darah. Sedangkan sistem peredaran getah bening terdiri dari cairan limfa, pembuluh limfa dan simpul limfa. Kedua sistem transpor tersebut bekerja tanpa henti-hentinya siang dan malam. Meskipun kedua sistem peredaran tersebut terpisah, tetapi di suatu tempat, pembuluh getah bening akan bersatu dengan pembuluh darah yaitu pada pembuluh balik bawah selangka.

Peredaran darah makhluk hidup tidak sama. Berdasar pembuluh darahnya, peredaran darah makhluk hidup dibedakan menjadi peredaran darah terbuka dan peredaran darah tertutup. Peredaran darah terbuka adalah peredaran darah yang tersebar ke seluruh tubuh tidak melalui pembuluh darah, melainkan keluar dari pembuluh darah. Setelah mencapai sel-sel tubuh, darah masuk kembali ke dalam pembuluh darah untuk kembali ke jantung. Peredaran darah tertutup adalah perputaran darah dari jantung ke seluruh tubuh dan kembali lagi ke jantung selalu berada di dalam pembuluh darah.

Ditinjau dari jarak perputarannya, peredaran darah dibedakan menjadi peredaran darah kecil dan peredaran darah besar. Peredaran darah kecil adalah perputaran darah yang meliputi daerah yang sempit yaitu darah dari jantung ke paru-paru dan kembali lagi ke jantung. Sedang peredaran darah besar adalah perputaran darah yang meliputi daerah yang luas yaitu darah dari jantung ke seluruh tubuh dan kembali lagi ke jantung.

## **Sistem Transportasi pada Manusia**

Sistem peredaran darah pada manusia terdiri atas darah dan alat peredaran darah. Darah terdiri dari bagian yang cair dan bagian yang padat. Alat peredaran darah terdiri dari jantung dan pembuluh-pembuluh darah, yakni arteri dan vena.

### **1. Darah**

Darah kita terdapat di dalam pembuluh darah. Dalam kondisi normal volume darah setiap orang lebih kurang 8% dari berat badannya. Pada orang dewasa yang beratnya 65kg, volume darahnya lebih kurang 5 liter.

Darah kita tersusun dari beberapa komponen, yaitu (a) 55% merupakan bagian yang cair yakni plasma darah dan (b) 45% bagian yang padat atau butiran darah. Butiran darah terdiri atas 3 macam sel darah, yaitu (1) sel darah merah eritrosit; (2) Sel darah putih atau leukosit; dan (3) Sel pembeku darah atau trombosit.

### **2. Plasma Darah**

Plasma darah atau cairan darah terdiri atas: 90% air, 8% protein yang terdiri dari albumin, hormon, globulin, protrombin dan fibrinogen; 0,9% mineral yang terdiri dari NaCl, natrium bikarbonat, garam dari kalsium, fosfor, magnesium, besi; 0,1% berupa sejumlah bahan organik yaitu glukosa, lemak, urea, asam urat, asam amino, enzim, antigen.

Protein yang larut di dalam darah disebut protein darah. Protein darah yang penting antara lain *hormon, fibrinogen, albumin, globulin*. Zat ini amat penting bagi tubuh. Hormon penting untuk kerja fisiologi alat tubuh, fibrinogen penting untuk proses pembekuan darah, albumin penting untuk menjaga tekanan osmotik darah dan globulin penting untuk membentuk zat kebal. Zat kebal yaitu zat yang berfungsi untuk

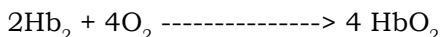
melawan benda-benda asing atau kuman yang masuk ke dalam tubuh. Bila protein darah ini diendapkan, maka akan tersisa cairan berwarna kuning jernih, yang disebut serum. Di dalam serum inilah terkandung zat kebal atau zat *antibodi*.

### 3. Sel-sel Darah

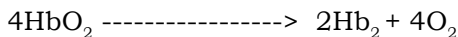
Sel-sel darah atau butiran darah terdiri atas eritrosit, leukosit, trombosit. Eritrosit atau sel darah merah berfungsi untuk mengangkut oksigen. Leukosit atau sel darah putih berfungsi untuk membunuh bibit penyakit. Trombosit atau keping darah berfungsi untuk membekukan darah.

#### a. Sel Darah Merah atau Eritrosit

Bentuk eritrosit pipih, dengan garis tengah 7,5 um, cekung di bagian tengahnya (bikonkav), tidak berinti. Setiap 1 mm<sup>3</sup> darah mengandung lebih kurang 5 juta sel darah merah. Butir darah merah mengandung hemoglobin (Hb). Hemoglobin atau zat warna darah adalah suatu senyawa protein yang mengandung unsur besi. Fungsi utama Hb adalah mengangkut oksigen dari paru-paru dan mengedarkannya keseluruh jaringan tubuh. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa di paru-paru terjadi reaksi antara oksigen dengan Hb sebagai berikut.



Oksihemoglobin (HbO<sub>2</sub>) itu beredar ke seluruh sel-sel tubuh. Setelah sampai di sel-sel tubuh, terjadi reaksi pelepasan oksigen oleh Hb sebagai berikut:



Sel darah merah dibentuk oleh sumsum merah tulang pipih. Pada saat masih dalam kandungan, eritrosit dibentuk di dalam hati dan limpa. Setelah berumur lebih kurang 120 hari sel menjadi usang dan tidak efektif lagi melaksanakan fungsinya. Oleh hati dan limpa, sel darah merah tersebut dirombak. Di dalam hati hemoglobin akan diubah menjadi zat warna empedu (*bilirubin*) yang berwarna kehijau-hijauan. Zat warna empedu berguna untuk membentuk emulsi lemak. Zat ini dikeluarkan ke saluran empedu yang bermuara di usus. Zat besi yang terdapat di hemoglobin tidak ikut dikeluarkan, melainkan digunakan lagi untuk membuat eritrosit baru.

Karena penyumbatan saluran empedu yang disebabkan oleh infeksi atau karena kerusakan sel-sel hati, empedu beredar ikut aliran darah. Inilah yang menyebabkan orang tersebut menderita penyakit kuning. Penyakit kuning dapat disebabkan oleh virus hepatitis atau oleh infeksi lainnya.



### **b. Sel Darah Putih (Leukosit)**

Sel darah putih (*leukosit*) tidak berwarna, bersifat bening, bentuknya tidak tetap seperti amoeba. Leukosit ukurannya lebih besar dari sel darah merah, tetapi jumlahnya lebih kecil. Garis tengahnya antara 9-15 um. Terdapat 5 macam sel darah putih yang bentuk, jumlah, dan fungsinya berbeda. Kelima macam sel darah putih tersebut adalah monosit, limfosit, basofil, eosinofil dan netrofil.

Dalam setiap mm<sup>3</sup> darah terdapat 8.000 buah sel darah putih. Sel ini mempunyai fungsi utama untuk melawan kuman yang masuk ke dalam tubuh dan membentuk zat antibodi. Antibodi adalah zat pelawan benda asing yang masuk tubuh. Apabila ada bibit penyakit, misal bakteri, sel darah putih akan memakannya, caranya seperti amoeba memakan makanannya. Apabila sel darah putih kalah, rusak, maka bersama-sama kuman yang mati akan dikeluarkan dalam bentuk nanah atau abses. Meskipun kita telah memiliki sel-sel darah putih mengapa kita masih dapat terserang bibit penyakit?

### **c. Keping-keping Darah atau Trombosit**

Apabila tubuh terluka, sebentar kemudian darah akan berhenti keluar. Dikatakan darah telah membeku. Di dalam darah terdapat keping-keping darah atau *trombosit*. *Trombosit* bentuknya tidak teratur, tidak berinti, dan berukuran kecil, garis tengah lebih kurang 2-4 um. Dalam tiap satu mm<sup>3</sup> darah terdapat lebih kurang 250.000 keping darah.

Trombosit berperan dalam pembekuan darah. Di dalam *trombosit* terdapat enzim yang disebut *trombokinase*. Apabila darah keluar karena terluka, maka *trombosit* akan pecah. Enzim *trombokinase* keluar dari trombosit. Karena pengaruh ion kalsium dalam darah, enzim trombokinase akan mengubah *protrombin* (calon trombin) menjadi *trombin*. *Trombin* akan mengubah protein darah fibrinogen menjadi benang-benang fibrin. Terbentuknya benang-benang fibrin menyebabkan luka tertutup dan tidak mengeluarkan darah secara terus menerus.

*Protrombin* adalah senyawa protein yang dibentuk di hati. Pembentukan senyawa ini dipengaruhi oleh vitamin K. Oleh sebab itu seseorang yang mengalami kekurangan vitamin K akan mengalami kesulitan pembekuan darah, apabila terjadi luka.

## **Golongan Darah**

Menyumbangkan darah melalui PMI merupakan pekerjaan mulia. Setetes darah sangat penting artinya bagi yang membutuhkannya. Sebaiknya secara periodik kita menyumbangkan darah kita demi kemanusiaan. Bayangkan kalau suatu saat kita sendiri yang memerlukan darah itu!

Sebelum menyumbangkan darah, darah harus diperiksa golongannya terlebih dahulu. Demikian pula seandainya kita

memerlukan darah. Transfusi darah tidak akan dapat dilaksanakan apabila golongan darah sipemberi dan sipenerima belum diketahui.

Orang yang pertama kali menggolongkan darah menurut sistem ABO (baca a, b nol) adalah Karl Landsteiner (Austria, 1868. 1947). Darah dapat digolongkan ke dalam 4 golongan besar. Golongan darah itu adalah A, B, AB dan O (nol). Untuk menentukan golongan darah dilakukan Kegiatan 4.2.

#### 4. Fungsi Darah

Seperti yang sudah diuraikan di atas, bahwa darah terdiri atas banyak komponen. Tiap komponen mempunyai fungsi tertentu. Berdasarkan hal tersebut fungsi darah adalah sebagai berikut.

- a. Sebagai Alat Pengangkut
- b. Sel-sel darah merah berfungsi sebagai pengangkut oksigen dari paru-paru ke jantung dan ke seluruh sel-sel tubuh;
- c. Plasma darah mengangkut: (a) sari makanan dari usus ke hati kemudian ke seluruh tubuh; (b) karbondioksida dari jaringan tubuh ke paru-paru; (c) urea dari hati ke ginjal untuk dikeluarkan; (d) hormon dari kelenjar hormon keseluruh tubuh;
- d. Membunuh Kuman-kuman Penyakit. Yang bertugas membunuh kuman penyakit adalah lekosit. Caranya dengan membentuk antibodi.
- e. Melakukan Pembekuan Darah. Dalam proses pembekuan darah yang berperanan penting adalah trombosit. Mengapa darah perlu dibekukan? Bagaimana jika tubuh tidak mampu membekukan darah?
- f. Menjaga Kestabilan Suhu Tubuh. Suhu tubuh manusia tetap, berkisar 37°C, walaupun suhu lingkungan meningkat atau menurun. Hal ini dimungkinkan karena penyebaran energi panas secara merata dilakukan oleh darah. Peristiwa meng-gigil pada saat kedinginan, dan berkeringat pada saat kepanasan merupakan mekanisme untuk menjaga kestabilan suhu tubuh.

#### 5. Alat Peredaran Darah

Alat peredaran darah pada manusia terdiri atas jantung dan pembuluh darah. Berikut akan dijelaskan jantung dan pembuluh darah.

##### a. Struktur dan Fungsi Jantung

Jantung berbentuk kerucut, letaknya di dalam rongga dada, agak ke sebelah kiri. Besar jantung kira-kira sebesar kepalan tangan masing-masing, dan di dalamnya berongga. Rongga jantung manusia terbagi menjadi 4 bagian, yaitu serambi kanan, serambi kiri, bilik kanan dan bilik kiri.

Dinding rongga jantung tersusun terutama atas otot jantung. Antara serambi dan bilik dibatasi oleh suatu sekat yang berkatup. Katup yang sebelah kanan disebut katup *trikuspidalis* terdiri atas 3 kelopak

atau kuspas, dan yang sebelah kiri disebut katup *bikuspidalis* terdiri atas 2 kelopak atau *kuspa*. Katub-katub tersebut berfungsi untuk menjaga agar darah dari bilik tidak mengalir kembali ke serambi.

Otot jantung berkemampuan untuk berkontraksi, sehingga jantung dapat mengembang dan mengempis. Mengembang dan mengempisnya serambi dan bilik terjadi secara bergantian. Kontraksi jantung dapat menimbulkan denyutan yang dapat dirasakan pada pembuluh nadi di beberapa tempat.

Detak jantung pada setiap orang berbeda-beda tergantung pada kondisi setiap orang. Misalnya tergantung kepada usia, berat badan, jenis kelamin, kesehatan, dan aktivitas seseorang. Pada saat duduk denyut nadi seseorang 72 per menit, tetapi pada saat berdiri denyut nadi dapat mencapai 83 per menit. Pada anak-anak, denyut nadinya lebih cepat dibandingkan orang dewasa. Orang yang terkejut denyut nadinya lebih cepat.

Selain kecepatan detak jantung, tekanan darah juga dapat diukur. Tekanan darah pada saat bilik jantung mengembang disebut tekanan *sistole*, dan tekanan darah pada saat bilik jantung mengempis disebut tekanan *diastole*. Jadi *sistole* merupakan tekanan darah karena jantung memompa darah keluar, dan *diastole* merupakan tekanan darah karena jantung “menghisap” darah.

Tekanan darah dapat diukur dengan alat pengukur tekanan darah yang disebut tensi meter (*sphigmomanometer*). Tekanan darah merupakan indikator yang baik untuk mengetahui kekuatan jantung memompa darah, serta indikator untuk mengetahui kesehatan seseorang. Tekanan darah orang dewasa normal 120/80 mmHg (milimeter air raksa). Nilai 120 menunjukkan tekanan *sistole* sedangkan 80 menunjukkan tekanan *diastole*

## **b. Pembuluh Darah**

Darah kita berada di dalam pembuluh darah. Berdasar fungsinya, pembuluh darah dibedakan atas pembuluh nadi atau *arteri* dan pembuluh balik atau *vena*. Yang menghubungkan antara arteri dan vena adalah pembuluh kapiler.

**1) Pembuluh Nadi atau Arteri** adalah pembuluh yang membawa darah ke luar dari jantung. Umumnya pembuluh nadi mengalirkan darah yang mengandung banyak oksigen. Letak pembuluh nadi agak ke dalam tersembunyi dari permukaan tubuh. Dinding pembuluh kuat dan elastis, terdiri atas tiga lapis, yaitu lapis luar tengah dan dalam. Lapis luar tipis tetapi kuat, lapis tengah tersusun atas sel-sel otot polos dan lapis dalam tersusun atas satu lapis endotelium. Jika kita meraba nadi, denyutan jantung akan terasa. Jika nadi terluka, darah akan memancar.

Pembuluh nadi yang keluar dari bilik kiri jantung disebut *aorta*, yang mengalirkan darah kaya oksigen ke seluruh tubuh. *Aorta* memiliki satu katup dekat jantung, yang berfungsi menjaga agar darah tidak

mengalir kembali ke jantung. Pembuluh nadi besar ini disebut pula pembuluh nadi utama, yang kemudian bercabang menjadi pembuluh nadi ke seluruh tubuh. Dari bilik kanan keluar pembuluh nadi yang menuju ke paru-paru yang disebut *arteria pulmonalis*. Pembuluh arteri ini bercabang dua menjadi pembuluh nadi paru-paru kiri dan pembuluh nadi paru-paru kanan. Pembuluh nadi ini membawa darah yang kaya karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Jadi semua arteri mengalirkan darah yang kaya oksigen kecuali *arteria pulmonalis*. Karbondioksida dilepaskan oleh darah di paru-paru, sedangkan oksigen ditangkap oleh Hb. Darah yang kaya oksigen dialirkan oleh vena paru-paru (*vena pulmonalis*) menuju jantung, melalui serambi kiri.

**2) Pembuluh Balik atau Vena** adalah pembuluh yang membawa darah menuju jantung. Darahnya banyak mengandung karbondioksida. Umumnya terletak dekat permukaan tubuh dan nampak kebiru-biruan. Dinding pembuluhnya tipis dan tidak elastis. Jika diraba denyut jantungnya tidak terasa. Pembuluh vena mempunyai katup sepanjang pembuluhnya. Katup ini berfungsi agar darah tetap mengalir satu arah. Dengan adanya katup tersebut aliran darah tetap mengalir menuju jantung. Jika *vena* terluka, darah tidak memancar tetapi merembes.

Dari seluruh tubuh, pembuluh darah balik bermuara menjadi satu pembuluh darah balik yang besar, disebut vena cava. Pembuluh darah ini masuk ke jantung melalui serambi kanan. Pembuluh darah balik ini mengalirkan darah banyak mengandung karbondioksida. Sebagaimana disinggung di atas, setelah terjadi pertukaran gas di paru-paru, darah mengalir ke jantung lagi melalui vena paru-paru. Pembuluh vena ini membawa darah yang kaya oksigen ( $\text{O}_2$ ). Jadi, semua pembuluh vena darahnya mengandung karbondioksida kecuali vena pulmonalis.

**3) Pembuluh Kapiler**, tersusun atas satu lapis sel *endotelium*. Dinding kapiler yang sangat tipis ini memang sesuai dengan fungsinya yaitu untuk pertukaran zat. Meskipun ukurannya paling kecil namun jumlahnya sangat besar dan diperkirakan jumlah luas permukaannya mencapai  $600 \text{ m}^2$ . Ukuran yang kecil menyebabkan kecepatan aliran yang lambat. Pembuluh kapiler inilah yang berhubungan langsung dengan sel-sel tubuh. Oksigen dan zat-zat makanan dimasukkan ke dalam sel. Selanjutnya karbondioksida, air dan sisa-sisa pembakaran diambil, untuk diangkut ke paru-paru dan alat pengeluaran lainnya.

## Peredaran Darah Tertutup dan Peredaran Darah Terbuka

Darah kita senantiasa beredar siang dan malam tanpa henti, sampai kita menutup mata untuk selamanya. Darah beredar dari jantung ke seluruh tubuh, akhirnya kembali ke jantung lagi. Sambil beredar, darah membawa sari makanan dan oksigen ke seluruh tubuh. Hormon dari kelenjar hormon juga diedarkan ke seluruh tubuh. Sebaliknya, sisa-sisa pembakaran dari seluruh tubuh diangkut oleh darah ke alat-alat pengeluaran.

Oleh karena darah kita beredar di dalam pembuluh darah, maka peredaran darah kita digolongkan peredaran darah tertutup. Di dalam setiap kali beredar, darah melewati jantung dua kali. Berdasarkan hal tersebut maka peredaran darah manusia disebut sebagai peredaran darah ganda yang terdiri atas (a) peredaran darah kecil, dan (b) peredaran darah besar. Pada hewan rendah, darah hanya sekali melewati jantung yakni dari seluruh tubuh, ke jantung, beredar lagi ke seluruh tubuh. Peredaran darah yang demikian disebut peredaran darah tunggal.

### Peredaran Darah Kecil

Yang dimaksud peredaran darah kecil adalah peredaran darah yang dimulai dari jantung menuju ke paru-paru, kemudian kembali lagi ke jantung. Di bawah ini diberikan skema:

**Jantung** -----> **Paru-paru** -----> **Jantung**  
(bilik kanan) (serambi kiri)

### Peredaran Darah Besar

Peredaan darah besar yaitu peredaran darah dari bilik kiri jantung ke seluruh tubuh, kemudian kembali ke serambi kanan jantung. Di bawah ini diberikan skema peredaran darah besar.

**Jantung** -----> **Tubuh** -----> **Jantung**  
(bilik kiri) (serambi kanan)

### Sistem Peredaran Getah Bening (Limfa)

Sistem peredaran getah bening atau limfa terdiri dari cairan limfa, pembuluh limfa dan kelenjar limfa atau simpul limfa. Sistem peredaran limfa berperan dalam transpor lemak dan pemberantasan penyakit

#### Cairan Limfa

Selama darah beredar dalam kapiler, terdapat cairan darah yang merembes keluar dari kapiler darah. Cairan tersebut mengisi ruang-ruang antarsel. Cairan ini disebut cairan jaringan. Tugas untuk mengembalikan cairan jaringan dari ruang antar sel ke dalam kapiler darah kembali diserahkan kepada peredaran getah bening. Oleh karena itu cairan jaringan ini kemudian masuk ke dalam pembuluh limfa. Cairan jaringan yang telah berada di dalam pembuluh limfa ini berubah nama menjadi cairan limfa atau getah bening. Cairan limfa mengandung sel-sel darah putih yang berfungsi mematikan kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh kita. Selain itu, cairan limfa juga mengandung lemak. Lemak dari usus tidak diangkut melalui pembuluh darah, melainkan oleh pembuluh limfa. Di usus, pembuluh lifa ini disebut pembuluh kil.

### **Pembuluh Limfa**

Struktur pembuluh limfa mirip dengan vena kecil, tetapi memiliki lebih banyak katup sehingga pembuluh limfa tampak seperti rangkaian merjan. Pembuluh ini terletak terutama di sela-sela otot, mempunyai cabang yang halus yang bagian ujungnya terbuka. Melalui ujung yang terbuka inilah cairan jaringan tubuh masuk ke dalam pembuluh limfa. Ada dua pembuluh limfa yaitu 1) pembuluh limfa kanan yang berfungsi menampung cairan limfa yang berasal dari kepala, leher bagian kanan, dada kanan, dan lengan kanan. Pembuluh limfa ini bermuara di vena bawah selangka kanan, 2) pembuluh limfa kiri yang berfungsi menampung getah bening yang berasal dari kepala, leher kiri, dada kiri, dan lengan kiri serta tubuh bagian bawah. Pembuluh limfa ini bermuara di vena bawah selangka kiri.

### **Peredaran Limfa**

Peredaran limfa dimulai dari jaringan tubuh, yang berupa cairan jaringan. Cairan ini masuk ke pembuluh limfa halus menjadi cairan limfa. Selanjutnya pembuluh limfa halus bergabung menjadi pembuluh limfa kecil. Beberapa pembuluh ini bergabung menjadi pembuluh limfa yang lebih besar dan seterusnya. Akhirnya pembuluh getah bening itu bergabung ke dalam pembuluh limfa besar yaitu pembuluh limfa kiri dan pembuluh limfa kanan. Pembuluh limfa kiri bermuara pada vena di bawah selangka kiri. Sedangkan pembuluh limfa kanan bermuara pada vena di bawah selangka kanan. Pembuluh limfa mengalirkan kira-kira 100 ml getah bening ke dalam vena untuk dikembalikan ke dalam darah. Dengan cara ini, getah bening beserta isi proteinnya dikembalikan ke aliran darah.

### **◆ RANGKUMAN**

1. Sistem Pencernaan pada hewan vertebrata dimulai dari mulut, kemudian ke kerongkongan, perut besar (ventrikulus), usus dua belas jari (duodenum), usus halus, poros usus (rektum) dan berakhir sebagai anus.
2. Rangka (skelet) pada hewan digolongkan menjadi rangka dalam (endoskeleton) dan rangka luar (eksoskeleton), yang berfungsi menyokong dan menegakkan tubuh.
3. Respirasi pada berbagai hewan berbeda-beda tergantung pada tempat hidupnya. Hewan darat mempunyai paru-paru atau pundi-pundi udara. Katak mempunyai kulit yang berfungsi untuk pertukaran gas. Ikan mempunyai insang. Hewan-hewan avertebrata memiliki organ yang berbeda pula. Sistem respirasi pada manusia terdiri atas hidung, pangkal tenggorok (laring), batang tenggorok (trakea), bronchus dan paru-paru.

## ◆ RANGKUMAN

4. Sistem pengeluaran tubuh terdiri atas ginjal, kulit, paru-paru dan hati.
5. Sistem saraf tersusun atas sel-sel neuron, diantaranya sel-sel neuron dihubungkan dengan *sinaps*, sistem saraf berfungsi menerima rangsangan, meneruskan impuls saraf ke sistem saraf pusat, sistem saraf pusat mengolah rangsangan dan mengambil keputusan dan meneruskan rangsangan dari sistem saraf pusat ke efektor (otot, kelenjar).
6. Terdapat lima sistem indera utama pada manusia, yaitu: sistem penglihatan, sistem penciuman, sistem pendengaran, sistem pengecap dan sistem peraba.
7. Hewan tingkat rendah mempunyai indera yang sederhana. Semakin tinggi tingkatan hewan itu, semakin kompleks sistem inderanya. Cacing dapat menerima rangsang cahaya melalui permukaan kulitnya. Belalang mempunyai 3 mata tunggal, dua mata faset, dua antena untuk meraba dan membau. Ikan mempunyai mata yang peka terhadap cahaya redup. Ikan mempunyai indera keenam yaitu gurat sisi, untuk mengetahui arus air dan tekanan air. Mata katak berkembang lebih baik daripada ikan. Tidak memiliki daun telinga, mempunyai membran niktitans. Indera yang berkembang baik pada reptil adalah indera pencium.
8. Sistem transportasi pada hewan dibedakan menjadi peredaran darah tertutup dan terbuka. Pada manusia sistem peredaran tertutup terdiri atas sistem peredaran darah kecil (pulmonal) dan peredaran darah besar (sistemik).

## ◆ BAHAN DISKUSI

1. Diskusikan dengan temanmu, uraikan bagaimana mekanisme pencernaan yang terjadi pada manusia mulai dari mulut sampai ke anus, apabila seseorang sarapan pagi hanya nasi goreng saja! (Analisis zat makanan yang terkandung pada nasi goreng tersebut!)
2. Bagaimana pengaruh perubahan suhu lingkungan yang ekstrim terhadap pengaturan suhu melalui kulit? Juga diskusikan bagaimana efeknya terhadap kerja ginjal?
3. Apabila lutut kita pukuk terutama bagian "patela" bagian secara langsung akan berespon yaitu gerakan mengayun kaki. Coba analisis dengan temanmu, bagaimana mekanisme penjalaran impuls tersebut? Apakah ada perbedaan dengan respon mengedipkan mata? Jelaskan!

## ◆ RUJUKAN PENGAYAAN

Campbell, N.A., Reece, J.B., and Mitchell, L.G. 2003. *Biologi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Fawcett, DON. 2002. *Buku Ajar Histologi*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran.

Guyton, AC. 1994. *Fisiologi*. Buku Ajar Kedokteran. Jakarta: Penerbit EGC.

Kimball, J.W., Tjitrosomo, S.S., dan Sugiri, N. 1983. *Biologi*. Edisi ke Lima. Jakarta: Erlangga

Rumanta, Maman., 2007. *Fisiologi Hewan*. Edisi 1. Jakarta: Universitas Terbuka.

Rumanta, Maman., 2009. *Anatomi dan Fisiologi Manusia*. Edisi 1. Jakarta: Universitas Terbuka

Syamsuri, I, Suwono, H, Ibrohim, Sulisetijono, Sumberartha W.I, dan Rahayu, S.E. 2004. *Biologi Untuk SMA Kelas X*. Semester 1. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Pearce, Evelyn C. *Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis*.

## ◆ LATIHAN SOAL-SOAL

1. Jelaskan perbedaan-perbedaan antara pencernaan kimiawi dengan pencernaan mekanik!
2. Deskripsikan bagaimana mekanisme absorpsi makanan yang terjadi pada usus halus?
3. Apakah fungsi rangka bagi makhluk hidup? Bagaimana dengan rangka pada hewan, jelaskan!
4. Urutkanlah organ-organ yang menyusun system pernapasan!
5. Suhu lingkungan yaitu panas atau dingin seringkali berpengaruh terhadap tubuh, bagaimanakah pengaruhnya terhadap sistem pengeluaran (ginjal dan kulit)?
6. Sebutkan organ apa yang termasuk organ pengeluaran dan zat buangan apa saja yang dikeluarkannya!
7. Sistem saraf simpatik dan para simpatik merupakan saraf autotom. Coba bedakan keduanya berdasarkan fungsinya!
8. Deskripsikan fungsi dari beberapa alat indera!
9. Uraikanlah komponen-komponen darah!
10. Bedakanlah antara sistem peredaran darah besar (sistemik) dan sistem peredaran darah kecil (pulmonal).



# Daftar Pustaka

- Abruscato, J., 1995. *Teaching Children Science*. Needham Heights: A Simon & Schuster Company
- Bernstein, Ruth and Stephen. 1982. *Biology: The Study Of Life*. Harcourt Brace Jovanovich, Inc. New York.
- B.S.C.S, Idjah Soemarwoto dkk., 1986. *Biologi Umum*. Jilid 2. Jakarta: PT.Gramedia.
- B.S.C.S, Idjah Soemarwoto dkk., 1985. *Biologi Umum*. Jilid 1. Jakarta: PT.Gramedia.
- Carin, A., 1993. *Teaching Modern Science*. New York: Macmillan Publishing Company
- Colette, A.T., 1994. *The in The Middle and Secondary Schools*. New York: Macmillan Publishing Company
- Curtis, Helena. 1984. *Biology*. Fourt Edition. Worth Publisher. New York
- Campbell, Reece and Mitchell., 2002. *Biologi*. Edisi kelima Jilid 1. Jakarta: Erlangga
- Campbell, Reece and Mitchell., 1999. *Biologi*. Edisi kelima Jilid 3. Jakarta: Erlangga
- Campbell, Reece & Mitchell. 2003. *Biologi*. Edisi kelima, jilid 2. Jakarta: Erlangga
- Djumhana, N., Wuryastuti, S., Hendrawati, Y. dan Peristiwa, 2006. *Konsep Dasar Biologi untuk SD*. Bandung: UPI Press.
- Douglas G. Burrin, Harry J. Mersmann, *Biology of Metabolism in Growing Animals*. Vol.3
- Estiti, B. H. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung: Penerbit ITB

- Fawcett, DON. 2002. *Buku Ajar Histologi*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran.
- Guyton, AC. 1994. *Fisiologi*. Buku Ajar Kedokteran. Jakarta: Penerbit EGC.
- Hamim, 2007. *Fisiologi Tumbuhan*. Modul Edisi ke-1. Jakarta: Universitas Terbuka
- Hegner, R.W and Engemann, J.G. 1991. *Invertebrata Zoology 2 nd edition*. New York: Macmillan Company.
- Heddy, Suwasono. 1989. *Pengantar Ekologi*. Jakarta: Rajawali Press.
- Ibrahim, M., dkk. 2004. *Sains*. Jakarta: Depdiknas
- Jasin, Maskoeri. 1989. *Biologi Umum Untuk Perguruan Tinggi*. Surabaya: Bina Pustaka Tama.
- Jasin, Maskoeri. 1984. *Sistematik Hewan (Invertebrata dan Vertebrata)*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Kimball, JW. 1991. *Biologi* Jilid 1 dan 3. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga.
- Kimball, JW. 1990. *Biologi* Jilid 2. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga
- Longman, Pearson. 2007. *Science In Focus Biology*. Singapore: Pearson Education South Asia.
- Mader, S.S, 1987. *Biology: Evolution, Diversity and the Environment*. Iowa: Wm.C.Brown Publisher. Alih Bahasa Indonesia (Purnomo, B.S.) 1995. Penerbit Kucica.
- Odum, Eugene P. 1966. *Dasar-dasar Ekologi*. (Terjemahan). Jogjakarta: Gadjah Mada University Press
- Pearce, Evelyn C. 2004. *Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Raven H. Peter, Johnson B. George. 1986. *Biology*. Times Mirror/Mosby College Publishing. St. Louis. Toronto
- Resosoedarmo, Soedjiran. 1986. *Pengantar Ekologi*. Bandung: Remaja Karya.
- Rumanta, Maman.dan Soesy, Asiah. 2007. *Fisiologi Hewan*. Modul Edisi 1. Jakarta: Universitas Terbuka.

- Rumanta, Maman.dkk., 2009. *Anatomi dan Fisiologi Manusia*. Modul Edisi 1. Jakarta: Universitas Terbuka
- Saanin, H. 1984. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan* Jilid I dan II. Jakarta: Penerbit IKAPI.
- Sukiya. 2005. *Biologi Vertebrata*. Malang: Universitas Negeri Malang Press.
- Sutarmi T, Siti. Dkk., 1983. *Botani Umum 3*. Jilid 3. Bandung: Angkasa.
- Syamsuri, Istamar. Dkk., 2000. *Biologi*. Jakarta: Erlangga.
- Tjitrosoepomo, Gembong., 1991. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Jogjakarta:Gajah Mada University Press.
- Van Steenis. 2003. *Flora*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Winatasasmita, Djamhur., 1986. *Biologi Sel*. Modul .Jakarta: Universitas Terbuka



# Glosarium

**Abiogenesis.** Sebuah konsep yang menyatakan bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk tak hidup (benda mati).

**Aliran Vitalisme.** Suatu pandangan yang menyatakan bahwa segala sesuatu yang terjadi di alam ada yang mengatur, kekuatan di luar alam yaitu Tuhan.

**Aliran Mekanisme.** Suatu pandangan yang menyatakan bahwa segala sesuatu yang terjadi di alam semesta ini dikendalikan oleh adanya *Hukum*.

**Adaptasi.** Kemampuan suatu makhluk hidup untuk dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan sekitar, dengan komunitas yang lainnya dalam suatu ekosistem.

**Adaptasi Tumbuhan.** Penyesuaian diri dari tumbuhan, terlihat pada perkembangan beberapa organ pokok tumbuhan seperti akar, batang, daun dan biji.

**Air Bebas.** Air yang terdapat dalam sel yang digunakan sebagai pelarut zat organik dan anorganik, air bebas mengisi sel hampir 95%.

**Air Ikatan.** Jumlahnya hanya 5%, air berikatan dengan molekul-molekul protein melalui ikatan hidrogen atau yang lainnya.

**Akar Superfisial.** Merupakan akar yang tumbuh ke arah horizontal dekat permukaan tanah.

**Anabolisme.** Proses penyusunan atau sintesis dalam tubuh. Penyusunan senyawa-senyawa kompleks dari senyawa-senyawa yang sederhana, misalnya sintesis protein, sintesis lemak, sintesis karbohidrat dan sebagainya.

**Angiospermae.** Adalah kelompok tumbuhan berbiji (Spermatophyta) yang memiliki biji tertutup oleh carpellum.

**Bahasa Sains.** Bahasa ilmiah, dalam penamaan atau tatanama makhluk hidup digunakan nama dengan bahasa sains menurut aturan binomial nomenklatur yang berlaku secara internasional misalnya sirih, bahasa sainsnya: *Piper betle* L., di daerah Jawa Barat bernama Seureuh, di Jawa Suruh.

**Bakteri Gram Positif.** Yaitu jika bakteri diwarnai dengan tinta cina kemudian timbul warna pada dinding selnya.

**Bakteri Gram Negatif.** Yaitu jika bakteri diwarnai dengan tinta cina kemudian tidak menunjukkan perubahan warna pada dinding selnya.

**Biosintesa.** Suatu proses pembentukan atau penyusunan yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup

**Bioenergi.** Suatu proses pembentukan atau penyusunan energy atau ATP (Adenosin Trifosfat)

**Biogenesis.** Konsep yang menyatakan bahwa makhluk hidup yang berasal dari makhluk hidup.

**Cairan Ekstraseluler.** Cairan yang berada di luar sel, berada diantara sel yang satu dengan sel yang lainnya.

**Daerah Pemanjangan.** Yaitu daerah dimana sel-sel baru yang terbentuk dari meristem membesar dan mengakibatkan akar tumbuh memanjang,

**Daerah Penyerapan.** Pada daerah ini tumbuh rambut-rambut akar, yang merupakan modifikasi dari sel-sel epidermis akar muda dan berfungsi untuk penyerapan

**Daerah Diferensiasi.** Merupakan tempat sel-sel menjadi matang, terlihat adanya perbedaan jaringan penyusun akhirnya.

**Derajat Keasaman.** Ukuran tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan yang ditandai dengan kandungan ion  $H^+$  atau ion  $OH^-$  dengan rentang 1 – 12.

**Dekarboksilasi Oksidatif.** Adalah tahapan transisi dari respirasi sel yaitu antara glikolisis dan siklus krebs. Pada tahap ini asam piruvat dirubah menjadi asetil koenzim A (asetil CoA).

**Disakarida.** Golongan gula yang tersusun atas dua molekul glukosa.

**Difusi.** Proses perpindahan molekul atau zat dari konsentrasi tinggi ke rendah dengan atau tanpa bantuan protein carrier.

**Energi Potensial.** Energi yang dimiliki suatu benda pada ketinggian tertentu.

**Energi Kinetik.** Energi yang dimiliki oleh suatu benda yang sedang bergerak

**Eksperimen.** Suatu percobaan dengan prosedur tertentu untuk menguji suatu hipotesis

**Filsafat Sains.** Suatu pandangan atau cara berfikir yang digunakan dalam ilmu penguatahuan

**Fase Liquid.** Adalah salah satu fase dari system koloid dalam bentuk air

**Fase Dispersi.** Atau fase tersebar adalah salah satu fase dari system koloid yang mempunyai ukuran tertentu dalam medium pendispersi.

**Fase Reversal.** Tahapan atau keadaan suatu koloid yang dapat berubah dari keadan cair (encer/sol) ke keadaan bentuk kental (setengah padat/gel) atau kebalikannya.

**Fermentasi Alkohol.** Proses pembuatan alkohol oleh mikroorganisme.

**Fermentasi Asam Laktat.** Fermentasi asam laktat tergolong respirasi anaerobik. Hasil akhirnya adalah asam laktat atau asam susu. Contoh fermentasi ini ialah fermentasi yang berlangsung di dalam sel-sel otot. Jika asam laktat yang dihasilkannya menumpuk, maka akan timbul kelelahan otot.

**Fotorespirasi.** Adalah respirasi, proses pembongkaran karbohidrat untuk menghasilkan energi dan hasil samping, yang terjadi pada siang hari.

**Gaya Hidup.** Atau “dasar pengaktifan”, pada percobaan Redi: udara merupakan “gaya hidup”, jadi tidak adanya lalat pada botol tertutup karena udara luar tidak masuk.

**Gymnospermae.** Kelompok tumbuhan berbiji (Spermatophyta) yang memiliki biji terbuka, tumbuhan ini belum ada bunga tetapi berupa kumpulan sporofil-sporofil.

**Hemoglobin.** Suatu senyawa yang tersusun atas Hem (besi) dan globin (molekul protein). Hemoglobin mempunyai kemampuan mengikat oksigen sehingga member warna merah pada darah

**Hidrogen Peroksida.** Merupakan produk metabolisme sel yang berpotensi membahayakan sel karena berifat racun.

**Hidatoda.** Struktur khusus di ujung tulang daun yang letaknya di ujung atau di tepi daun, yang berfungsi untuk mengeluarkan air dari proses *gutasi*.

**Homoiothermis.** Suhu tubuh tetap tidak dipengaruhi oleh lingkungan, misalnya pada mamalia.

**Hormon Lingkungan.** Zat-zat kimia yang dihasilkan dari dekomposisi yang dilakukan oleh komponen pengurai dari sebuah ekosistem.

**Jalur Apoplas.** jalur ekstraselular terdiri atas dinding sel dan ruangan ekstraselular), sehingga air dan mineral dapat masuk korteks di sepanjang matriks dinding sel.

**Jalur Simplas.** Jalur melalui rangkaian sitosol dalam jaringan tumbuhan, setelah memasuki sel, zat terlarut dan air dapat bergerak dari sel ke sel melalui *plasmodesmata*.

**Jaringan Epitel.** jaringan yang terdiri dari lapisan-lapisan sel yang tersusun rapat. Jaringan epithelium melindungi bagian luar tubuh dan melapisi organ dan rongga di dalam tubuh. Misal kulit dan lapisan luar pada alat pencernaan, peredaran darah dan fungsi jaringan epitel adalah sebagai alat pelindung, alat ekskresi

**Jaringan Majemuk.** Jaringan yang terdiri atas lebih dari satu macam sel namun asalnya sama.

**Jaringan Sederhana.** Jaringan yang hanya terdiri atas sel-sel yang sama bentuk dan fungsinya.

**Jaringan epidermis.** Jaringan yang tidak berklorofil, terdapat di permukaan dan bawah helaian daun, susunan selnya rapat (kompak) sehingga tidak mempunyai rongga antar sel, mengalami modifikasi menjadi mulut daun (stomata), trikomata, dan kelenjar minyak.

**Jaringan mesofil,** merupakan bagian utama daun, banyak mengandung kloroplas dan ruang antarsel, dapat bersifat homogen atau terbagi menjadi jaringan tiang (*palisade*) dan spons.

**Jaringan Reproduksi.** Yaitu jaringan yang disusun oleh suatu tipe sel khusus untuk melaksanakan atau melanjutkan generasi berikutnya. Sel-sel yang bertanggung jawab untuk ini adalah sel gamet yaitu sperma dan sel telur.

**Kaki Ambulakral.** Merupakan kaki buluh yang dimiliki oleh hewan Echinodermata.

**Ketrampilan Proses.** Keterampilan yang diperlukan dalam melakukan kegiatan metode atau prosedur ilmiah. Keterampilan proses sains seperti; melakukan pengamatan, keterampilan melakukan pengukuran dengan Sistem Internasional (SI), keterampilan proses klasifikasi, dan sebagainya.

**Keberagaman dan keseragaman tumbuhan.** Banyaknya variasi atau jenis dari tumbuhan, masing-masing tumbuhan mempunyai ciri khas, ada perbedaan dan persamaan baik dari bagian morfologi, struktur dan fisiologi.

**Kofaktor.** Suatu senyawa yang sangat penting untuk aktivitas enzim

**Korda Dorsalis.** Sekelompok tulang yang berada di bagian punggung hewan.



**Larutan Ragi.** Adalah larutan yang digunakan **Louis Pasteur**, dalam eksperimen bahwa mikroorganisme datang dari udara.

**Metabolisme.** Merupakan pertukaran zat yang terjadi dalam tubuh, meliputi proses penyusunan atau sintesis senyawa kompleks dari senyawa yang sederhana dan proses pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih kecil.

**Metagenesis.** Yaitu pergiliran keturunan dalam hidup. Misalnya pada hewan Mollusca ada yang memiliki pergiliran keturunan antara fase polip dan fase medusa.

**Metode Ilmiah.** Merupakan metode atau langkah pemecahan masalah melalui beberapa tahapan dengan ciri penekanan adanya eksperimen.

**Mikroorganisme.** Organisme yang sangat kecil sekali sehingga tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat, misalnya mikroskop.

**Molekul Elektrolit.** Adalah molekul-molekul yang berada dalam plasma sel yang dapat menghantarkan aliran listrik.

**Molekul Non Elektrolit.** Adalah molekul-molekul dalam plasma sel yang tidak dapat menghantarkan aliran listrik.

**Myelin Sheat.** Suatu lapisan lemak yang melapisi serabut saraf axon, berfungsi untuk mempercepat transmisi impuls.

**Nukleoplasma.** Yaitu plasma atau cairan yang berada dalam nucleus.

**Natural Sains.** Ilmu Pengetahuan Alam yang terdiri atas ilmu matematika, fisika, kimia dan biologi.

**Nilai Sains.** Adalah makna yang terkandung dalam ilmu pengetahuan meliputi nilai social yaitu nilai etik dan estika Sains, nilai moral humaniora, dan nilai ekonomi serta nilai psikologis atau pedagogis.

**Nilai Psikologis/Pedagogis sains.** Adalah nilai berupa sikap mencintai kebenaran, sikap tidak purbasangka, sikap bahwa kebenaran tidak mutlak, sikap toleran, ulet dan hati-hati, teliti, corious,

**Nilai Humaniora.** Nilai-nilai kemanusiaan yang mencakup etika, logika, estetika, pendidikan pancasila, pendidikan kewarganegaraan, agama dan fenomenologi.

**Omne Vivum ex ovo, omne ovum ex vivo.** Artinya semua makhluk hidup berasal dari telur dan semua telur berasal dari makhluk hidup.

**Organ Analog.** organ yang mempunyai fungsi yang sama, misalnya sirip ikan dan sirip ikan paus serta sayap penguin adalah organ analog karena digunakan untuk berenang

**Organ Homolog.** Organ yang mempunyai struktur yang sama, misalnya sirip ikan dan tangan manusia adalah organ yang homolog.

**Osmoregulasi Tumbuhan.** Osmoregulasi adalah pengontrolan kadar air dan garam mineral di dalam tubuh. Ini merupakan mekanisme homeostatik. Tumbuhan yang hidup di air tawar biasanya bersel satu dan dinding selnya kuat seperti beberapa alga biru dan alga hijau. Tumbuhan tingkat tinggi, seperti teratai (*Nymphaea gigantea*), mempunyai akar jangkar (akar sulur).

**Osmosis.** Peristiwa perpindahan zat pelarut atau air dari konsentrasi pelarut tinggi ke konsentrasi pelarut yang rendah melalui membrane semipermeabel

**Omne Vivum ex ovo, omne ovum ex vivo.** Artinya semua makhluk hidup berasal dari telur dan semua telur berasal dari makhluk hidup.

**Parenkim Polisade.** Merupakan jaringan penyusun mesofil daun dimana bentuk selnya panjang dan mengandung banyak kloroplas.

**Parenkim Spons.** Merupakan jaringan penyusun mesofil daun yang memiliki ruang antar sel relative besar dengan susunan sel tidak teratur.

**Parenkim Lipatan.** Adalah dinding sel yang melipat ke arah dalam dan mengandung banyak kloroplas, misalnya mesofil daun padi dan daun pinus.

**Parenkim Asimilasi.** Jaringan yang di dalam sel-selnya terdapat kloroplas untuk berfotosintesis, terdapat pada mesofil daun, dan pada batang yang berwarna hijau,

**Parenkim Pengangkut.** Jaringan yang terdapat pada batang dengan sel berbentuk memanjang menurut arah angkut,

**Parenkim Air.** Jaringan yang terdapat pada tumbuhan xerofit, epifit, sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi musim kering, tidak mengandung kloroplas, vakuola besar dan mengandung sedikit plasma, kadang berlendir seperti pada lidah buaya (*Aloe vera*),

**Parenkim Penimbun.** Jaringan yang terdapat dalam bagian tubuh tanaman, misal, pada empulur batang, umbi, dan akar, dan

**Parenkim udara,** jaringan dengan ruang antar selnya besar, sel berbentuk bulat atau bintang, misal pada daun *Canna*.

**Pencernaan Kimiawi.** Mekanisme pemecahan molekul kompleks seperti amilum, lemak dan protein oleh enzim-enzim pencernaan.

**Pencernaan Mekanik.** Mekanisme pemecahan zat makanan secara fisik menjadi bagian-bagian kecil dengan menggunakan gigi, lidah, rahang.

**Penulangan Intermembran.** Proses penulangan yang terjadi langsung di dalam jaringan ikat (mesenkim), seperti pada pembentukan tulang dermal tengkorak, yaitu tulang parietal, frontal dan sebagian oksipital

**Penulangan Endokondral.** Proses penulangan yang terjadi pada tulang-tulang panjang, penulangan yang mengganti model rangka tulang misalnya penulangan yang membentuk tulang femur atau humerus.

**Poikilothermis.** Suhu tubuh berubah-ubah tergantung pada suhu lingkungan, misalnya pada hewan Pisces.

**Protoplasma.** Cairan atau plasma yang mengisi suatu sel yang dibatasi oleh membrane plasma, cairan ini mengandung mineral, unsur-unsur serta senyawa-senyawa organik dan anorganik.

**Produk sains.** Hasil dari kegiatan ilmiah ilmu pengetahuan alam yang dapat memberikan sumbangan bagi kesejahteraan umat manusia. Sebagai contoh adalah keuntungan uang yang didapat dari sains dan teknologinya di bidang kesehatan dan industri.

**Pertumbuhan.** Adalah suatu proses penambahan jumlah sel atau volume suatu sel.

**Pertumbuhan Primer.** Terjadi sebagai hasil pembelahan sel-sel jaringan meristem primer. Berlangsung pada embrio, bagian ujung-ujung dari tumbuhan seperti akar dan batang.

**Pertumbuhan Sekunder.** Merupakan aktivitas sel-sel meristem sekunder yaitu kambium dan kambium gabus. Pertumbuhan ini dijumpai pada tumbuhan dikotil, gymnospermae dan menyebabkan membesarnya ukuran (diameter) tumbuhan.

**Perkembangan.** Suatu proses yang mengiringi pertumbuhan pada organisme yang ditandai dengan pematangan menuju pada kedewasaan.

**Proses Mutasi.** Sebagai perubahan materi genetik/DNA yg dapat diwariskan secara genetik kepada Keturunannya. Perubahan susunan genetik menyebabkan Perubahan GEN & akhirnya menyebabkan Perubahan alela dan fenotip pada MH. Syarat mutasi : Ada perubahan materi genetik / DNA Perubahan tsb dapat/tidak dapat diperbaiki, hasilnya diwariskan pada keturunannya.

**Proses Seleksi alam.** Proses penyeleksian makhluk hidup yang terjadi di alam.

**Reaksi Terang.** Merupakan langkah-langkah fotosintesis yang mengubah energi matahari menjadi energy kimiawi berupa ATP dan NADPH.

**Respirasi Aerob.** Proses pernapasan yang memerlukan oksigen yang masuk ke dalam tubuh melalui proses inspirasi.

**Respirasi Anaerob.** Proses pernapasan yang tidak memerlukan oksigen, misalnya adalah reaksi pemecahan karbohidrat untuk mendapatkan energi tanpa menggunakan oksigen (proses fermentasi)

**Selaput Plasma.** Membran yang menyelimuti sel dengan struktur tersusun atas dua lapisan lemak (bilayer lipid).

**Serabut Otot Polos.** Yaitu serabutnya panjang dengan kedua ujungnya runcing, mempunyai satu inti sel, yang terletak central, polos, sifat kontraksinya non voluntary (tidak dibawah kehendak) dan kontraksinya lambat berirama tahan lama, terdapatnya pada organ-organ dalam tubuh.

**Serabut Otot Jantung.** Serabut yang terdapat hanya pada otot jantung, tidak tersusun atas serabut-serabut yang berdiri sendiri, akan tetapi berupa *syncithia* yaitu jaringan beberapa serabut yang dinding-dinding pembatasnya lebur sehingga susunan seperti jala-jala, inti sel banyak terletak sentral sifat kontraksinya non voluntary.

**Serabut Otot Rangka (Lurik).** Serabut-serabutnya panjang berbentuk silindris, inti sel banyak terletak eksentris (ditepi sel), bergaris melintang, sifat kontraksinya: voluntary (dibawah pengaruh kehendak kita) cepat tidak berirama dan cepat lelah

**Sifat Fisika Protoplasma.** Sifat-sifat morf (bentuk) dari protoplasma yaitu system koloid.

**Sifat Kimia Protoplasma.** Sifat atau ciri kimiawi protoplasma yaitu bahwa protoplasma mengandung zat-zat organik dan anorganik, unsur mineral makro, unsure mikro dan ultrastruktur.

**Siklus Karbon.** Daur karbon atau karbondioksida dalam suatu ekosistem. Sehingga CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam atmosfer dan larut dalam air membentuk persediaan (sumber) C anorganik dari mana hampir semua C organik berasal.

**Siklus Nitrogen.** Daur nitrogen dalam ekosistem, dimana dalam prosesnya menggunakan mikroorganisme sebagai pemfiksasi nitrogen.

**Sistem Koloid.** Suatu system yang terdiri atas medium liquid dan mempunyai partikel dengan diameter antara 1/1.000.000 – 1/10.000 milimeter

**Strip Caspary.** Yaitu jaringan endodermis yang mengalami penebalan dinding sel.

**Tanaman C3.** Adalah tumbuhan yang lebih adaptif pada kondisi kandungan CO<sub>2</sub> atmosfer tinggi. Sebagian besar tanaman pertanian, seperti gandum, kentang, kedelai, kacang-kacangan, dan kapas merupakan tanaman dari kelompok C<sub>3</sub>

**Tanaman C4.** Adalah tumbuhan yang lebih adaptif di daerah panas dan kering dibandingkan dengan tumbuhan C3. Tanaman C4 juga mengalami siklus calvin seperti pada tanaman C3 dengan bantuan enzim Rubisko

**Titik Kompensasi.** Adalah produksi makanan oleh fotosintesis sama banyak dengan yang diperlukan untuk proses respirasi.

**Transpor Aktif.** Sistem transportasi antar sel dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi yang memerlukan energy dan protein carrier.

**Transpor Lateral.** Mekanisme transpor jarak dekat (pengangkutan air dan mineral dalam akar), karena arahnya sepanjang sumbu radial organ tumbuhan

**Transpor Tumbuhan.** Adalah system pengangkutan pada tumbuhan terjadi pada tiga tingkatan yaitu pengambilan dan pembebasan air dan zat-zat terlarut, pengangkutan gula hasil fotosintesis dan pengangkutan oleh xylem dan floem secara keseluruhan

**Tumbuhan Berpembuluh.** Tumbuhan yang memiliki system pembuluh untuk proses pengangkutan air dan mineral. Mempunyai berkas pembuluh terdiri atas xylem dan floem.

**Tumbuhan Serofit.** Jenis tumbuhan di daerah kering, yang harus menyesuaikan diri agar tidak mengalami kekeringan dengan berbagai cara antara lain menggugurkan daunnya pada musim kemarau untuk mengurangi penguapan

**Tumbuhan Halofit.** Tumbuhan yang hidup di pantai mempunyai masalah untuk mengambil air yang mempunyai tekanan osmotik tinggi dibandingkan dengan tekanan osmotik air tanah biasa

**Udara Tidal.** Udara yang keluar masuk paru-paru saat kita melakukan pernapasan biasa, volume udara tidal 500 ml.

**Udara Komplementer.** Udara yang dapat kita hirup lagi setelah melakukan inspirasi sekuat-kuatnya, volumenya pada laki-laki 3.100 ml dan perempuan 1.900 ml.

**Udara Suplementer.** Udara yang dapat kita keluarkan lagi setelah melakukan ekspirasi sekuat-kuatnya, volumenya pada laki-laki 1200 ml dan perempuan 700 ml.

**Udara Residu.** Udara yang tersisa dalam paru-paru setelah kita melakukan inspirasi dan ekspirasi sekuat-kuatnya, volume pada laki-laki 1200 ml dan perempuan 1100 ml.

**Unsur Mikro.** Unsur yang terdapat dalam matriks dengan persentase rendah, yaitu unsure Ca, P, Cl, Na, K, S, Mg, I dan Fe.

**Unsur Makro.** Unsur yang terdapat dalam jumlah besar di dalam matriks yaitu unsure C, H, O dan N.

**Unsur Ultrastruktur.** Unsur yang terdapat dalam matriks dengan jumlah yang sangat sedikit, yaitu unsure Cu, Co, Mn, Mo, Zn, B dan Si.

# Indeks

## A

- Abiotik 113, 114
- Abruscato 2
- Absorpsi 193, 176
- Adaptasi 184, 179, 181
- Aerob 101, 201, 178
- Amonia 30
- Alveolus 204, 205
- Akar 75
- Akson 84, 85
- Amilum 77
- Akar gigi 189
- Asam amino 30, 120, 121, 208
- Asam hidroksi 30
- Asam Cianida 30
- Asam Piruvat 96, 102
- Asam Oksaloasetat 107
- Asetil CoA 96
- Atmosfir 31, 119, 184, 123
- Aristoteles 25
- Amoeba 37, 229
- Amoeboid 36
- Amonia 121
- Amoeba proteus 37
- Ampula 223, 224
- Ampitrik 51
- Anaerob 101, 201, 178
- Anabolisme 91, 102
- Analog 131
- Andresium 71
- Anthoni Van Leuwenhoek 42
- Antibodi 228, 231
- Altman 44
- Adenosin Tri Phosphat 45, 46, 96, 99, 103, 104, 106, 183
- Apendiks/appendage 157, 195
- Asam Deoksiribosa Nukleat (ADN) 45, 46, 49, 51, 52, 53, 64, 66, 67
- Asam Ribosa nukleat (ARN) 45, 46, 49, 64, 66, 87
- Akrosom 61
- Alkohol 48, 101, 212, 178
- Asam Nukleat 49
- Asimilasi 117
- utonom 196
- Autotomi 159
- Autotrofik 113

**B**

Bakteri 50,53,57,101,107,115,  
120,121,122,184  
Badan golgi 53, 60  
Badan sel 84, 85  
Batang 76  
Bikonveks 221  
Bikuspidalis 232  
Bilirubin 229  
Biji 80  
Bilateral simetris 155  
Binomial 136  
Biosintesa  
Bioenergi  
Biomasa 11  
Biotik 113  
Biogenesis 23, 24, 25  
Biston betularia 124  
Blepharisma japonica 37  
Botani 42  
Butshili 44  
Basa 46  
Boron 46  
Bunga 79  
Buah 80

**C**

Calvin 103  
Canis familiaris 136  
Carica papaya 136  
Copper 45, 46, 49  
Ciliata 37, 81  
Cacar 2  
Clostridium tetani 101  
Corious 15  
Chrysomya megacephala 24  
Cahaya 35  
Cold Trap 31  
Colette 2  
Coccus 50  
CO<sub>2</sub> 98,101,103,106,107,

**D**

Darah 46  
Daun 78  
Dendrit 84, 85, 214, 215, 216,  
217  
Dekomposisi 115,125  
Dekomposer 113  
Denitrifikasi 122  
Denaturasi 93  
Detoksifikasi 56

Diafragma 206,  
Diastole 232  
Dikotil 78,143, 144  
Diktiosom 60  
Difusi 193  
Dinding sel 50,51,54,60,76,183  
Davinci 42  
Dispersi 47,49  
Discus Intercalatus 84  
Disakarida 47  
Diferensiasi 150  
Diocious 153, 159  
Divisi 132,133  
Dorman 80, 181

**E**

Edward Jenner 1  
Efektor 217, 219  
Ekologi 112,123  
Email 190  
Emulsi 44, 193  
Enzim  
37,61,66,92,93,94,191,184,201,  
202  
Ektodermis 150  
Elektron 99  
Endomikorhiza 184  
Endodermis 76,150, 175  
Embrio 43, 59,180, 81, 50, 166  
Empulur 76  
Energi 34, 45, 49, 99,206, 116,  
117, 123  
Endolimph 223  
Endomisium 197  
Endospora 51, 53  
Endoplasma 66  
Endokarp 80  
Eustachius 223  
Epiglotis 203  
Epifragma 156  
Epidermis 71,75,76  
Epoenzim 91  
Eksokarp 80  
Epikarp 80  
Epithelium 81  
Eksperimen 26, 27  
Ekskresi 60  
Eksentris 84  
Ektomikorhiza 184  
Ekosistem 113, 121,123, 125  
Ernest Haeckel 112  
Eukariotik 53, 60



Euglena sp 106  
Evolusi 28  
Evaporasi 123  
Exoskeleton 157

**F**

FAD 99, 107  
FADH<sub>2</sub> 107  
Fakta 2, 3  
Famili 132, 133  
Faring 203  
Fermentasi 102, 178  
Feromon 124  
Felem 72  
Feloderm 72  
Felogen 72  
Fertil 79  
FF. Blackman 106  
Fibrinogen 212, 228  
Fibroblast 197  
Fiksasi 103, 184  
Fitoplankton 114  
Fotosintesis  
3,4,73,103,104,105,106,116,119,  
181,206  
Francesco Redi 25  
Fleming 24  
Fosfor 45, 46  
Fosfat 94, 99  
Flagelum 36, 81  
Floem 73,77,78,143, 172, 176,  
178  
Fruktosa 47,49  
Fosfolipid 48, 64, 183  
Foton 102  
Fotolisis 103, 106  
Fibrin 44  
Fiber 85

**G**

Gas 31, 66, 120  
Ganglion 218  
Glukosa 47, 49, 102, 196, 208  
Glomelurus 210  
Galaktosa 47, 49  
Gentiosa 47, 49  
Genus 132, 133  
Ginanium 79  
Glikolipida 48  
Glikogen 49, 212  
Glikolisis 96, 102

Glioksisom 63  
Galileo 42  
Generatio Spontanea 24  
Gonad 151  
Gravitasi 174  
Grana 107  
Gutasi 182  
Gugus Prostetik 91

**H**

Halilintar 30  
Halofit 182  
Haemocoel 157  
Hans Krebs 107  
Hematopoesis 195  
Hemoglobin 205, 229  
Hidatoda 182  
Hidrogen 30, 45, 101  
Hidrofilik 175  
Hydrilla verticillata 104  
Hifa 139, 184  
Hill 106  
Hormon 34, 39, 178, 183, 231  
Hydra sp 35  
Helianthus annuus 35  
H.J. Dutrchet 42  
Heksosa 47,49  
Herbivora 116, 117,189  
Heterotrofik 113  
Harold Uray 30  
Homosporus 142  
Homeostasis 125  
Homolog 131

**I**

Impermeabel 182  
Inquiry  
Indikator 38  
Indera 9, 219, 224  
Inhibitor 93, 94  
Involuntary 196  
Isositrat 107  
Iris 220

**J**

Jamur 115  
Jan Ingenhousz 104  
Jasad renik 116  
Jean Baptise Van Helmont 25  
John Needham 24, 26  
Jaringan 71, 213  
Jari-jari empulur 77

**K**

Kalsium 45, 46  
 Kaliks 79  
 Kaliptra 75  
 Karl Landsteiner 230  
 Karl Van Linne (Carolus Linnaeus) 132,133  
 Karioplasma 67  
 Kanalikuli 196  
 Katabolisme 91, 95  
 Katalisator 91  
 Karnivora 116, 189  
 Karbondioksida 31, 45, 47,48,119,120  
 Karbohidrat 34, 45, 48, 107,115,184, 195  
 Kafein 66  
 Karoten 64  
 Katalase 63  
 Kecebong 58  
 Kingdom 132, 133  
 Kina 66  
 Kinin 66  
 Konus 36  
 Kofaktor 184, 183  
 Kohlea 223  
 Konsumen 114, 118  
 Komunitas 118,124  
 Komensalisme 125  
 Kornea 221  
 Korteks 76  
 Kosmozoa 29  
 Kosmopolitan 153  
 Kotiledon 143  
 Kolateral 78  
 Kolenkim 74  
 Kolumnar 81  
 Kranium 167,168  
 Kromatin 43, 67  
 Kromosom 67  
 Kromoplas 64  
 Kreatinin 208  
 Klasifikasi 134  
 Klorida 45, 46  
 Kloroplas 63, 64, 105, 107  
 Klorofil 63,107, 113,184, 183  
 Kobalt 46  
 Koloni 50, 161  
 Kontraksi 192, 197, 206, 217  
 Konsep  
 Koloid 45  
 Korola 79

Koenzim 183  
 Kolagen 197  
 Kutikula 72,180, 182  
 Kuboidal 81

**L**

Lapisan Lilin 182  
 Lamella fotosintetik 52, 64  
 Larva 114  
 Lazzaro Spallanzani 26  
 Larutan ragi 27  
 Lavender sp 38  
 Laktosa 47  
 Lemak 195  
 Lentisel 72  
 Leguminosa 121, 122  
 Lignin 74,116  
 Ligamen 82  
 Lisosom 58, 59  
 Likopersin 66  
 Limfa 227, 235  
 Lycopodium cernuum 141  
 Lobus 204  
 Logos 112  
 Lopotrik 51

**M**

Mahkota gigi 189  
 Madreporit 159  
 Malpighi 209, 211  
 Martil 222  
 Medium 46, 47  
 Membran 226  
 Metamorfosis 156  
 Maltosa 47  
 Magnesium 45, 46  
 Mangan 46  
 Mielin 214, 216, 217  
 Molibdat 46  
 Mirabilis jalapa 37  
 Mikorhiza 176, 184, 183  
 Mioblas 197  
 Mikronukleus 37  
 Mikronutrien 183  
 Mikroorganisme 26,50, 62,121  
 Mitokondria 53,57,58, 96  
 Mikrotubulus 62  
 Mikrosporofil 79  
 Makronukleus 37  
 Makronutrien 183  
 Matriks 45, 46  
 Metode Ilmiah 3, 4, 5, 6

- Medusa 151  
 Megasporofil 79  
 Meristem 75  
 Mesokarp 80  
 Membran sel 51, 52  
 Mesosom 51, 52  
 Mesenchym 82  
 Meteor 29  
 Metan 30  
 Molekul 34, 42, 49, 94  
 Monokotil 78, 143, 144  
 Monotrik 51  
 Makromolekul 34, 45, 49  
 M.T. Schleiden  
 Multiseluler 151  
 Mutualisme 125  
 Myosine 84
- N**
- NADH 96, 107  
 NADPH 103, 106  
 Neuron 84, 85, 214  
 Nefron 209  
 Nefridia 207  
 Nukleosida 49  
 Nukleus 37, 53, 66  
 Nukleolus 67  
 Nukleoplasma 55  
 Nutrisi 183  
 Nikotin 66  
 Nitrogen 31, 45, 47, 48, 121, 122,  
 Nitrifikasi 122  
 Nitrit 122  
 Nomenklatur 136  
 Node of Ranvier 85  
 Non Voluntary 84  
 Nukleosida 120
- O**
- Oligosakarida 47, 49  
 Oikos 112  
 Osmosis 182, 193  
 Osmoregulator 66  
 Ossicula 158, 159  
 Osculum 150  
 Otot 36, 196, 200,  
 201, 210, 211, 213, 219, 221  
 Oparin 29  
 Organ 189, 196  
 Ordo 132, 133  
 Oksigen 31, 45, 47, 48, 82,  
 83, 101, 104, 115
- Oksihemoglobin 205  
 Organisme 33  
 Organik 178, 196, 116  
 Otot 82, 83, 102  
 Ovipar 164
- P**
- Papil 36  
 Papillae 159  
 Parasitisme 184, 124  
 Parapodia 154  
 Parenkim 73, 74, 76  
 Patogen 51  
 Peristaltik 192  
 Peritrik 51  
 Perikambium/perisikel 76, 77  
 Periderm 72  
 Peroksisom 62, 63  
 Pedicellariae 159  
 Petal 79  
 Petiolus 145  
 Pektin 175  
 Pembuluh Kil 232  
 Permeabel 176  
 PH (Derajat Keasamaan) 93  
 Protein 34,  
 45, 48, 53, 54, 116, 120, 195, 183  
 Produsen 118  
 Protozoa 58  
 Partikel 44, 45, 174  
 Potasium 45, 46  
 Poliribosom 57  
 Polisakarida 50, 62  
 Polilp 151  
 Polytricum commune 139  
 Polinomial 136  
 Pseudopodia 37  
 Plasma 43  
 Pleura 204  
 Plucea indica 124  
 Pulau Langerhans 49  
 Pupil 221  
 Pankreas 49  
 Purin 49  
 Piramida 117, 118  
 Pirimidin 49  
 Pionir 139  
 Plasmodesmata 177  
 Plasmid 51  
 Plastida 63  
 Prinsip  
 Prostomium 154

Prothalus 142  
 Psilotum nudum 140  
 Phosphat 122  
 Phylum 132,133  
 Proliferasi 122  
 Proton 106

## Q

## R

Rabinosa 47  
 Reffinosa 47  
 Reduksi 184  
 Reabsorpsi 208  
 Reseptor 214, 215, 224  
 Respirasi 57,58,119  
 Retina 221  
 Replikasi 52  
 Respirasi 96  
 Retikulum endoplasma  
 53,55,56,59  
 Ribosom 51,53,55  
 Ricinus communis 76  
 Rhizobium 184  
 Rhizoid 139  
 Robert Hooke 42, 67  
 Rudolf Virchow 43  
 Retina 36

## S

Sains 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,  
 25  
 Sachs 71, 105  
 Sel 213  
 Sel Choanocyt 150  
 Sir Alexander Fleming 2  
 Stanley Miller 30  
 Sel Tumbuhan 33,71  
 Sel Hewan 33, 71  
 Sel Batang 35  
 Sel somatic 81  
 Sel Benih 81  
 Selaput timpani 222  
 Selaput plasma 52,53,54  
 Semipermeabel 52  
 Sentrosom 61, 62  
 Serosis 212  
 Serofit 180  
 Sexual 35  
 Serabut 44  
 Serebrum 217  
 Solvent 44

Solute 44  
 Soliter 111  
 Substrat 92, 93  
 Suspensi 45  
 Sulfur 45, 46  
 Sulfit 116  
 Sulfat 116  
 Sukulen 181  
 Sodium 45, 46  
 Seng 46  
 Sendi 198, 199, 200  
 Semen 190  
 Serabut 197  
 Selulosa 116  
 Siklus krebs 97, 98, 99  
 Siklus Calvin 103  
 Silikon 46  
 Silium 36, 154  
 Sinapsis 85, 214  
 Sintesis 104, 105, 106  
 Sistem organ 213  
 System Dermal 71  
 Sistole 222  
 Sitoplasma 51, 52, 55, 65, 96,  
 121  
 Simbiosis 121,125,184, 176,  
 Skeleton 163, 164, 166, 167  
 Slinder pusat 76  
 Species 38, 124,132,158, 155  
 Spermatozoa 58,61, 81  
 Spesialisasi 71  
 Spirillum 50  
 Spora 51,142, 181  
 Sporangium 139  
 Spons 77, 78  
 Sklerenkim 71, 74  
 Sklereid 74  
 Spicula 150  
 Stamen 79  
 Stroma 106, 107  
 Sukrosa 47  
 Stomata 180, 181, 182,  
 Starkfosa 47  
 Steroid 47  
 Squamous 81  
 Sycnycium 84, 197

## T

Taksonomi 131  
 Tentakel 159  
 Teobromin 66  
 Tekanan osmotik 182

Termodinamika 118  
Tingkatan trofik 118  
Tilakoid 107  
Trigliserida 48  
T. Schwan 43  
Transpor Aktif 193  
Temperatur 47, 49  
Tempayak 26  
Tata Surya 29  
Tonoplas 65,66  
Tunas 35  
Tubula 208  
Tulang 82  
Toksin 124  
Theisme 16  
Trakea 72  
Trakeid 72, 176  
Translokasi 178  
Trombokinase 230  
Transfusi 230  
Trikuspidalis 232  
Trioma 72,180  
TW. Engelmann 105

**U**

Urea 30

Urat/tendon 82

**V**

Vakuola 65, 66  
Varietas 136  
Vaksin 2  
Vitamin 48  
Variasi 34, 49  
Verbaskosa 47  
Villi 195  
Voluntary 84, 196

**W**

William Harvey 1

**X**

Xantofil 64  
Xilem 143, 172, 175, 177

**Y**

Yodium 105

**Z**

Zat organic 46, 47, 92  
Zat Anorganik  
Zigot 80



# Biodata Penulis

Nama : Dra. Lina Listiana, M.Kes  
Alamat Rumah : Jl. Kedinding Tengah IV/38 Surabaya  
Alamat Kantor : Universitas Muhammadiyah Surabaya  
Jl. Sutorejo no. 59 Surabaya  
Telp. Rumah : (031) 3737720  
Telp./Faks. : (031) 3811966 / (031) 3813096  
Hp. : 085850529417  
E-Mail : linahamdani22@yahoo.com

## Riwayat Pendidikan

Tahun Lulus	Perguruan Tinggi	Bidang Spesialisasi
S1 (1991)	IKIP Bandung	Pendidikan Biologi
S2 (1998)	UNAIR Surabaya	Prodi IKD, minat: Faal Tubuh

## Nama Mata Kuliah yang Diasuh

No.	Nama Mata Kuliah	Strata
1.	Biologi Umum dan Praktikum	S1 Pend. Biologi
2.	Anatomi dan Fisiologi Manusia dan Praktikum	S1 Pend. Biologi
3.	Fisiologi Hewan dan Praktikum	S1 Pend. Biologi
4.	Zoologi Hewan Invertebrata	S1 Pend. Biologi
5.	Biologi Sel	S1 Pend. Biologi
6.	Biologi Medik	D3 Analisis
7.	Biologi Molekuler	D3 Analisis
8.	Anatomi Fungsional	D3 Analisis
9.	Praktikum Hematologi	D3 Analisis
10.	IPA 1	S1 PGMI IAIN
11.	IPA 2	S1 PGMI IAIN
12.	Pembelajaran IPA MI	S1 PGMI IAIN

## Jumlah Mahasiswa yang Pernah Diluluskan

Strata	Jumlah
S1 Pend.Biologi	Mulai Th.1992-sekarang: 450 mahasiswa
D3 Analisis	Mulai Th.2001-sekarang: 500 mahasiswa
S1 PGMI IAIN	Mulai Th.2007-sekarang: 300 mahasiswa

**Pengalaman Penelitian 5 Tahun Terakhir**

Tahun	Topik/Judul Penelitian	Sumber Dana
2007	Contextual Teaching Learning pada Pembelajaran Matakuliah Biologi Umum di Prodi Pend.Biologi FKIP.	DIKTI
2009	Analisa kandungan telur Nematoda usus dalam sayur selada yang dijual di Pasar	Mandiri

**Pengalaman Publikasi di Berkala Ilmiah 5 tahun Terakhir**

Nama Penulis	Th Terbit	Judul Artikel	Nama Berkala	Volume& Halaman	Status Akreditasi
Lina Listiana	2007	Melakukan penelitian ttg: Contextual Teaching and Learning (CTL) pada Pembelajaran Mata kuliah Biologi Umum (2007)	"Didaktis Jurnal Pendidikan"	ISSN: 1412-5889 no.2, Vol.6 Juni 2007.	Jurnal tidak terakreditasi, ber-ISSN.
Lina Listiana	2008	Karya Tulis Ilmiah: Model Evaluasi Pembelajaran Biologi Berbasis Taksonomi Solo. (2008)	"Didaktis Jurnal Pendidikan"	ISSN: 1412-5889 no.3, Vol.7, Oktober 2008.	Jurnal tidak terakreditasi. Ber-ISSN.
Lina Listiana	2009	Karya Tulis Ilmiah: Authentic Assesment dalam Pembelajaran. (2009)	"Media Informasi Ilmiah"	ISSN: 0854-2929 no.46, Thn. XVI, April 2009.	Jurnal tidak terakreditasi. Ber-ISSN.
1.Lina Listiana 2. Vita Wulan	2011	Melakukan penelitian ttg: Pemeriksaan <i>Toxoplasma gondii</i> pd wortel ( <i>Daucus carota</i> ). (2011)	"Media Informasi Ilmiah"	ISSN: 0856-2929 no. 53 Th.XVIII, Pebruari 2011.	Jurnal tidak terakreditasi. Ber-ISSN.
Lina Listiana	2011	Karya Tulis Ilmiah: Membangun Karakter dalam Pembelajaran IPA dengan Pendekatan Kontekstual. (2011)	Prosiding Seminar Nasional <i>Soft Skill and Character Building 2011</i>	ISSN: 2087-8672 Univ. Muhammadiyah Sby 19 Januari 2011	-



Lina Listiana	2011	Karya Tulis Ilmiah: Perbandingan Penggunaan Larutan Turk dan Larutan Asam Cuka 20% dalam Hitung Jumlah sel darah Putih. (2011)	“Media Informasi Ilmiah”	ISSN: 0856-2929 No. 54 Th.XVIII, April 2011.	Jurnal tidak terakreditasi. Ber-ISSN.
---------------	------	--	--------------------------	--	---------------------------------------

### **Pengalaman Penerbitan Buku 10 tahun Terakhir**

<b>Nama</b>	<b>Judul</b>	<b>Tahun</b>	<b>Penerbit</b>	<b>ISBN</b>
Lina Listiana, dkk. Konsorsium PTA Islam dengan LAPIS-PGMI (Learning Assistance Program for Islamic Schools Pendidikan Guru MI)	Buku Ajar IPA 2 untuk mahasiswa S1 Pendidikan Guru MI PTAI se-Indonesia	2009	Surabaya: Amanah Pustaka	ISBN: 978-602-8542-06-7
Lina Listiana, dkk. Konsorsium PTA Islam dengan LAPIS-PGMI (Learning Assistance Program for Islamic Schools Pendidikan Guru MI)	Buku Ajar Pembelajaran IPA MI untuk mahasiswa S1 Pendidikan Guru MI PTAI se-Indonesia	2009	Surabaya: AprintA	ISBN: 978-602-8651-08-0