



DIKTAT KULIAH

ZOOLOGI UMUM

Oleh :

NAZIR, M



FAKULTAS BIOLOGI
UNIVERSITAS MEDAN AREA
M E D A N
2 0 0 0



KATA PENGANTAR

Untuk memantapkan proses belajar mengajar dan mengantisipasi kendala kekurangan buku acuan, maka kami sajikan diktat kuliah ZOOLOGI UMUM ini, agar dapat dimanfaatkan oleh para mahasiswa yang membutuhkannya.

Isi diktat ini merupakan galian Pustaka Asing dan Indonesia yang difokuskan ke beberapa sistem yang terdapat pada hewan Vertebrata. Dalam uraian ini diberikan komparasi/perbandingan berbagai sistem yang terdapat pada hewan Vertebrata.

Diktat ini dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa Biologi, Kedokteran, Pertanian, Farmasi dan lain-lain yang memerlukannya.

Penulis masih merasa masih banyak kekurangan dalam penguraian dan penulisannya. Kami harapkan semoga diktat ini membawa manfaat bagi pembacanya.

Pemulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB I : PENDAHULUAN	1
BAB II : SEL	4
BAB III : SISTEM PENCERNAAN	11
BAB IV : SISTEM SIRKULASI	17
BAB V : PERNAFASAN	24
BAB VI : SISTEM EKRESI	33
BAB VII : REPRODUKSI DAN PERTUMBUHAN	37
BAB VIII : EKOLOGI HEWAN DAN PENYEBARAN	43
BAB IX : SISTEM SYARAF DAN ALAT PERASA	50
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	56

BAB I PENDAHULUAN

Kata Zoologi berasal dari bahasa Yunani, Zoon = hewan, logos = tulisan / percakapan, sering diartikan ilmu. Jadi Zoologi adalah ilmu yang mempelajari hewan.

Berbagai jenis hewan mendiami bumi, ada yang masih hidup dan ada beberapa jenis yang telah punah. Hewan berbeda-beda dalam bentuk, jalan hidup dan sebagainya. Telah dikenal bahwa hewan adalah suatu makhluk hidup. Ingin dipertanyakan apakah sebetulnya *hidup* itu dan apakah batasan hewan itu? Bagaimana perbedaan bentuk dari berbagai jenis hewan, bagaimana proses yang terjadi dalam tubuhnya dan cara hidupnya. Bagaimana hewan melakukan aktivitasnya, bagaimana perbedaan berbagai jenis hewan dan bagaimana kita membedakan antara hewan dan makhluk lainnya? Dan masih banyak pertanyaan lain yang akan dijawab dalam Zoologi.

1.1. Perbedaan makhluk hidup dengan benda mati

Makhluk hidup dan benda mati dapat dibedakan dalam beberapa kriteria, seperti dalam beberapa kriteria, seperti dalam proses metabolisme, organisasi, komposisi kimia dan sebagainya seperti yang akan diuraikan di bawah ini.

1.1.1. Metabolisme

Makhluk hidup mengalami proses metabolisme proses metabolisme. Mereka mengambil dan menggunakan makanan, bernafas, mengeluarkan sisa-sisa makanan dan sebagainya. Benda mati tidak melakukan proses metabolisme.

1.1.2. Organisasi / susunan

Makhluk hidup tubuhnya tersusun dari sel, sedangkan benda mati tidak mempunyai sel.

1.1.3. Komposisi Kimia

Makhluk hidup tubuhnya tersusun terutama dari unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dalam proporsi tertentu. Materi itu tersusun dalam molekul organik kompleks, seringkali mempunyai berat molekul tinggi dan membentuk substansi hidup atau protoplasma. Unsur yang sama atau unsur-unsur yang lain tersusun dalam benda mati tetapi berat molekulnya kecil (di bawah 2.000) dan tidak mempunyai protoplasma.

1.1.4. Iritabilitas

Makhluk hidup mengadakan reaksi terhadap rangsangan sekitarnya. Rangsangan dapat berupa panas, cahaya, kelembaban, tekanan atau kontak. Benda mati tidak mengadakan iritabilitas.

1.1.5. Berkembang biak

Tiap jenis makhluk hidup dapat membentuk keturunannya.

1.1.6. Tumbuh dan daur hidup

Makhluk hidup dapat tumbuh dan menjalani daur hidupnya.

1.2. Perbedaan hewan dan tumbuhan

Pada umumnya mudah untuk membedakan hewan dan tumbuhan, seperti hewan dapat bergerak dan berpindah tempat, tumbuhan mempunyai klorofil. Pada beberapa organisme hidup tidak semudah itu menentukannya karena juga ada beberapa tanaman yang dapat bergerak dan menangkap serangga. Juga ada beberapa hewan yang terpaku pada tempatnya, seperti bunga karang (spons). Beberapa jenis makhluk rendah nampaknya merupakan antara hewan dan tanaman. Seperti Euglena, makhluk bersel satu, bergerak dan mengambil makanan seperti hewan tapi mengandung klorofil seperti tanaman.

Perbedaan prinsip antara hewan dan tanaman adalah :

1.2.1. Bentuk dan susunan

Tubuh hewan lebih konstan, organnya sebagian besar tersusun di dalam, sel-sel mempunyai membran lembut tipis dan jaringannya terendam dalam larutan natrium klorida (NaCl) merupakan racun bagi tanaman umumnya. Pertumbuhan tanaman biasanya terminal, diujung organ dan kadang-kadang bertambah terus selama hidupnya.

1.2.2. Metabolisme

Hewan membutuhkan materi organik kompleks sebagai makanan. Makanan dicernakan dan diolah secara kimiawi dalam tubuh. O_2 diperlukan untuk bernafas. Hasil akhir dari metabolisme berupa karbon dioksida (CO_2), air (H_2O) dan urea (NH_2)₂CO. Tanaman umumnya mengambil karbon dioksida (CO_2) dari udara dan bersama air dan bahan anorganik, dengan proses fotosintesa membentuk berbagai komposisi organik dan oksigen (O_2) dilepaskan.

1.2.3. Iritabilitas

Umumnya hewan mempunyai sistem syaraf dan dapat menerima rangsangan dengan cepat. Tanaman tidak mempunyai sistem semacam itu dan responnya lambat.

1.3. Posisi manusia di alam

Tempat manusia, *Homo sapiens* sebagai makhluk hidup di dunia, sejak lama menjadi topik yang menarik. Ras primitif mempunyai mitos bahwa asal usul manusia dari hewan atau materi yang tidak hidup atau sumber lain. Manusia adalah ciptaan tenaga supranatural.

Ahli biologi memandang asal dan posisi manusia secara objektif, berdasarkan pengetahuan mengenai struktur dan fisiologi tubuh manusia, pertumbuhan embrionya, sejarah, pra sejarah dan fosil manusia di bumi. Berdasarkan hal tersebut jenis manusia dimasukkan ke dalam :

- 1) Animal Kingdom (dunia hewan) yang membutuhkan makanan organik yang kompleks
- 2) Filum Chordata karena mempunyai notochord dan lengkungan insang dan kantong, selama pertumbuhan embryo, otak dorsal dan tali syaraf selama hidupnya.

- 3) Grup Craniata (Vertebrata) karena mempunyai kranium (tempurung kepala) dan tulang belakang yang beruas-ruas .
- 4) Klas Mammalia karena mempunyai kelenjar susu dan rambut.
- 5) Ordo Primata yang mempunyai empat anggota badan dengan lima jari yang berkuku.
- 6) Familia Homonidae yang dilengkapi dengan :
 - a. Otak yang mempunyai kesanggupan luar biasa dengan ukuran yang besar (ukuran minimum otak manusia 1.000 cc , ukuran maksimum otak gorilla 650 cc)
 - b. Muka lebih rata dan lebih vertikal , daerah kening menyempit, rahang bawah kurang menonjol , gigi hampir sama besar .
 - c. Rambut panjang dan bertumbuh terus di kepala,tapi pendek dan jarang di badan .
 - d. Ibu jari bertumbuh dengan baik , kaki 30 % lebih panjang dari lengan.

Manusia berjalan tegak dengan dua kaki , berdiam di darat , suka hidup berkelompok, bersifat omnivorus (pemakan segala) dan biasanya memakan yang sudah dimasak. Berlawanan dengan bangsa kera (gorila, simpanse, orang utan, gibbon) yang sikap badan

setengah berdiri , benar-benar bertangan empat , umumnya hidup di pohon-pohon, agak senang hidup berkelompok dan pemakan buah-buahan . Manusia mengungguli semua makhluk hidup lainnya dalam berbagai kesanggupan seperti :

- a. membuat dan menggunakan perkakas
- b. merubah lingkungan bagi keuntungannya sendiri
- c. pandai berbicara menggunakan bahasa
- d. organisasi kehidupan sosial yang kompleks
- e. membentuk mental dan konsep abstrak

Yang lebih penting lagi ialah pertumbuhan luar biasa dalam bicara , berbahasa, menulis dan mengingat . Manusia sanggup merakit, mengumpulkan dan meneruskan ilmu pengetahuan kepada generasi berikutnya. Dengan demikian terbentuklah materi sosial , kebudayaan dan kemajuan etis.

Pada semua hewan lain kesanggupan penyebaran , penyampain antara generasi terbatas pada instink dan refleks yang telah dibawa pada keturunan.

BAB II

S E L

Sel adalah merupakan "unit terkecil" tubuh mahluk.

2.1. Sejarah penemuan sel

Pada tahun 1665 ROBERT HOOKE melihat adanya ruangan/lobang yang mempunyai sekat pemisah pada irisan gabus dan bahan tanaman lain yang dilihatnya di bawah mikroskop buatannya sendiri. Ruangan tersebut tersusun seperti kamar / sel dan dinamakannya *sel* (Latin, *cella* = lobang). Walaupun mikroskop bikinannya itu masih sederhana dengan pembesaran baru 30 kali tapi merupakan pembuka jalan dalam dunia ilmu.

ANTONIE VAN LEEWENHOEK (1674) secara terpisah telah pula menciptakan mikroskop yang digunakan untuk melihat mahluk mikroba dalam air dan bagian-bagian yang mungkin yang terkandung dalam suatu cairan tubuh. Dengan alat ini ia juga telah menemukan spermatozoa dalam mani manusia. Pada tahun 1824 RENE DUTROCHET menyatakan bahwa "..... tanaman seluruhnya tersusun dari sel - sel" dan pernyataan yang sama berlaku bagi hewan. ROBERT BROWN (1833) menemukan inti di tengah-tengah sel. T.SCHWAN dan M. SCHLEIDEN (1839) merumuskan teori sel yang berbunyi "Sel adalah unit dasar kehidupan. Semua tumbuhan dan hewan dibangun atas sel-sel.". J. PURKINYE (1840) dan HUGO VAN MOHL (1846) memperkenalkan istilah protoplasma yaitu cairan yang mengisi sel. Jadi menurut teori sel : "Semua hewan dan tanaman disusun oleh sel dan produk sel". P.VIRCHOW (1859) berpendapat bahwa semua sel berasal dari sel yang telah lebih dulu ada (*Omnis cellulae cellula*). Melalui pembelahan sel bahan genetis (hereditas) diwariskan kepada generasi berikut. Pada tahun 1870-an STRASBURGER dan W. FLEMMING memperlihatkan bahwa inti sel memelihara kelangsungan hidup suatu jenis mahluk dari satu generasi berikutnya. O. HERTWIG (1875) membuktikan bahwa inti spermatozoa bersatu dulu dengan inti ovum untuk menjadi embryo atau generasi baru. Ia memperkenalkan *cytologi* (*cytos* = sel), ilmu yang khusus mempelajari sel.

2.2. Alat dan ukuran

Alat yang dapat digunakan untuk melihat sel adalah mikroskop.

Ada 2 jenis utama mikroskop :

- a. mikroskop cahaya
- b. mikroskop elektron

2.2.1. Mikroskop cahaya

Mikroskop cahaya, sesuai dengan namanya, menggunakan cahaya untuk membuat gambaran bayangan benda yang dibesarkan. Sumber cahaya untuk menerangi objek dapat digunakan cahaya matahari atau cahaya lampu yang di pasang dibawah objek. Pembesaran bervariasi 50 - 1000 kali.

- Ada 4 macam mikroskop cahaya :
- 1) mikroskop biasa
 - 2) mikroskop flouresensi
 - 3) mikroskop fase kontras
 - 4) mikroskop polarisasi

2.2.1.1. Mikroskop biasa

Dipakai umum oleh mahasiswa , peneliti dan tenaga laboran . Sumber cahaya untuk menerangi objek digunakan cahaya matahari langsung atau cahaya lampu. Pembesaran bervaryasi 50 – 1000 kali.

2.2.1.2. Mikroskop flouresensi

Mikroskop ini mempunyai sumber cahaya khusus bergelombang pendek dan yang dipakai sinar ultra violet (u.v). Jika cahaya ini menyinari objek berbinar (flouresensi) maka dipantulkan cahaya dengan gelombang lebih panjang. Jadi mikroskop ini jelas melihat organ yang berbinar , seperti kalau kita melihat organel atau bagian yang berbinar di bawah mikroskop, akan tampak sedangkan bagian lain gelap. Bahan-bahan yang berbinar alami contohnya : vitamin A, vitamin B₂ dan porfirin. Dapat juga dibuat bahan berbinar secara buatan . Seperti ada kandungan sel yang dapat meresap suatu bahan kimia yang diproses secara mikroteknik sehingga mereka jadi berbinar. Contohnya : ADN dan ARN.

Mikroskop ini dapat dipakai untuk menemukan adanya sel kanker, karena pada sel kanker kadar ADN tingi sekali, sehingga inti selnya berbinar jelas, dibandingkan dengan inti sel normal. Juga dapat dipakai untuk melihat sel yang mengandung kromosom Y (kromosom penentu jenis kelamin pria). Hal ini berguna untuk menetapkan apakah seseorang itu susunan kromosomnya normal sebagai pria atau tidak.

2.2.1.3. Mikroskop fase kontras

Mikroskop ini cocok untuk mengamati sel hidup atau sel pertanaman (sel kultur).

Prinsip kerjanya sebagai berikut :

Bagian – bagian sel yang tidak diwarnai secara mikroteknik dapat dibedakan di bawah mikroskop, kalau cahaya yang datang menyinari objek membuat pembiasan berbeda-beda ini dilaksanakan oleh suatu sistem optik khusus. Mikroskop yang memiliki sistem optik demikian disebut mikroskop fase kontras. Organel biasanya memiliki indeks bias yang berbeda, karena itu dapatlah dibedakan di bawah mikroskop ini.

2.2.1.4. Mikroskop polarisasi

Mikroskop ini dilengkapi dengan prisma Nicol yang terbikin dari kalsit atau balsem atau film polaroid, dapat membuat cahaya yang datang ke objek di polarisasi. Mikroskop ini digunakan untuk melihat bagian sel yang berhablur atau bersegi-segi seperti sel tulang, dinding sel tumbuhan dan butiran tepung serta lemak yang ada dalam sel.

2.2.2. Mikroskop elektron

Ada 2 macam mikroskop elektron :

1. Mikroskop Elektron Transmisi (MET)
2. Mikroskop Elektron Scanning (MES)

MET dapat dipakai untuk melihat irisan atau replika sel. Pembesarannya puluhan sampai ratusan besar asli objek. MES digunakan untuk melihat bagian luar atau morfologi sel, sehingga kita dapat melihat gambaran yang stereometris. MES ini lazim dipakai untuk melihat permukaan sel yang menyelaputi suatu rongga atau saluran atau sel yang lepas benas seperti silia, flagel, spermatozoa dan laisan epitel. Pembesarannya lebih rendah dari MET, beberapa ribu sampai puluhan ribu kali.

Umumnya ukuran sel hewan kecil. Untuk itu digunakan unit ukuran *mikron* dengan simbol μ . 1 mikron = 0,001 milimeter. Mikroskop cahaya yang baik dapat melihat sel yang berukuran 0,2 mikron. Untuk melihat bagian sel yang lebih ditel digunakan mikroskop elektron. Untuk ini digunakan ukuran Angstrom = A ---> 1 A = 0,01 mikron. Ukuran sel bervariasi tapi tiap bagian dari jenis hewan tertentu umumnya sama. Sel terkecil dikenal beberapa jenis bakteri. Diameter sel darah manusia berukuran rata-rata 7,5 mikron, sel lain berukuran 10 – 50 mikron. Beberapa sel syaraf hewan besar, panjangnya beberapa puluh cm (beberapa kaki). Sel terbesar adalah kuning telur burung dan sel telur hiu. Sel telur burung berukuran diameter 30 mm.

2.3. Struktur Sel

Bagian-bagian yang dapat dilihat di bawah mikroskop cahaya disebut struktur dan yang dapat dilihat di bawah mikroskop elektron disebut secara khusus ultra struktur.

2.3.1. Membran plasma

Sel hewan diliputi oleh membran sel atau membran plasma, berupa selaput tipis, disebut juga plasma lemma; tebalnya 100 A. Membran ini terdiri dari tiga lapis (trilaminar). Sebelah luar dan dalam terdiri dari protein, di tengah lemak.

Lapisan protein disebut hidrofobik (menolak air). Pada lapisan-lapisan tersebut terdapat pori, lobang halus untuk lewat air dan zat lain.

Peranan membran plasma :

- a. Mengatur keluar masuk zat
- b. Hidup bertetangga

c. Memahami semboyan dan menyatakan sikap atau reaksi atas semboyan atas perubahan suasana lingkungan.

2.3.2. Plasma

Plasma ini disebut juga plasma sel atau sitoplasma (cyto = sel , plasma = cairan) untuk membedakan dengan plasma darah. Tapi selanjutnya kita sebut saja plasma. Plasma ini berupa cairan sistem koloid kompleks yang merupakan gabungan antara sistem gel (kental) dan sol (encer) . Dalam plasma terkandung berbagai bahan kimia anorganis dan organis serta bahan hidup (organel). Bahan kimia itu ada yang larut dan ada yang tidak larut. Organel dibina atas persenyawaan bahan kimia anorganis dan organis kompleks dan larut (makro molekul). Organel yang terdapat dalam sel terdiri dari :

1. retikulum endoplasma
2. ribosom
3. mitokondria
4. badan golgi
5. lisosom
6. sentrosom
7. vakuola
8. plastid
9. inti

2.3.3. Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma (reticulum = jaringan, endo = dalam, plasma = cairan) berupa jaringan atau jala seperti saluran-saluran atau gelembung panjang, letaknya berjajar-jajar mengisi sebagian besar ruangan sitoplasma . Bahan yang menyusun retikulum sama dengan membrana yaitu lapisan lipoprotein tapi lebih tipis. Pada beberapa tempat mereka bertemu dengan membrana dan pada tempat lain bertemu dengan selaput inti. Retikulum endoplasma adalah sebagai tempat sintesa protein.

2.3.4. Ribosom

Ribosom berupa butiran-butiran, berdiameter 150 – 250 A, terdapat dalam sitoplasma, berbentuk bulat agak lonjong ; disebut juga palade . Ribosom ada yang melekat ke lapisan luar retikulum endoplasma , ada juga yang lepas tersebar dalam plasma. Tiap butiran terdiri dari 2 bagian, bagian yang satu lebih kecil , terletak disebelah atas dan yang besar sebelah bawah. Fungsinya sebagai tempat sintesa protein . Sekelompok ribosom tempat mensintesa sejenis protein disebut polisom.

2.3.5. Mitokondria

Organel ini berbebetuk lonjong, berukuran 0,5 - 1 mikron, berjumlah ratusan dalam sel. Paling banyak terdapat dalam sel yang giat bekerja , seperti hati , epitel, otot dan nefron.

Fungsi mitokondria ialah :

1. pernafasan aerobis, sebagai pembangkit energi, memindahkan energi potensial dalam bahan organik ke bentuk energi kinetis. Merombak glukosa, asam lemak, gliserol menjadi $CO_2 + H_2O + \text{lemak}$
2. metabolisme
3. sintesa lemak dan steroid
4. produksi panas
Untuk sintesa lemak dan steroid, mitokondria bekerja sama dengan retikulum endoplasma halus.

2.3.6. Badan Golgi

Badan Golgi mula-mula ditemukan oleh C. Golgi (1898), berupa suatu organel yang berbentuk seperti jala pada sito plasma sel syaraf tapi kemudian ternyata orgnela tersebut tidak hanya ditemukan pada sel syaraf tapi juga pada sel jaringan lain. Letaknya tak jauh dari inti. Badan Golgi berbentuk membrana Panjang atau butiran (granula), tersusun dari bahan yang sama dengan retikulum endoplasma, yaitu lipo protein. Fungsinya untuk membungkus, mengepak dan menggetahkan zat keluar (sekresi).

2.3.7. Lisosom

Lisosom (lysis = merombak, mencerna; soma = badan) adalah organel yang berperan mencerna dan menghancurkan suatu zat atau bahan, merombak berbagai molekul kompleks sehingga jadi sederhana atau memakan benda asing. Bentuknya bundar tak teratur, hampir sama dengan mitokondria. Terdapat pada sel hewan saja, pada segala jenis sel jaringan tapi paling banyak pada lekosit dan makrofag, sesuai dengan fungsinya untuk memakan benda asing.

2.3.8. Sentrosoma

Sentrosoma adalah suatu badan (soma) yang terletak di tengah (sentro) dekat inti sel. Bentuknya silender, memiliki serat-serat radial sehingga kelihatan seperti bola berduri. Didalamnya terdapat "sentrosphere" yang mengandung dua sentriole. Kedua sentriole tegak lurus sesamanya, masing-masing terdiri atas 9 filamen (benang halus) membentuk silinder. Fungsi sentriol berubah menjadi titik kutub. Pada sel hewan disebut bintang kutub, karena mempunyai serat-serat pendek radial yang berbentuk seperti bintang bersinar.

2.3.9. Vakuola

Vakuola adalah rongga yang menyerupai gelembung dalam plasma, berisi granula atau beraneka bahan cair. Vakuola ini jarang terdapat, kecil dan kurang berperan pada sel heewan tapi selalu terdapat dan berperan penting pada sel tumbuhan. Ada 4 golongan yang terkandung dan berarti fungsinya dalam vakuola, yaitu:

1. Simpanan bahan makanan, asam amino, gula, protein, mineral dan asam organik
2. Ampas metabolisme

3. Zat warna (pigmen)

4. Simpanan produksi, minyak atsiri, madu dll

Pada tumbuhan waktu sel muda vakuola kecil dan tersebar . Waktu dewasa vakuola makin besar, mengisi bagian terbesar sel.

2.3.10. Plastid

Plastid adalah bahan hidup yang hanya terdapat pada sel tumbuhan , berpuluh banyaknya dalam tiap sel . Ada 3 macam plastid :

1. lekoplas, tak berwarna (putih) berperan mensintesa dan mencadangkan Pati (amilum).

Lekoplas dapat tumbuh menjadi kromoplas dan kloropl.

2. kromoplas mengandung berbagai zat warna yang mewarnai bunga, umbi dan daun.

Dikenal pigmen xantofil yang berwarna kuning kelabu , karotin berwarna kuning dan likopen berwarna merah

3. kloroplas mengandung pigmen klorofil dan sedikit pigmen lain seperti yang di miliki kromoplas. Suatu ketika kromoplas tumbuh dari kloroplas, seperti pada buah dan daun yang menjadi matang atau layu dan gugur. Waktu itu klorofil keluar dari sel dan pigmen lain bertambah . Karena itu ketiga macam plastid dapat berubah dari satu ke yang lain . Fungsi kloroplas ialah untuk melakukan fotosintesis.

2.3.11. Inti

Inti atau nukleus berbentuk bundar atau lonjong , tersusun dari 4 komponen :

1. selaput inti = karyotheca
2. nukleoplasma = karyolympchia
3. nukleolus
4. kromatin

Komponen utama inti ialah kromatin. Organel ini mengandung ADN yang menjadi sumber segala kegiatan dan kehidupan sel . Umumnya hanya ada satu inti pada satu sel . Ada juga beberapa sel yang memiliki inti lebih dari satu , seperti pada sel hati dan kelenjar lambung. Pada protozoa (Flagellata, Ciliata) mengandung makro dan mikro nukleus. Eritrosit Mamalia, ganggang biru dan bakteri tidak berinti.

2.3.11.1. Selaput inti (karyotheca, karyo = into, theca = selaput, kulit).

Selaput inti atau disebut juga membrana inti mempunyai susunan seperti membrana sel yang terdiri dari lipoprotein tapi lebih tipis. Pada banyak tempat terdapat pori dan pada tempat lain terdapat hubungan dengan badan Golgi atau retikulum endoplasma.

2.3.11.2. Nukleoplasma

Nukleoplasma atau karyoplasma adalah cairan inti lebih kental dari sitoplasma, di dalam nya terendam bahan-bahan inti yakni nukleolus dan kromatin.

2.3.11.3. Nukleolus (jamak = nukleoli)

Disebut juga butir inti atau anak inti. Umumnya hanya ada satu nukleolus pada tiap inti tapi kadang ada juga sel memiliki dua atau lebih, seperti terdapat pada sel manusia dan bawang. Nukleolus terdapat pada sel muda atau yang giat membelah. Waktu sel akan membelah nukleolus itu membesar dulu, lalu hilang. Kalau pembelahan hampir selesai dan kromosom sedang berubah menjadi kromatin; nukleolus muncul lagi dan melekat pada salah satu kromatin. Fungsi nukleolus ialah mengontrol penggandaan kromatin.

2.3.11.4. Kromatin (chroma = berwarna, tin = benang halus)

Kromatin ialah benang halus membentuk jaringan dalam karyolimfe hingga disebut juga retikulum inti. Kromatin mengandung inti sifat keturunan bernama gen (genos = keturunan, suku bangsa). Dalam satu sel terdapat banyak kromatin dan dalam satu kromatin terkandung puluhan sampai ribuan gen.

Kalau sel akan membelah kromatin memendek, menebal dan mengganda menjadi dua. Kromatin yang membesar itu disebut *kromosom*. Kromatin sukar terlihat dengan mikroskop biasa tapi kromosom jelas terlihat. Jumlah kromosom dalam tiap sel dan tiap jenis mahluk tetap dan tertentu. Jumlah dan macam kromosom pada tiap sel tubuh selalu sama dan serupa. Ada mahluk berkromosom banyak dan ada yang sedikit. Contoh jumlah kromosom orang = 46, ayam = 36, anjing = 78, sedangkan *ascaris* hanya 2.

BAB III SISTEM PENCERNAAN

Tumbuhan hijau membentuk jaringannya dari zat anorganik melalui proses fotosintesa, dengan menggunakan energi cahaya matahari. Hewan memakan tanaman dan atau hewan lain yang digunakan sebagai bahan bakar dan sebagai sumber materi untuk tumbuh dan perbaikan. Makanan itu dicernakan menjadi substansi kimia sederhana dan kemudian di absorpsi oleh sel-sel dan jaringan tubuh untuk digunakan.

3.1. Makanan

Hewan memakan makanan dalam berbagai bentuk. Berdasarkan sumber makanan yang digunakan hewan maka hewan itu dibagi dalam 3 golongan :

1. *Herbivora* ialah hewan pemakan herba (tanaman) seperti sapi / ternak, Rodentia, serangga.
2. *Karnivora* ialah hewan pemakan daging atau pemakan hewan lain, seperti harimau, hiu, dll.
3. *Omnivora* ialah hewan pemakan tanaman dan hewan lain atau hewan pemakan segala, contohnya : manusia, beruang, tikus.

Menurut bentuk makanan yang dimakan hewan, hewan itu dibagi atas empat kelompok :

1. Mikrofaga yaitu hewan pemakan partikel kecil, hidup atau mati seperti plankton. Plankton ialah hewan kecil yang hidup terapung (pelagis) dipermukaan air. Contoh hewan mikrofage ialah : paramaecium, beberapa jenis ikan, kecebong, paus tak bergigi, dll.
2. Makrofage ialah hewan pemakan materi besar seperti hewan besar seperti manusia . Kelompok ini melumatkan dulu makanannya sebelum masuk ke saluran pencernaan. Banyak pula yang langsung melulur makanan seperti ikan , amphibia , reptilia dan aves.
3. Pemakan detritus yaitu hewan yang memakan hancuran organis dari tumbuhan atau dari hewan dalam tanah, seperti cacing tanah (pheretima) yang memiliki tekak (pharynx) berotot tebal untuk mengisap tanah yang mengandung detritus.
4. Pemakan cairan yaitu hewan yang memakan makanan dalam bentuk cair. Contohnya, nyamuk pengisap darah, serangga pengisap cairan tumbuhan, cacing, dll. Kebanyakan adalah parasit.

3.2. Alat Pencernaan

Vertebrata memiliki alat pencernaan sebagai berikut :

3.2.1. Mulut

Dalam mulut terdapat organ dan kelenjar yang membantu sistem pencernaan, yaitu :

- a. **Lidah** yang mengandung banyak tonjolan (papilae) dan sel-sel sensoris sebagai indra peraba dan pengecap. Pada beberapa jenis hewan (katak, kadal) lidah digunakan untuk menangkap mangsa. Lidah berfungsi untuk mengaduk atau memperbaiki gumpalan makanan yang dicairkan oleh liur serta menolong proses menelan. Kelenjar liur (glandula salivaris) menggetahkan liur yang mengandung 99,55 air, musin (lendir protein) dan enzim Ptyalin. Ptyalin adalah enzim amilase mulut. Dalam kadar rendah liur juga mengandung ureum, garam Na, karbonat dan fosfat, leukosit dan enzim lisozim ; pH liur = 6,8 - 7. Fungsinya :
 1. membasahi makanan
 2. mencegah kekeringan mulut
 3. mencernakan amilum oleh Ptyalin
 4. melancarkan faal pengecap
 5. membunuh kuman oleh lisozim
 6. sebagai buffer (dapar) karena garam-garamnya.

- b. **Gigi (dentis)** yang berfungsi untuk memotong , menggigit, menyobek dan mengunyah makanan. Pada ular berbisa, taring atas bersaluran untuk menusukkan bisa ke tubuh mangsanya.

3.2.2. Tekak (pharynx)

Tekak merupakan persimpangan antara saluran nafas dan saluran makanan.

Tekak terdiri atas 3 bagian :

1. nasopharynx yang berhubungan dengan hidung
2. oropharynx yang berhubungan dengan mulut
3. laryngopharynx yang berhubungan dengan jakun (larynx)

Ketika menelan makanan gumpalan makanan (bolus), anak lidah (uvula) menutup saluran nasopharynx, jakun naik, diikuti epiglotis dan otot spinkter epiglotis menutupi muaralarynxgopharynx ke tenggorok. Makanan bergerak lurus ke kerongkongan. Setelah bolus lewat saluran nafas terbuka lapang kembali.

3.2.3. Kerongkongan (oesophagus)

Kerongkongan berupa tabung elastis tempat lewat makanan, terletak tepat di daerah jantung dan paru. Pada kerongkongan tidak terjadi pencernaan. Pada burung (aves) dalam tembolok, bagian depan kerongkongan, terjadi pencernaan oleh bakteri. Pada merpati dinding tembolok mengandung kelenjar susu memuntahkan getahnya untuk bayinya.

Sejak kerongkongan gerakan bolus secara peristalis. Gerakan ini dimiliki oleh seluruh saluran pencernaan, sejak kerongkongan sampai usus besar, involunter dan tidak dipengaruhi atau dapat melawan daya gravitasi.

3.2.4. Lambung (gastrum, gaster, ventrikulus)

Lambung adalah suatu kantong besar tempat makanan disimpan dan sebagian dicernakan. Lambung bergerak secara peristaltis. Kalau lambung tak berisi ia jadi kempis tapi gerakan peristaltis berangsur terus, meski tak segiat waktu berisi. Itulah sebabnya perut merasa perih dan keroncongan. Bolus dicernakan selama sekitar 10 menit. Seluruh makanan meninggalkan lambung manusia setelah 6 jam. Pada sapi setelah 4 hari kemudian. Di bagian bawah lambung terdapat pylorus yang memiliki otot spinkter, berfungsi mengatur turunnya makanan ke usus. Turunnya makanan dari lambung ke usus disebabkan oleh peristaltis, perbedaan tekanan dan kealkalisan usus. Tekanan dalam lambung lebih besar dari usus menyebabkan makanan turun. Getah usus alkalis, merangsang spinkter membuka, tapi segera menutup lagi oleh reaksi asam dalam lambung.

Dinding lambung mengandung kelenjar lambung (sekitar 35.000.000.) yang menghasilkan cairan lambung. Getah lambung (succus gastricus) dihasilkan sebanyak 3 liter dalam 24 jam, dengan pH 1,0 – 1,5, sangat asam. Getah itu mengandung bahan anorganis dan organis, ion-ion Na, K, Ca, Mg, Cl, fosfat dan sulfat: bahan dan intrinsic factor (faktor hakiki). Organik terdiri dari pepsinogen, mucin, renin dan lipase. HCl yang dihasilkan kelenjar lambung mengaktifkan pepsinogen menjadi enzim pepsin yang aktif bekerja memecah protein menjadi proteosa atau pepton. Renin menyebabkan casein dalam susu membeku. Ekstrak renin dari lambung anak sapi digunakan untuk meminyaki massa makanan. Lipase lambung tak begitu dipakai dalam lambung, namun getah lambung ini secara fisik mengubah gumpalan lemak menjadi emulsi kasar.

Intrinsic factor menolong usus meresap vitamin B₁₂. Perkembangan mikroba patogen dalam lambung dirintangi oleh HCl, membuat lambung sangat asam dan tak baik bagi bakteri. Lambung berperan untuk menyimpan sementara makanan sambil memecah – memecahkan menjadi setengah cair. Bubur makanan dalam lambung ini sekarang disebut kimus (chymus).

Pada Ruminantia (sapi, kerbau) lambung berperan selain sebagai penyimpanan makanan sementara untuk dimamah kedua kalinya, juga sebagai tempat pembusukan dan peragian (fermentasi).

3.2.4. Usus

Usus halus berupa tabung lembut sepanjang 62,5 cm (25 inci). 25 cm pertama adalah duodenum, bagian yang panjang ditengah adalah yeyunum dan 10 – 12,5 cm sisianya adalah ileum. Bila gumpalan makanan setengah cair (chymus) melalui katup pilorik ke dalam duodenum, merangsang getah usus di tabung-tabung kelenjar pada jonjot usus. Larutan usus yang alkalis mengandung beberapa enzim:

1. eripsin, bekerja melanjutkan pencernaan protein merombak proteose dan pepton menjadi asam amino.
2. maltase merombak maltose menjadi glukose.
3. sukrase merubah sukrose (gukla tebu) menjadi glukose dan fruktose.
4. laktase memecah laktose (gula susu) menjadi glukose dan galaktose.

Asam HCl dalam kimus, sebelum masuk usus merangsang sel-sel dalam dinding usus untuk mengeluarkan sekretin dari prosekretin. Ini adalah hormon yang dibawa

aliran darah melalui hati ke pankreas. Karbonat dinetralkan oleh HCl dalam kimus sehingga isi usus sedikit basa.

Enzim yang berasal dari getah pankreas ialah :

1. tripsin , diaktifkan dari tripsinogen oleh enterokinase dari dinding usus, berfungsi merombak protein menjadi asam amino.
2. lipase , memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.
3. amilopsin, yang mereduksi keseluruhan atau sebagian pati menjadi gula.

Pada lapisan mukosa yeyunum dan ileum ada tonjolan halus ke lumen, berjejer membentuk susunan jari disebut villus (jamak villi). Villus terdiri dari sel-sel epitel yang memiliki proses mikrovili atau striasi untuk memperluas permukaan dalam dinding usus. Dengan demikian keadaan itu memperbesar kesempatan mengadakan absorpsi sari makanan. Dalam usus halus makanan di gerakkan serta dialirkan oleh adanya gerakan peristaltis dan segmentasi . Peristaltis untuk menggerakkan kimus dari anterior ke posterior, segmentasi untuk memotong-motong makanan menjadi bagian-bagian kecil dan kemudian jadi teraduk.

3.2.6. Hati (Hepar)

Hati adalah merupakan kelenjar yang paling besar dalam tubuh. Hati mempunyai beberapa belahan (lobus / lobi). Tiap lobi mempunyai saluran yang dinamakan ductus hepaticus (saluran hepar) yang mengalirkan empedu melalui saluran empedu (ductus cholduchus) ke duodenum.

Hati mempunyai berbagai fungsi seperti :

1. Simpanan cadangan glukose (sebagai glikogen) yang dapat disuplai ke bagian tubuh yang membutuhkannya.
2. Melakukan sintesa protein dan juga penguraian dan pembuangan sisa-sisa nitrogen.
3. Membantu membuang racun.
4. Membentuk substansi tambahan (faktor anti anemi) dalam pembentukan sel eritrosit, tapi juga menghancurkan eritrosit (sel darah merah).

3.2.7. Kantong empedu (versica fellea)

Kantong empedu berfungsi untuk menyimpan empedu yang terus menerus digetahkan hati dan dikeluarkan ke dalam usus, bila ada makanan. Salurannya itu dinamakan saluran empedu (ductus choleduchus). Empedu berupa cairan setengah kental, berwarna kuning kehijauan. Empedu disimpan dalam kantong empedu yang mengalirkan 500 – 1.000 cc setiap hari kedalam usus. Bila aliran ini terganggu oleh batu empedu atau infeksi saluran empedu, pigmen empedu tertentu menyebar kedalam aliran darah dan menimbulkan penyakit kuning, dengan kulit kekuningan. Rasa empedu pahit dengan reaksi agak alakalis, pH 7 – 7,6.

Empedu mengandung :

1. Garam empedu yang terdiri atas garam-garam Na, asam glikolat dan asam tarokolat.
2. Pigmen empedu yaitu bilirubin dan biliverdin
3. Kolesterol

4. Garam-garam mineral, Cl dan bikarbonat

Kegunaan empedu :

1. memudahkan pencernaan dengan merombak lemak menjadi butir-butir kecil (emulsi).
2. mengaktifkan lipase
3. garam empedu menolong daya absorpsi lemak pada dinding usus
4. menciptakan reaksi basa dalam usus

Proses Pencernaan

Getah usus akhirnya menyelesaikan pencernaan sehingga 3 makanan pokok (protein, karbohidrat, lemak) menjadi molekul sederhana : asam amino , glukose, asam lemak dan gliserol yang disebut *sari makanan*. Makanan yang tak usah dicernakan secara kimia adalah vitamin dan mineral. Molekul – molekul bahan ini dapat langsung merembes dinding usus dan masuk plasma darah. Waktu yang dibutuhkan makanan sejak masuk mulut sampai usus halus selama 4 ½ jam. Dalam mulut tidak terjadi absorpsi makanan. Dalam lambung dapat terjadi sedikit absorpsi air , alkohol dan mineral. Absorpsi makanan terjadi pada dinding usus halus yaitu di daerah yeyunum dan ileum. Dalam usus besar terjadi absorpsi air dan sedikit bahan yang tak sempat diabsorpsi dalam usus.

Proses absorpsi terjadi dengan 4 macam cara :

1. *Osmosis* : karena plasma darah hipertonis, ir bersama zat yang larut merembes secara osmosis masuk dari usus ke plasma darah.
2. *Difusi* : konsentrasi zat dalam lumen usus lebih besar dari pada dalam darah, sehingga terjadi perembesan secara difusi kedalam plasma darah.
3. *Filtrasi* : hal ini terjadi karena vili secara berkala mengerut dan mengendur, bertindak sebagai pengisap, maka tekanan hidrostatis dalam plasma dan didalam usus lebih besar dari pada lumen usus.

Pengangkutan sari makanan sesudah mengalami absorpsi terjadi lewat pembuluh darah dan lewat pembuluh limfe (getah bening) . Yang lewat darah sari makanan diangkut dulu ke hati , terus ke jantung lalu diedarkan ke seluruh tubuh . Yang diangkut ke pembuluh darah adalah vitamin, asam amino, glukosa dan garam mineral. Sedangkan yang diangkut melalui 2 jalan , urat darah dan limfe adalah asam lemak dan glicerol . Vitamin Yang hanya larut dalam lemak (A, D, E, dan K) diangkut ke peredaran darah melalui limfe.

3.2.8. Usus buntu (apendiks = caecum dan usus besar (colon = kolon)

Struktur usus buntu dan usus besar sama seperti usus halus tanpa villi . Usus buntu terletak antara usus halus (intestin) dan usus besar . Usus besar mengatur residu makanan yang dapat dan tak dapat dicernakan dan sebagai jalan ke rectum dan anus. Usus besar berperan untuk absorpsi air , sementara berlangsung pembusukan yang dikelola oleh flora dan fauna usus. Disini terdapat bakteri *Escherichia coli*. Karena

proses pembusukan sisa makanan jadi hancur dalam lemak dan mudah dikeluarkan dari anus (dubur).

Dalam usus buntu dan usus besar mikroba mensintesa pula Vitamin B kompleks (terutama vitamin B₁₂) dan vitamin K. Seseorang yang banyak memakan obat antibiotika, menyebabkan mikroba usus mati dan sintesa vitamin berkurang.

Tinja adalah sisa makanan bersama-sama dengan bakteri, mukus dan sel-sel mati dari dinding usus membentuk tinja.

Jadi tinja terbentuk dari :

1. Bahan yang tak dapat atau tak sempat dicernakan seperti bahan kayu (selulose), serat-serat daging atau butiran makanan yang terlalu besar ditelan.
2. Bakteri yang sudah mati terdiri dari $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ volume tinja. Bakteri itu berasal dari usus buntu dan usus besar, yang hidup melakukan pembusukan (saprofit) disitu waktu dikeluarkan sebagian besar bakteri telah mati.
3. Zat atau gas yang timbul oleh pembusukan atau fermentasi mikroba seperti H₂S, NH₄, indole, skatole fenol dan amin.
4. Sel-sel epitel yang mengelupas dari dinding usus bersama lendir.
5. Sisa empedu. Pigmen empedu mewarnai sebagian besar tinja, hingga tinja berwarna kuning coklat. Variasi warna dapat dipengaruhi oleh warna bahan makanan dan obat.

BAB IV SISTEM SIRKULASI

Proses kehidupan hewan memerlukan makanan dan oksigen yang terus menerus dapat dipakai untuk metabolisme dalam seluruh bagian tubuh dan sisanya cepat dikeluarkan. Pada hewan protozoa sirkulasi dilakukan oleh gerakan aliran sitoplasma dalam tubuh yang terdiri dari satu sel, sehingga sari makanan yang dicernakan dalam vakuola makanan disebarkan ke seluruh tubuh. Pada cacing pipih (*Platyemintes*) sistem peredaran dilakukan dengan sistem gastrovaskuler. Ususnya yang bercabang-cabang halus ke seluruh tubuh, selain sebagai alat pencernaan juga langsung mengangkut sari makanan. Sisa metabolisme diangkut lewat saluran pembuangan tersendiri (saluran ekresi). Pada Nematoda sistem peredaran dilakukan oleh rongga tubuh yang terletak antara dinding tubuh dan saluran pencernaan. Arthropoda memiliki peredaran darah terbuka. Pada hewan tingkat tinggi sudah mempunyai suatu sistem peredaran tertentu sebagai suatu transport dalam tubuhnya.

Alat-alat yang penting dalam peredaran ini terdiri dari :

1. *Darah* yang mengandung cairan plasma dan sel-sel bebas atau butir-butir darah.
2. *Jantung* dengan dinding otot yang berkontraksi secara periodik memompa darah ke seluruh tubuh.
3. *Pembuluh darah*

Vertabrata dan Annelida mempunyai sistem peredaran yang tertutup, yakni pembuluh darah menyampaikan darah dari jantung ke jaringan dalam berbagai perjalanan keliling dan kembali ke jantung. Moluska dan Arthropoda mempunyai sistem peredaran terbuka (*lacunar system*), darah di pompa dari jantung melalui saluran darah ke berbagai organ tapi kembali sebahagian atau seluruhnya melalui rongga tubuh (*hemocoel*) ke jantung.

Semua Vertabrata darahnya tersusun dari :

1. plasma darah yang bening
2. eritrosit (sel darah merah)
3. lekosit (sel darah putih)
4. sel-sel kecil, keping-keping atau trombosit

4.1. Plasma darah

Plasma darah merupakan bagian yang cair, yang mengandung berbagai zat seperti zat makanan (glukosa, asam amino, asam lemak, lemak, protein), hormon, enzim, antibodi dan garam mineral.

Plasma membawa makanan yang sudah larut, sisa-sisa dalam dan beberapa gas. Plasma darah manusia terdiri dari 92 % air tambah protein dan bahan organik dan sekitar 0,9 % garam inorganik, terutama NaCl. Rata-rata tiap orang mengandung 60 % plasma.

Protein plasma terdiri dari :

1. antihemifilik gluobulin (AHG), berguna untuk mencegah hemofilik, penyakit darah sukar membeku
2. tromboplastin
3. protombin
4. fibrinogen
5. albumin
6. imunoglobulin

Tromboplastin dihasilkan oleh keping darah dan bersama protombin dan fibrinogen berfungsi untuk membekukan darah. Albumin menjaga keadaan hipertonis plasma darah terhadap jaringan. Imunoglobulin digunakan untuk kekebalan.

4.2. Eritrosit

- Eritrosit atau sel darah merah pada vertebrata umumnya berbentuk lonjong (oval) dan mempunyai inti. Pada mamalia berbentuk bikonkaf dan bulat (sirkuler) dan tidak berinti, yang sedang mengalami pertumbuhan mempunyai inti. Eritrosit manusia berjumlah 30 triliun dapat hidup selama 120 hari dan dapat mengalir selama 50.000 kali peredaran darah; pada orang jumlah eritrosit 5 juta / mm^3 . Pada bayi dan orang-orang yang berdiam di pegunungan jumlahnya lebih banyak. Jumlahnya berubah bila diserang penyakit dan berkurang pada anemia. Eritrosit umumnya dihasilkan dalam sumsum tulang dan disimpan dalam limpa.

4.3. Lekosit, keping darah atau trombosit

Lekosit atau sel darah putih bertindak sebagai fagositosis (phagos = makan), memakan bakteri yang masuk melalui luka. Jumlah lekosit berkisar 8.000 – 10.000 pada keadaan normal dan bertambah mencapai 20.000 – 30.000 per mm^3 pada waktu infeksi. Nanah putih pada daerah infeksi terdiri dari lekosit mati, jaringan sel mati dan serum darah.

Lekosit mempunyai inti berwarna putih, terdiri dari 3 jenis :

1. granulosit
2. limfosit
3. monosit

Granulosit mengandung granula, inti besar lebih besar dari sitoplasma. Intinya Polimorfis bergelembung tak teratur. Ada 3 macam granulosit : netrofil, eosinofil dan basofil

Limfosit tidak mengandung granula, inti besar dibanding sitoplasma. Limfosit dapat berubah bentuk dan pindah (amuboid) dari kapiler ke jaringan. Untuk kembali nanti ke peredaran darah limfosit itu masuk lewat pembuluh limfa.

Monosit lebih besar dari kedua jenis terdahulu tadi, inti besar membentuk huruf J tebal.

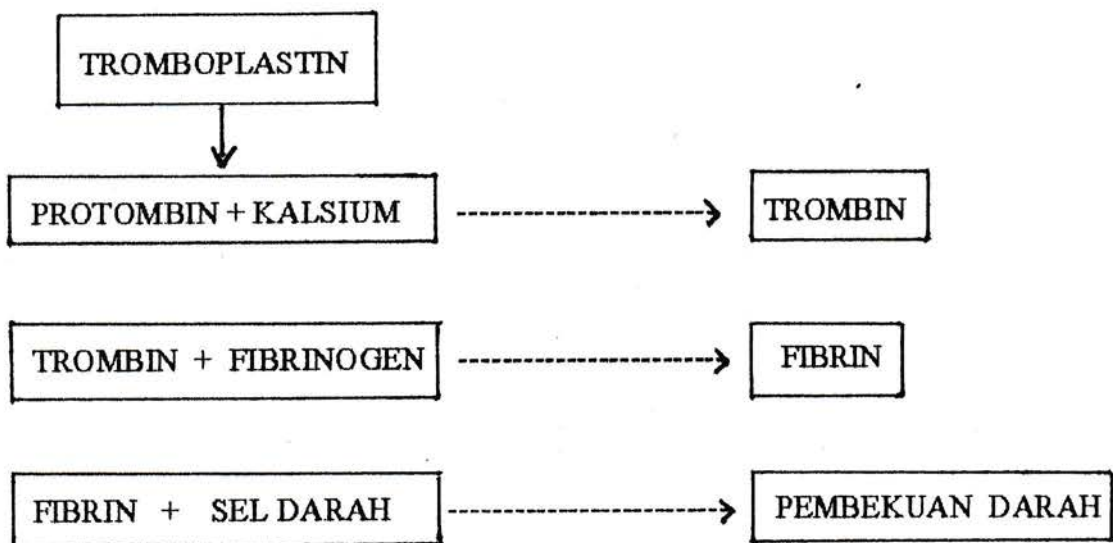
Lekosit di buat dalam kelenjar limfa (nodulus lymphaticus), limfa (lien) dan sumsum tulang. Fungsi lekosit :

1. Granulosit dan monosit bersifat fagositosis, memakan benda asing.
2. Limfosit menghasilkan antibodi / antitoksin yang berguna untuk kekebalan (imunitas).

Keping darah atau trombosit tidak jelas dalam darah tapi merupakan elemen yang essential. Mereka lebih kurang berbentuk cakram, lebih kecil dari eritrosit dan tidak berinti. Bila luka, mereka terpecah, melepaskan tromboplastin untuk membentuk pembekuan. Proses pembekuan darah terjadi sebagai berikut : bila pembuluh darah terpotong keping darah mengeluarkan tromboplastin (trombokinase). Dengan adanya ion Ca trombokinase mengaktifkan protombin menjadi trombin. (Protombin dihasilkan dalam hati bila ada vitamin K).

Trombin merubah *fibrinogen* menjadi *fibrin*. Fibrin berupa serat-serat bentuk jarum membuat saringan pada tempat luka atau bagian pembuluh yang kena benda asing atau kasar sehingga sel-sel darah melekat dan tidak bisa merembes.

Skema pembekuan darah



4.4. Fungsi darah

Darah menyelenggarakan berbagai macam tugas untuk berbagai macam bagian tubuh. Tugasnya membawa :

1. Oksigen (O₂) dan Karbondioksida (CO₂) dari organ pernafasan ke jaringan-jaringan.
2. Air dan sari makanan dari saluran pencernaan ke organ lain.
3. Simpanan makanan dari satu organ atau jaringan ke tempat lain yang membutkannya.
4. Sisa-sisa organik, kelebihan mineral dalam larutan dan air ke organ pembuangan
5. Hormon dari kelenjar-kelenjar yang menghasilkan ke tempat-tempat yang memerlukannya.

Disamping berbagai fungsi transport darah bertindak juga sebagai :

1. Pengatur pH jaringan : pH darah alkalis lemah, relatif konstan dengan pH 7,4
2. Pengatur suhu tubuh pada Mamalia dan burung bedarah panas.
3. Pertahanan keamanan bagi serangan bibit penyakit yang masuk ke dalam tubuh.

4.5. Golongan darah

Darah manusia dibagi atas beberapa golongan karena berbedanya susunan protein darahnya . Protein yang memegang peranan dalam hal ini ialah antigen dan agglutinin (antibodi) . Antigen adalah yang terdapat dalam eeritrosit , sedangkan agglutinin dalam plasma. Agglutinin akan menyerang antigen darah segolongan orang tapi tidak darah yang segolongan dengan dia. Agglutinin yang menyerang antigen itu menyebabkan terjadinya penggumpalan (agglutinas). Darah manusia dibagi atas 4 golongan :

1. golongan A
2. golongan B
3. golongan AB
4. golongan O

Golongan darah A mengandung antigen A dalam eritrosit dan agglutinin β(beta) dalam plasma. Golongan darah B mengandung antigen B dalam eritrosit dan agglutinin α (alfa) dalam plasma.

Skemanya dapat dilihat pada tabel berikut :

RESIPEN	D O N O R	Gol. darah	O	A	B	AB
		Antigen	-	A	A	A , B
Gol. darah	Aglutinin					
O	α , β		-	+	+	+
A	β		-	-	+	+
B	α		-	+	-	+
AB	-		-	-	-	-

Keterangan tabel :

- = tidak menggumpal, cocok

+ = terjadi penggumpalan, tidak cocok

gol = golongan

Dari tabel tersebut dapat dibaca golongan-golongan darah mana yang cocok untuk dipakai pada transfusi darah . Kalau donor (pemberi) darah golongan A yang mengandung antigen A diberikan ke resipien (penerima) darah dari golongan B yang mengandung agglutinin α maka agglutinin α ini akan menyerang antigen A dan akan terjadi penggumpalan darah. Akibatnya resipien (penerima) akan mati. Agglutinin α akan menyerang antigen A dan agglutinin β akan menyerang antigen B.

4.6. Faktor Rhesus (Rh)

Sekitar 85 % ras kulit putih mempunyai antigen lain dalam eritrositnya dan ini dikenal sebagai Rh + (Rhesus positif). Pada faktor Rhesus dikenal 2 jenis darah :

- a. Rhesus positif (Rh +)
- b. Rhesus negatif (Rh -)

Rh + mengandung antigen faktor rhesus dalam eritrositnya, tak ada agglutinin dalam plasma sedangkan orang yang mengandung Rh - tidak mengandung antigen faktor Rhesus, juga tidak mengandung agglutininnya dalam plasma. Kalau donor Rh + , resipien Rh - tak akan terjadi penggumpalan , karena pad darah resipien itu tak ada agglutininnya. Kalau donor Rh - , resipien Rh + , juga tidak terjadi penggumpalan dan tidak ada antigen donor yang harus digumpalkan.

Seorang yang mengandung Rh - menerima darah dari Rh + , tidak menunjukkan reaksi pada mulanya, tapi kemudian kemudian menjadi isoimmun. Bila kemudian ditransfusi dengan darah Rh + terjadi reaksi yang keras yang biasanya menyebabkan kematian (fatal). Agglutinin anti Rh menyebabkan hemolisis dari Rh + yang ditransfusi.

Pada ibu yang hamil faktor Rhesus ini memegang peranan penting. Kalau ibu Rh - mengandung janin Rh + (yang berasal dari ayahnya) sebagian antigen janin akan merembes ke dalam peredaran darah ibu melalui plasenta dan terbentuklah agglutinin. Sampai bayi lahir belum apa-apa , tapi kalau ibu mengandung Rh + kedua kalinya, dalam tubuhnya sudah terbentuk banyak agglutinin, sehingga mampu menggumpalkan eritrosit janinnya, sehingga lahirlah bayi yang mengidap anemia yang parah dan sering menyebabkan kematian sang bayi. Hal ini banyak terjadi di Amerika Serikat.

4.7. Sistem Limfa

Dalam jaringan tubuh terdapat cairan yang berhubungan dengan sel dan pembuluh darah yang dinamakan cairan jaringan limfa atau disebut juga getah bening. Cairan ini dialirkan melalui pembuluh limfa yang bercabang-cabang halus . Arah aliran limfa selalu menuju jantung, bukan sebaliknya. Pembuluh utama bermuara ke vena subklavia kiri dan kanan.

Pada beberapa tempat terutama di daerah lipatan paha, ketiak dan sekitar pharynx, pembuluh itu memiliki simpul (kelenjar limfa = nodulus lymphaticus). Simpul ini menghasilkan lekosit dan menyaring benda asing.

Fungsi limfa :

1. membawa plasma , lekosit dan zat-zat yang perlu atau ampas metabolisme ke dalam peredaran darah .
2. menyaring benda asing atau racun yang masuk peredaran darah.
3. mengangkut lemak dari usus ke dalam peredaran darah
4. simpul menghasilkan lekosit.

Limfa (spleen) adalah bagian sistem limfa dan sirkulasi yang dapat bertindak sebagai reservoir untuk menahan 1/5 sampai 1/3 seluruh darah. Mereka mengatur volume darah dimana-mana dalam sirkulasi. Juga memproduksi sel darah putih (limfosit) dan menghancurkan eritrosit.

4.8. Jantung

Seluruh sistem sirkulasi pada Vertebrata diatur oleh jantung, pembuluh darah (arteri, arteriole, kapiler dan vena) saluran dan pembuluh limfa. Jantung terdiri dari satu seri ruangan dengan dinding otot yang menerima darah dari vena dan memompanya ke arteri. Pada ikan jantungnya terdiri dari dua ruangan (satu serambi dan satu kamar). Semua darah yang melalui jantung tidak beroksigen. Pada amfibi dan sebagian Reptilia

jantungnya terdiri dari dua serambi (yang menerima darah dari tubuh dan paru-paru berturut-turut) dan satu kamar. Pada burung (Aves) dan Mamalia jantungnya terdiri dari dua serambi dan dua kamar merupakan struktur yang benar-benar rangkap dua, bagian kanan hanya memompa darah dari tubuh ke paru-paru dan yang kiri dari paru-paru ke tubuh.

Otot jantung mempunyai tenaga berpembawaan halus dari kontraksi ritmis dari semula pembentukannya sejak embryo. Kebebasan luar biasa ini dapat dilihat pada katak. Jantungnya yang diambil dari tubuhnya akan berkontraksi dalam beberapa menit. Bila direndam dalam larutan garam fisiologis yang dilengkapi dengan unsur-unsur esensial dan bahan gizi (NaCl, CaCl₂ dan seterusnya dan glukose) dapat berdenyut terus sampai beberapa hari. Denyutan jantung diatur oleh sel-sel otot jantung tertentu, dibawah kontrol syaraf (syaraf vagus, sistem simpatetik) dan oleh beberapa hormon dan obat-obat tertentu.

Rangkaian gerakan jantung adalah sebagai berikut :

Serambi berdinding tipis diisi oleh darah dari vena besar , kemudian berkontraksi, darah mengalir ke ventrikel, klep bikuspid dan trikuspid tertutup karena penambahan tekanan darah. Klep semilunar tetap tertutup sehingga menghambat darah dari segala jurusan dan terjadilah penekanan. Bila penekanan dalam ventrikel melebihi tekanan arteri, klep semi seluler membuka dan darah menyembur ke dalam pembuluh arteri. Kemudian siklusnya berulang.

Pada manusia normal jantung berdenyut 72 x setiap menit dan memompa darah sebanyak 60 cc setiap denyutan. Jumlah darah keseluruhan sekitar 6.000 cc dan dapat melewati jantung dalam 100 denyutan. Selama hidup (70 tahun) jantung berkontraksi 3

billion kali dan memerlukan hampir 200 juta liter darah. Pada beberapa burung kecil dan beberapa mamalia jantung berdenyut 200 – 400 kali setiap menit. Darah bergerak dari jantung dalam satu seri denyutan, arteri yang membuka terasa sebagai *pulse* pada pergelangan tangan atau pelipis, waktu jantung berkontraksi; ini dinamakan *sistole* dan kemudian bila jantung terisi dinamakan *diastole*. Tekanan normal khas pada manusia adalah 120 / 80 (sistolik / diastolik) pada arteri, 30 / 10 pada kapiler dan 10 / 0 pada vena.

4.8. Sirkulasi darah pada Vertebrata

Perjalanan sirkulasi darah yang esensial pada manusia adalah sebagai berikut: Darah yang datang dari berbagai bagian tubuh melewati vena prekava dan poskava, masuk ke serambi kanan, darah ini miskin akan oksigen, berwarna merah tua dan membawa CO₂. Dari serambi kanan darah itu mengalir melalui klep trikuspid masuk ke kamar kanan, kemudian sebagai hasil kontraksi kuat dari otot jantung (*sistole*) melalui klep semilunar dan arteri pulmo sampai ke paru-paru. Dalam paru-paru darah berjalan melalui kapiler-kapiler kecil dalam membran penutup alveoli. Disitu O₂ diambil dan CO₂ dilepaskan. Setelah darah mengalir ke pembuluh besar dan vena pulmo, darah masuk ke serambi kiri. Melewati klep bikuspid darah masuk ke kamar kiri dan dengan kontraksi otot yang kuat (*sistole*) darah mengalir ke aorta, saluran darah yang besar berdinding kuat, dalam tubuh. Aorta bercabang-cabang menjadi beberapa arteri dan menyebar ke seluruh tubuh.

Darah mengalir dari arteri yang besar sampai ke yang sangat kecil dan akhirnya sampai ke kapiler non muskular dalam jaringan. Difusi terjadi melalui dinding kapiler, berarti penggantian air, gas, garam dan materi organik yang larut antara darah dan sel-sel yang membentuk tubuh. Darah kembali ke jantung melalui vena. Pembuluh-pembuluh kecil bersatu membentuk venule dan ini membentuk vena, kemudian berkumpul dalam dua vena besar, prekava dan poskava.

BAB V PERNAFASAN

Pernafasan ialah proses mengambil oksigen dari udara dan mengantarkannya ke jaringan. Oksigen itu dipakai untuk oksidasi glukosa, sehingga keluar energi dalam ikatan fosfat.

Bernafas secara anaerobis ialah pernafasan yang terjadi pada mahluk yang tidak membutuhkan oksigen dari udara sebagai oksidator.

Bernafas secara aerobis ialah pernafasan yang terjadi pada mahluk yang membutuhkan oksigen sebagai oksidator zat makanan untuk menghasilkan energi.

Bernafas secara anaerobis dan aerobis bisa terjadi dalam satu individu seperti pada hewan tingkat tinggi (Mamalia) . Jika oksigen kurang atau tidak ada, jaringan dapat bernafas secara anaerobis.

Semua sel dalam tubuh membutuhkan oksigen, karena reaksi kimia pernafasan untuk menghasilkan energi itu berlangsung dalam tiap sel.

- pada mahluk monoselluler alat pernafasan melalui kulit, oksigen dapat langsung berdifusi dari lingkungan.
- pada mahluk multi selluler, contohnya Porifera, Coelentrata, Platyhelminthes, Nematoda dan Annelida alat pernafasan melalui kulit, oksigen dapat mencapai setiap sel tubuh dengan difusi langsung dari lingkungan atau lewat rongga.

Mengangkut gas pernafasan dapat dilakukan dengan dua cara :

1. Melalui pembuluh darah
2. Melalui corong hawa

Pembuluh darah umum terdapat pada hewan, menghubungkan alat pernafasan yang berada dekat ke luar tubuh jaringan.

Corong hawa hanya terdapat pada Insekta. Selain sebagai alat penerima, corong itu juga mengangkut oksigen langsung ke jaringan.

Alat pernafasan berbagai hewan

5.1. Pernafasan Artropoda

Secara garis besar dapat dibagi 2 kelompok :

1. Bernafas dengan insang (bagi artropoda air)
2. Bernafas dengan corong / trachea (bagi yang hidup di darat, terutama insekta).

Sebagai kekecualian Arachnoidea, memiliki belahan – belahan tipis mirip buku, yang kalau bernafas di udara disebut paru buku dan yang bernafas di air disebut insang buku.

Crustacea bernafas dengan insang, terletak berpasangan di pangkal anggota daerah kepala dada, dilindungi oleh exoskelet berupa tameng disebut *carapace*.

Corong hawa (trachea) pada insekta, terdiri dari 2 batang corong utama (sepasang) terletak di lateral, sepasang corong kecil di ventral dan sepasang di dorsal.

Pada setiap segment trachea memiliki lubang keluar disebut *spirakulum* atau *stigma*. Trachea yang bercabang-cabang halus disebut *tracheolus*. Di pangkal percabangan trachea menjadi tracheoli, ada sel yang memiliki sifat pernafasan, disebut *tracheoblast*.

5.2. Pernafasan Molluska

Molluska yang hidup di air bernafas dengan insang. Mollusaka yang hidup di darat bernafas dengan paru-paru.

5.3. Pernafasan Pisces

Pisces bernafas dengan insang (branchia). Branchia mempunyai bagian-bagian :

1. Arcus branchialis (lengkung insang) terdiri dari tulang rawan, mempunyai gigi-gigi insang (radial branchialis atau tapis insang).
2. Hemibranchii (filamen insang atau daun insang)

Keseluruhan insang disebut holobranchii.

Pada arcus branchialis terdapat pembuluh-pembuluh darah yaitu :

- arteria branchialis dan
- arteria epibranchialis

Pernafasan pisces dibantu dengan vesica natatoria (gelembung renang) yang dipergunakan sebagai alat hydrostatis, yaitu untuk menyesuaikan diri dengan tekanan udara dalam air.

5.4. Pernafasan Amphibia

Pada waktu muda (kecebong, berudu, tadpole) *Rana cancrivora* bernafas dengan insang (branchium), pada *Tractus respiratorius* ini terdiri dari :

- Nares anterior - choane
- Cavum oris (mulut)
- Larynx : terdapat dua pita elastis yang disebut corda vocalis (kantong suara) ; apabila udara dengan cepat keluar dari pulmonum maka corda tersebut bergetar dan menimbulkan bunyi.
- Bronchus pendek (paru)
- Pulmonum (paru) : sepasang, dikiri kanan jantung, merupakan kantung yang tipis dan elastis serta banyak pembuluh-pembuluh darah.

Selain itu katak juga bernafas dengan kulitnya . Pada kulitnya terdapat pembuluh-pembuluh darah (arteria eutacheus, cabang dari arteria pulmonalis), sehingga melalui pembuluh ini terjadi pertukaran gas baik dari udara bebas maupun yang larut dalam air.

5.5. Pernafasan Reptilia

Reptilia bernafas dengan paru. Kedalaman paru lebih banyak lekak-lekuk lagi dari pada Anura, kantung alveolus makin banyak.

Tractus respiratorius terdiri dari :

- larynx, dibentuk oleh tulang rawan, lubangnya disebut glotis

- trachea, dibentuk oleh cincin tulang rawan (*annulus trachealis*)
- bronchus, sinister dan dexter, percabangan dari trachea, dan terus ke pulmonum.
- pulmonum, sepasang, kiri-kanan warna coklat, seperti sarang tawon.

5.6. Pernafasan Aves

Pernafasan (*tractus respiratorius*) pada Aves terdiri dari :

1. Glotis : lubang masuk ke larynx, terletak tepat di belakang pangkal lidah.
2. Larynx cranialis : sewaktu menelan makanan larynx akan tertutup.
3. Trachea : terdiri dari cincin tulang rawan, setelah berumur satu tahun cincin menjadi tulang biasa, pada tepinya terdapat *musculus sternotrachealis* dan *muskulus trachealis*.
4. Syrinx (*Larynx caudalis*) : terdapat di bagian trachea yang mulai bercabang dua dan merupakan pelebaran dari trachea. Terdapat *membrana-membrana* penggetar suara sehingga menghasilkan bunyi. Getaran – getaran suara dihasilkan oleh *membrana tympani formis externa* yang terdapat pada cincin trachea yang paling caudal dan *membrana tympani formis interna* yaitu seput yang terdapat pada cincin tulang rawan bronchus yang berbentuk tapak kuda. Getaran ini dihasilkan oleh adanya udara yang dikeluarkan oleh pulmonum. Untuk mengatur tegangan dari *membrana tympani formis externa* dilakukan oleh *trachealis*.
5. Bronchi : dari syrinx, trachea bercabang menjadi 3 bronchi, dan kemudian bercabang-cabang lagi.
6. Pulmonum : sepasang, kiri kanan jantung (*cor*), sangat kecil bila dibandingkan dengan tubuh burung. Pemompaan udara dilakukan oleh kantung-kantung udara. Paru-paru ini dibagian ventralnya diliputi oleh diafragma yang telah rudimenter.
7. Kantung-kantung udara : sangat tipis dan mudah pecah, terdapat diantara endoskeleton dengan *cavum abdominalis* dan *cavum thoracis*; terdiri dari beberapa kantung (*sacci*), yaitu :
 - a. *saccus cervicalis* : dikiri-kanan leher
 - b. *saccus interclavicularis* : hany satu, didaerah *clavicula* berhubungan dengan kedua pulmonum.
 - c. *saccus prethoracalis* : terletak pada lateral dari dinding tubuh.
 - d. *saccus postthoracalis* : sepasang, pada lateral dari dinding tubuh diposterior dari *saccus prethoracalis*.
 - e. *saccus axillaris* : sepasang, dekat pangkal humerus.
 - f. *saccus abdominalis* : sepasang, ventro-caudal, diantara belitan-belitan *intestinum*.

Fungsi dari kantung udara adalah :

- sebagai pemompa udara untuk mengalirkan udara pada waktu bernafas (fungsi utama).
- untuk mengurangi berat jenis tubuh.
- untuk keseimbangan tubuh waktu terbang ; tulang humerus burung berisi udara dan ini berhubungan dengan *saccus calvicularis*.
- untuk persediaan udara waktu bersembunyi.
- untuk mengurangi pergesekan antara organ-organ dalam *cavum abdominalis*.

- untuk membantu waktu bertelur, defecatie (mengeluarkan kotoran).
- sebagai perangsang seksuil.

5.7. Pernafasan Mammalia

Mammalia bernafas dengan paru, sebagaimana burung . Pernafasan pada Mammalia terdiri dari :

1. Nares : terdapat cavum nasi kiri dan kanan yang dibatasi oleh septum nasi (sekat rongga hidung) ; di dalam rongga hidung ada lipatan kerang hidung. Lubang yang di belakang disebut nares posterior. Udara yang masuk melalui nares, terus masuk ke pharynx , larynx dan trachea.
2. Pharynx : terbagi dalam tiga bagian :
 - a. cavum naso-pharyngium : rongga pharynx yang berbatasan dengan rongga hidung (cavum oris)
 - b. cavum oro-pharyngium : rongga pharynx yang berbatasan dengan cavum oris
 - c. cavum laryngo-pharyngium : rongga pharynx yang berhubungan dengan larynx.
3. Larynx : dihubungkan dengan pharynx oleh rima glotis yang merupakan celah.
4. Epiglottis : berfungsi sebagai klep yang menutup celah glotis (rima glotis) bila menekan makanan.
5. Apparantus vocalis (alat suara) : terdiri dari ligamentum vocale, alat ini terdapat pada / di larynx.
6. Trachea : tersusun dari deretan-deretan cincin tulang rawan yang disebut annulus trachealis ; trachea kemudian bercabang 2 (bifurcatio) menjadi bronchi dan ini tersusun dari cincin tulang rawan yang disebut annulus branchialis. Bronchus ini bercabang-cabang lagi di dalam pulmonum (paru-paru).
7. Pulmonum : terdapat sepasang, yang kiri pulmonum sinister terdiri dari 2 lobi :
 - lobus superius
 - lobus inferius
 Yang kanan, pulmonum dexter, terdiri dari 3 lobi :
 - lobus superius
 - lobus medius
 - lobus inferius

Permukaan pulmonum diliputi oleh selaput yang disebut pleura.

5.8. Gerakan bernafas

Dibagi dua pihak : 1. pasif
2. aktif

Hewan yang tidak begitu aktif atau hidup melekat , alat pernafasannya bergerak pasif. Udara atau air dikayuhkan ke alat itu oleh pertolongan arus atau gerakan anggota dan diffusi gas berlangsung kedalam darah.

Contoh : udang, Molusca air : insang mengandung cilia untuk mengayuh air masuk / keluar.

Pada pisces dan Amphibia rendah, air masuk lewat mulut, keluar lewat celah insang . Katup mulut menutup, rantai mulut naik, mendorong air mengalir ke pharynx, keluar lewat insang. Pada Teleostei sementara itu operculum membuka.

Pada Amphibia darat (katak) gerakan berlangsung di mulut. Otot hyoid menggerakkan lantai mulut naik turun. Ketika lantai mulut turun, tekanan udara minimum, glotis membuka, udara keluar paru untuk menyamai tekanan dengan rongga mulut, lewat nostril. Secara pasif udara segar masuk pula lewat nostril, pergi ke rongga mulut. Kemudian lantai mulut naik, nostril menutup, udara masuk paru. Segera disusul dengan menutupnya glotis, nostril membuka, tekanan dalam rongga mulut turun, lantai mulut turun (jatuh sendiri oleh gravitasi), udara masuk mulut dari nostril.

Gerakan bernafas Reptilia berlangsung di leher dan dada. Berperanan disini ialah otot-otot pharynx, tulang rusuk dan abdomen.

Glotis terbuka, otot abdomen berkerut, disertai sedikit kerutan otot paru sendiri, udara keluar lewat nostril. Rusuk naik, rongga abdomen membesar, paru kembang, udara masuk. Kembang kempis paru ini ditolong pula oleh pergerakan otot parynx, sehingga dari luar kelihatan leher ikut kembang kempis.

Pada Aves dan Mammalia paru bergerak pasif sama sekali. Pergerakan bernafas dilancarkan oleh otot tulang rusuk dan diaphragma. Jika tulang rusuk naik, diaphragma turun (mendatar), rongga dada membesar, paru mengembang, udara masuk. Jika tulang rusuk turun, diaphragma melengkung kembali ke atas, rongga dada menyempit, paru kempis, udara keluar.

Naik turun diaphragma menyebabkan pula perubahan tekanan rongga abdomen, terjadi pula kembang kempis disitu.

Pada Aves diaphragma kurang berperan, dan waktu terbang peranan sayap sangat besar dalam gerakan bernafas.

Pada Insekta bertubuh kecil tak perlu gerakan bernafas. Udara masuk lewat stigma dan berdiffusi ke jaringan secara pasif. Tapi pada yang bertubuh besar dan giat, gerakan bernafas perlu, dilakukan oleh otot-otot katup stigma dan exoskelet. Katup stigma diatur membuka / menutup, dan exoskelet dada dan abdomen kembang kempis untuk memompa / mengisap udara.

5.9. Perembesan gas

Gas bisa merembes lewat membrana sel dari udara bebas, jika ada selaput air (watery film). Dengan kata lain harus ada ECF (Extra cellular fluid) di luar membrana supaya gas bisa masuk ke dalam sel. Alat-alat pernafasan pun harus begitu. Maka setiap alat pernafasan, apakah itu insang, paru atau trachea, mestilah mengandung seput air tadi, agar proses bernafas berlangsung. Alat pernafasan harus selalu basah.

Insang sudah langsung dalam medium air, sehingga tidak perlu lagi saluran pernafasannya menciptakan selaput air itu. Jika ingin dinaikkan ke darat ia tidak bisa bernafas karena insang kekeringan dan udara tak bisa merembes masuk.

Trache serangga nampaknya kering. Tapi sesungguhnya di bagian distal (ujung) tracheolus ada selaput air. Selaput air ini di pelihara selalu oleh tracheoblast.

Paru memiliki saluran yang berselaput lendir. Selain selaput itu untuk menyaring benda asing, berfungsi juga untuk membasahi.

Yang bernafas dengan kulit, perlu menjaga agar kulit itu selalu basah pula. Ini dengan adanya kelenjar lendir di kulit itu, seperti terdapat pada katak.

Ia harus berada di air atau tempat lembab. Kalau katak di jemur di tempat yang panas, ia segera mati bukan kepanasan tapi karena kulitnya kering, dan parunya tak cukup untuk memelihara pernafasan sendiri.

Cacing tanah (*Pheretima*) yang juag bernafas dengan kulit, harus mencari lingkungan yang selalu basah. Jika tanah itu kurang air, ia pindah mencari tempat yang bertanah lembab. Bagi mereka yang gemar memancing dengan mempergunakan cacing sebagai umpan, akan tahu, di musim kemarau untuk mendapat cacing harus dalam menggali, sedang di musim hujan dangkal saja.

Proses perembesan berlangsung secara :

1. difusi
2. filtrasi

Konsentrasi dan tekanan oksigen lebih besar dalam alveolus dari pada dalam kapiler. Terjadi difusi dan filtrasi lewat membrana pernafasan dari alveolus ke dalam kapiler. Konsentrasi dan tekanan karbondioksida lebih besar pada kapiler dari pada alveolus, terjadi difusi dan filtrasi dari kapiler ke alveolus.

Daftar berikut memperlihatkan bagaimana perbedaan konsentrasi dan tekanan gas pernafasan dalam darah antara arteri dan vena. Arteri yang diambil ialah yang mengandung darah oksigenasi (bukan arteri ke paru), dan vena mengandung darah deoksigenasi (bukan vena ke paru).

Daftar Suasana Gas Pernafasan
pada Arteri (A) dan Vena (V)

	O ₂		CO ₂	
	A	V	A	V
Volume / 100 cc	19	11	50	58
Tekanan / mmHg	100	40	40	46

Dari daftar jelas pula terlihat bahwa vena masih mengandung oksigen, arteri mengandung karbondioksida. Berarti tak semua oksigen berdifusi dan berfiltrasi ke jaringan, tak semua pula karbondioksida dibuang atau tak diikat di paru. Istilah *darah kotor* dan *darah bersih* sama sekali keliru, karena arteri tetap mengandung ampas pernafasan, dan vena masih mengandung oksigen yang berguna bagi tubuh. Lebih baik kalau disebut, arteri kaya oksigen sedang vena miskin oksigen.

Setelah gas pernafasan merembes ke kapiler, pengangkutan berlangsung sementara terjadi reaksi kimia dengan darah :

I. CO₂

1. dalam plasma : $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$
2. dalam eritrosit : $CO_2 + HHb \rightleftharpoons HHbCO_2$

II. O₂

1. dalam plasma : -

Pada alveolus :

Reaksi I.1. dan I.2. menuju ke kanan, CO₂ dilepaskan. Reaksi II.2. menuju ke kanan

Pada jaringan :

Reaksi I.1. dan I.2. menuju ke kanan, CO₂ masuk ke darah.

Reaksi II.2. menuju ke kiri, jaringan menerima oksigen. CO₂ diangkut lewat bagian plasma dan eritrosit.

Dalam plasma diangkut 10 %, sisanya dalam eritrosit. O₂ hanya diangkut dalam eritrosit.

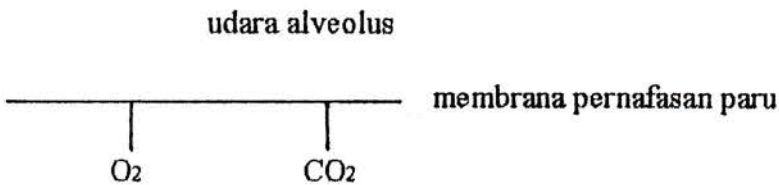
CO₂ dimanfaatkan darah, tanpa perlu dibuang seluruhnya lewat paru. Ia akan bereaksi dengan air dalam plasma, membentuk asam karbonat. Sebagian lagi berdisosiasi membentuk ion HCO₃⁻ yang akan bersenyawa dengan ion Na⁺. Bersama CO₃⁻ mereka ini membentuk garam dapur dalam plasma, perlu memelihara agar pH tetap.

Dibawah ini diperlihatkan skema pernafasan pada Vertebrata darat. Pada paru terjadi difusi dan filtrasi. Dalam darah terjadi pengangkutan, sementara itu terjadi reaksi kimia dengan kedua komponen darah.

Dalam jaringan terjadi pula difusi dan filtrasi. Akhirnya oksigen baru dapat dipergunakan dan CO₂ keluar jika cukup enzim pernafasan.

BERNAFAS

- difusi
- osmosis



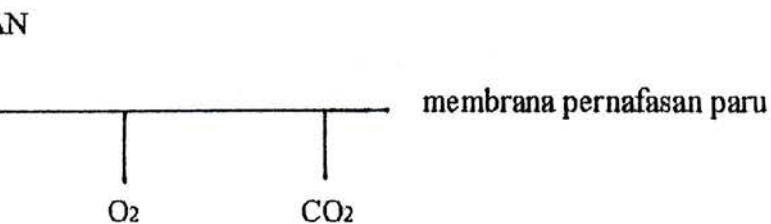
PENGANGKUTAN

- reaksi

d a r a h

PERNAFASAN

- difusi
- osmosis



OKSIDASI

- reaksi
- dengan enzim-enzim pernafasan

5.10. Kecepatan Metabolisme (Metabolic rate)

Kegiatan tubuh atau kecepatan metabolismenya dapat diukur dengan melihat pada penggunaan oksigen dalam waktu tertentu untuk pernafasan. Ternyata besar kecepatan metabolisme itu pada berbagai hewan dipengaruhi faktor :

1. kegiatan
2. berat tubuh

Jika tubuh aktif dalam kehidupan sehari-hari, kecepatan metabolismenya tinggi, jika kurang bergerak atau hidup melekat saja maka kecepatan metabolismenya rendah. Makin besar tubuh ternyata kecepatan metabolisme turun, makin kecil tubuh kecepatan naik.

Daftar berikut memperlihatkan berbagai "Basa Metabolic Rate" (BMR) pada hewan, yang sesuai dengan dua faktor di atas. BMR ialah metabolisme pada waktu tak ada kegiatan (gerakan), istirahat dan sedang lapar. Ukuran yang di pakai untuk perbandingan ialah : pemakaian oksigen dalam mm^3 per berat tubuh dalam gr, per waktu tertentu dalam jam ($\text{mm}^3 / \text{gr} / \text{jam}$)

Mahluk	BMR
Bunga laut	13
Cacing pasir	30
Gurita	80
Belut besar	128
Katak	150
Ikan salam	226
Ikan sotong	320
Orang	200
Mencit	1.500

Pernafasan anaerobis pada jamur, bakteri dan banyak mahluk biasa melakukan pernafasan anaerobis, mendapat energi tanpa membutuhkan oksigen.

Energi didapat dengan memecah suatu bahan bermolekul kompleks menjadi molekul-molekul sederhana. Kalau orang mendapat energi dari pemecahan inti atom (fisi), mikroba ini dengan memecah molekul

Hasil atau zat yang keluar dari pernafasan anaerobis beda dengan hasil yang di dapat dari pernafasan aerobis. Glukosa kalau dioksidasi akan keluar karbondioksida dan air. Tapi jika glukosa itu pecah dengan tidak mempergunakan oksigen, yang keluar adalah alkohol atau asam cuka. Hasil yang keluar dari pernafasan anaerobis, bagi bahan organis biasanya disebut zat antara.

Beberapa mikroba itu dapat bernafas dengan kedua macam cara. Jika oksigen cukup bernafas dengan aerobis, jika kurang atau tak ada, bernafas dengan anaerobis.

Banyak proses pernafasan anaerobis dimanfaatkan manusia, yang disebut operagian. Bir, wiski, tuak, cuka, keju, tape dan roti adalah hasil fermentasi dipakai untuk menggembungkan substrat.

Pada umumnya hewan, kalau otot segera berkerut, sedangkan oksigen kurang atau tak ada, berlangsung pula pernafasan anaerobis, dan berlangsung reaksi Embden-Meyerhof.

Dari reaksi ini akan timbul asam laktat, yang kalau bertimbun mengakibatkan otot letih. Kelelahan akan hilang kalau asam itu dioksidasi atau dirombak kembali jadi glycogen dalam hati. Beberapa hewan dapat mengekresi asam laktat ini, karena itu dapat mengurangi "oxygen debt" seperti terdapat pada cacing endoparasit.

5.11. Berparu hidup di air

Buaya, penyu, ular, anjing laut dan paus sesungguhnya hewan darat, bernafas dengan paru, kalau tak menyelam sesungguhnya mereka terus mengambil nafas dari permukaan, meski sebagian besar tubuh membenam. Buaya memiliki katup istimewa pada naresnya, sehingga ia terus bisa bernafas dengan udara ketika berenang dalam air.

Kalau hewan itu menyelam, gerak bernafas berhenti. Paru hewan-hewan ini dapat mengambil nafasa dalam-dalam sehingga parunya bisa berisi udara segar sampai 80 % (orang hanya mampu 50 %). Sementara itu jika tekanan / konsentrasi oksigen sudah rendah sekali myoglobin dari dalam otot dikerahkan untuk mengikat oksigen. Myoglobin banyak sekali dimiliki hewan-hewan penyelam ini, yang pada orang atau hewan darat lain sesungguhnya sedikit sekali.

Myoglobin jauh lebih besar daya afinitasnya terhadap oksigen dibandingkan dengan haemoglobin.

Ketika menyelam pemakaian oksigen irit sekali, aliran darah ke otot dibatasi sekali, hanya banyak ke otak dan jantung turun, pernafasan anaerobis berperan, asam laktat disimpan dalam otot. Anjing laut kalau sedang di darat denyut jantungnya 150 kali per menit. Tapi kalau sedang menyelam hanya 10 kali per menit.

Kalau sudah kembali ke permukaan air denyut jantung kembali cepat, asam laktat membanjiri darah, diangkut ke hati.

Dengan fasilitas fisiologis demikian maka ikan paus dapat menyelam tanpa timbul-timbul selama sejam, anjing laut dan beaver (sejenis Rodentia yang hidup di air di Kanada) dapat setengah jam.

BAB VI SISTEM EKRESI

Ekresi adalah proses perjalanan hasil pembuangan metabolisme. Protoplasma dan cairan tubuh hewan baik Protozoa atau manusia berfungsi untuk menjaga keseimbangan sistem fisiologi dalam tubuh. Kelebihan air, gas, garam dan bahan organik, juga sisa metabolisme dikeluarkan, sedangkan substansi esensial disimpan.

Bahan ekresi terutama terdiri dari bahan nitrogen. Selama pencernaan (zat) nitrogen yang terkandung dalam protein dilarutkan menjadi asam amino dan diabsorpsi, kemudian dibawa ke sel-sel tubuh untuk membentuk protein baru.

Pada Vertebrata sebagian (beberapa) asam amino melewati hati dan direduksi untuk dikeluarkan melalui ginjal. Pada Mammalia dan Amphibia hasil akhir sebagian besar adalah urea, yang terjadi karena pekerjaan enzim urease.

Pada burung dan Reptil darat (juga beberapa ular dan banyak serangga) sisa nitrogen terutama adalah asam urik yang tidak larut. Banyak Invertebrata air membuang nitrogen sebagai amonia. Komposisi ini merupakan racun keras, tapi dapat ditawarkan oleh air. Sebagian kecil hewan mengeluarkan asam amino langsung.

6.1. Ekresi pada Invertebrata

Metode ekresi yang sederhana ialah sisa metabolisme dikeluarkan langsung melalui membrana sel ke air di sekitarnya, seperti yang terjadi pada banyak Protozoa. Amoeba, Paramecium dan berbagai Protozoa air tawar mempunyai satu atau lebih vakuola kontraktil yang mengangkut sisi air dari sitoplasma dan secara periodik dikeluarkan dari tubuh. Yang dikeluarkan terutama dalam bentuk amonia.

Serangga dan beberapa Arthropoda lain, bagian ekresi utama adalah tabung malpigi. Tabung ini mengumpulkan sisa cairan tubuh dan mengeluarkannya ke dalam usus belakang. Zat dan CO₂ diterima dalam cairan darah, air dan materi lain diabsorpsi kembali ke bagian bawah tabung. Hasil ekresi terdiri dari asam urik kristal, karbonat, oksalat dan kadang-kadang urea atau amoniak, dikeluarkan bersama tinja.

Organ ekresi umum pada banyak hewan berbentuk tabung *nephridia* dan saluran *coelom*. Cacing pipih dan cacing tanah mempunyai banyak sel api (*Flame cell*) atau protonephridia, yang tersebar ke seluruh tubuh terdapat di antara sel-sel parenchym. Setiap sel ini mempunyai saluran bermuara ke saluran yang lebih besar dan buangan ke luar tubuh lewat sepasang lubang di ventral tubuh dinamakan *nephridiopore*.

Alat pembuangan itu dinamakan sel api (*flame cell*) karena berbentuk silia yang bekerja mengayuh zat buangan yang bergerak seperti bunga api yang zat buangannya berupa amonia berdifusi dari sel-sel parenchym disekitarnya.

Pada kebanyakan Annelida, Moluska, arthropoda dan kebanyakan Chordata, organ ekresi utama adalah saluran Coelom (Coelomoducts), mungkin berasal dari saluran kelamin, tapi sekarang telah bervariasi yang berfungsi untuk membawa sisa dari tubuh Crustacea mempunyai 2 pasang *antennal* dan kelenjar Maxilla (*maxillary gland*). Tiap pasang mempunyai kantung akhir yang lubangnya pada dasar anggota badan.

6.2. Ginjal Vertebrata

Organ ekresi utama pada vertebrata adalah dua ginjal. Bentuknya pendek dan terletak dibagian posterior, tapi pada ikan dan salamander rendah dari *Cyclostoma* sp. Amphibia dan ginjal embrio vertebrata tinggi, tumbuh beruas-ruas, sepasang tiap ruas (pronephron, mesonefron).

Ginjal dewasa pada Reptil, Burung dan Mammalia (metanefron) tidak bersegmen dan mengalirkan sisa-sisa hanya dari darah.

Dari tiap ginjal semua tipe mempunyai saluran pengumpul dinamakan ureter membawa sisa-sisa ke bagian belakang.

Pada Amphibia, Reptil dan Burung dua ureter bersaluran ke kloaka melewati kandung kencing. Sisa buang adalah urine yang cair kecuali pada Reptil dan Burung berbentuk setengah padat (asam urat) yang di keluarkan berbentuk pasta putih (guano) bersama tinja.

Pada sebagian besar Mammalia ureter langsung dengan kandung kencing, terus ke urethra dan keluar melewati penis (pada jantan), saling berhubungan dengan sistem reproduksi dan pengeluaran pada Vertebrata dikenal dengan nama urogenital.

Ginjal manusia terdiri dari :

- Medula (bagian dalam)
- Cortex (bagian luar)
- Nefron (unit ekresi), terdiri dari :
 1. Bagian Malphigi atau sel-sel ginjal tersusun dari kapsul Bowman seberkas gumpalan arterioli atau glomerulus.
 2. Tabung / saluran / tubulus(1) dan (2) berbelit-belit dikelilingi oleh kapiler darah.

Terdapat 2 juta nefron pada manusia, bila disambung-sambungkan panjangnya mendekati 50 mil, seluruh tubulus bersaluran ke dalam rongga sentral (pelvis) ginjal yang berhubungan dengan ureter.

6.3. Fungsi Ginjal

Tahap pertama pembentukan adalah filtrasi sisa-sisa dan materi lain dibawa dalam aliran darah oleh arteri ginjal ke arteriole, melalui :

1. *Ultrafiltrasi*, memfiltrasi (menyaring) zat buangan yang berlebihan bagi tubuh dan juga ada zat-zat lain yang masih berguna tersaring seperti glukosa, asam amino, protein.

2. *Reabsorpsi dan sekresi*

Reabsorpsi dapat dilakukan secara pasif dengan cara difusi dan osmosis dan dapat juga secara aktif dengan transportasi aktif, yang di reabsorpsi ialah zat yang terlanjur disaring pada kapsul dan yang masih berguna bagi tubuh. Dengan cara difusi ialah zat-zat seperti gula dan asam amino atau protein.

Tubulus sebaliknya menggetahkan (sekresi) pula untuk dibuang keluar tubuh seperti hormon, sisa obat yang dimakan atau disuntikkan.

Pada prinsipnya tubulus bertugas menyeleksi bahan yang terfiltrasi pada kapsul Bowman (80 % volume yang terfiltrat pada kapsul akan ditarik kembali pada tubulus).

Fungsi ginjal normal penting sekali untuk kesehatan dan setiap ketidak teraturan atau kerusakan ginjal adalah serius, garam tertentu terutama oksalat dapat berkrystal membentuk batu ginjal di pelvis dan kadang-kadang harus dikeluarkan dengan operasi. Pada urin yang abnormal dapat ditemukan :

- albumin
- badan aseton
- sel-sel terdampar
- pigmen empedu
- nanah
- darah

Rata-rata urin dapat dihasilkan 1 cc setiap menit, urin itu disimpan dalam kantung urine (Vesica urinaria) dan dikeluarkan melalui urethra.

Kantung urin dapat menyimpan urin sebanyak 300 cc.

6.3. Alat-alat lain untuk ekresi

Selain ginjal organ lain yang dipakai untuk ekresi ialah:

1. Kulit

Kulit yang memiliki kelenjar pembuluh bekerja-sama dengan ginjal mengatur kadar air, garam dan suhu tubuh. Pada waktu berkeringat aktif dapat dikeluarkan 3 gelas sehari.

2. Paru, paru khusus mengeluarkan yang berupa gas atau uap yakni CO₂ dan H₂O.

3. Usus, lewat usus dibuang garam anorganis , beberapa gas hasil pembusukan mikroba, amonia dan sisa makanan yang tidak diabsorpsi.

4. Hati, hati juga merupakan alat ekresi.

Hati merombak haemoglobin jadi bilirubin dan biliverdin, disalurkan lewat usus. Asam lemak padabeberapaendoparasit dibuang lewat hati, disalurkan ke usus. Coeatin dan koeatinin diatur pembuangannya oleh hati lalu diangkut darah ke ginjal. Asam dan urea pun disintesa dalam hati baru kemudian diangkut darah ke ginjal. Jadi hati berupa pabrik besar zat pembuangan sedangkan ginjal hanya sebagai alat untuk menyambungkan ke luar.

6.4. Ekresi pada tumbuhan

Tumbuhan beda sekali dengan hewan. Tumbuhan hemat energi, karena diam di tempat. Ini menyebabkan proses katabolisme sedikit dan perlahan saja, ampasnya pun sedikit. Disamping itu yang dikatabolisme pun umumnya karbohidrat, bukan protein seperti pada hewan. Ampas katabolisme karbohidrat tak begitu beracun dan mudah dibuang lewat kulit (CO₂ dan H₂O).

Kedua ampas katabolisme inipun dapat dimanfaatkan lagi untuk anabolisme, yakni untuk fotosintesis.

Garam nitrat bahkan mutlak bagi tumbuhan untuk mensintesa protein, vitamin, hormon dll, padahal itu berupa ampas metabolisme bagi hewan. Garam anorganis dan asam-asam organis bisa di blokir pada suatu sel dalam bentuk kristal atau dilarutkan dalam vakuola. Ampas metabolisme atau bahan yang harus dibuang itu pada suatu waktu dapat dibuang berupa daun gugur, batang mengelupas atau tangkai yang lapuk. Dengan demikian pada tumbuhan :

1. tidak ada alat ekresi (pembuangan)
2. tiap alat mengurus pembuangan sendiri
3. kegiatan sedikit, ampas metabolisme pun sedikit
4. ampas metabolisme dapat diblokir pada suatu tempat tanpa membahayakan tubuh
5. sebagian ampas metabolisme dapat dimanfaatkan lagi
6. metabolisme protein sedikit sekali

BAB VII REPRODUKSI DAN PERTUMBUHAN

Kemampuan berkembang biak membentuk individu baru merupakan ciri dasar semua hewan dan tanaman. Dulu orang mempercayai bahwa perkembangan biak itu terjadi dari benda / materi mati yang terkenal dengan teori *generatio spontanea*. Kemudian FRANCESCO RED I (Orang itali) pada tahun 1666 memperlihatkan bahwa ulat / larva lalat yang muncul dari daging itu berasal dari telur yang diletakkan oleh lalat hidup. Berabad-abad lamanya orang percaya bahwa bakteri dan mikroba lain dapat berkembang secara spontan. Dalam tahun 1861 LOUIS PASTEUR (Orang Prancis, 1822 – 1895) telah melakukan percobaan bahwa bila kultur bakteri dipanaskan akan mematikan mikroorganisme dan disumbat dengan baik akan menghindari invasi dari jamur atau spora dari udara, dan tempat itu tetap tanpa kehidupan. Prinsip sterilisasi ini telah didemonstrasikannya yang merupakan dasar pemusnahan mikroorganisme dengan pemanasan atau kimiawi. Sekarang hal ini digunakan untuk sterilisasi pada operasi kedokteran, pengawetan makanan, pasteurisasi susu, pengawasan persediaan air dan aspek lain dalam kehidupan modern.

Bukti (kenyataan) yang dapat diandalkan menunjukkan bahwa kehidupan baru hanya datang dari kehidupan sebelumnya (*omne vivum ex vivo*). Ini merupakan proses biogenesis atau reproduksi.

7.1. Reproduksi

7.1.1. Reproduksi aseksual

Ini biasanya terjadi bila individu baru berasal dari satu *induk* dan tidak ada bentuk reproduksi tertentu yang terlibat.

Hal ini terjadi pada tumbuhan dan hewan tingkat rendah. Protozoa seperti *Paramecium* mengalami pembelahan dua (*binary fission*) yaitu satu individu membelah menjadi dua, biasanya sama besar dan kemudian masing-masing timbul seperti bentuk asalnya. Inti membelah dua dan diikuti oleh plasma. Sporulasi atau pembelahan banyak terjadi pada Sporozoa seperti *Plasmodium* dan lain-lain, inti membelah berkali-kali dan kemudian diikuti sitoplasma sehingga terbentuk disekitarnya itu banyak anak inti.

Kuncup (*budding*) adalah suatu tipe reproduksi yang individu baru timbul sebagai suatu pertumbuhan. Kuncup dari Spons, Coelantra, Bryozoa dan Tunicata merupakan hasil pada koloni dari beberapa individu. Pada cacing pipih (*Turbellaria*) dan cacing pita (*Nemertinea*) satu individu dapat berpecah sendiri menjadi dua atau beberapa bagian dan tiap bagian dapat tumbuh sebagai hewan sempurna.

7.1.2. Regenerasi

Kesanggupan regenerasi (menggantikan) pada tingkat rendah lebih besar dari hewan tingkat tinggi. Potongan-potongan *Granium* (tanaman) pada tanah basah akan tumbuh menjadi tanaman yang komplit dan potongan-potongan dari beberapa Coelantra air bila dimasukkan dalam pasir air laut akan tumbuh menjadi hewan yang

lengkap. Bila cacing pipih (*Euplanaria*) dipotong dalam beberap potongan kecil, tiap-tiap potongan biasanya akan beregenerasi membentuk individu yang lengkap tapi lebih kecil.

Bintang laut dan Echinodermata lain mengadakan regenerasi pada tangan dan bagian badan lain yang lepas. Ekor salamander dan kadal dapat lepas karena stress, proses ini dinamakan autotomy (auto = sendiri, toma = potong). Kemudian bagian yang lepas ini mengalami regenerasi.

7.1.3. Reproduksi Seksual

Kebanyakan hewan dan tanaman, individu baru bertumbuh dari sel kelamin yang dihasilkan oleh induknya. Ini dinamakan reproduksi seksual. Dua sel kelamin (jantan dan betina) bersatu membentuk individu baru.

Pada Ciliata (*Paramecium*, dsb) terjadi konjugasi yaitu dua individu berfusi bersama, menukar materi mikronukleus dan kemudian terpisah diikuti dengan pembelahan biner.

Pada hewan bersel banyak dapat dibedakan dengan nyata jantan (♂) dan betina (♀) keduanya menghasilkan sel kelamin bebas atau sel germ.

Pada yang jantan ukurannya kecil dinamakan sperma atau spermatozoa. Yang betina mengeluarkan telur atau ova (tunggal = ovum). Individu dari kedua kelamin dapat berbeda sifat luar dalam, fisiologi lingkungan dan juga fisiologi pada hewan tingkat tinggi.

Sel germ di produksi oleh organ yang dinamakan gonad, sperma dihasilkan oleh testes (tunggal = testis) atau spermaries, ova dihasilkan oleh ovarii.

Pada cacing pita dan cacing tanah kedua sistem kelamin jantan dan betina itu berada dalam satu individu. Hal ini dinamakan monoecious (monos = satu, oecious = rumah). Hewan-hewan yang mempunyai kelamin yang terpisah, ada jantan dan betina, dinamakan dioecious (di = dua, oecious = rumah). *Hermaphrodit* adalah individu yang mengandung dua macam jenis kelamin (jantan dan betina) termasuk monoecious atau dioecious yang abnormal yang mengandung kedua sistem kelamin jantan dan betina. *Protandri* terjadi pada sebangsa ikan (*Cyclostoma*) dan beberapa tiram yaitu gonad yang sama menghasilkan sperma dan telur bergantian.

7.1.4. Sistem reproduksi

Berbagai variasi struktur ditel sistem reproduksi hewan, tapi mempunyai prinsip yang sama. Pada sistem reproduksi jantan, spermatozoid dihasilkan dalam testis. Dari testis spermatozoa keluar melalui saluran kecil, vasa eferensia, terus ke saluran yang lebih besar, vasa deferensia sampai ke vesicula seminalis. Saluran ini berakhir ke alat kopulasi, penis, yang berfungsi untuk mentransfer sperma dari yang jantan ke betina.

Terdapat kelenjar tambahan untuk mengaktifkan sperma pada Mammalia ialah kelenjar prostata.

Pada sistem reproduksi betina ova dihasilkan dari ovaria. Pada beberapa hewan tiap-tiap telur diliputi oleh sel-sel folikel selama pertumbuhannya, seperti pada katak. Telur Mammalia tumbuh dalam folikel Graaf yang membesar pada waktu telur matang dan akhirnya terlepas. Cairan dalam folikel mengandung hormon penting untuk reproduksi.

Telur yang matang melepaskan diri dari ovaria bergerak turun ke oviduk (oviduct) dengan bantuan otot-otot dan cilia saluran itu. Kelenjar dalam dinding oviduk mengelilingi telur dengan berbagai materi seperti albumin (putih telur) dan kulit telur pada reptilia, burung dan beberapa hewan. Bagian bawah oviduk melebar menjadi uterus pada Mammalia dan hewan lain, menyimpan telur untuk bertumbuh dalam tubuh. Pada jenis hewan yang mengadakan kopulasi, bagian terminal (ujung) saluran adalah vagina, pada jenis lain juga dilengkapi dengan reseptakulum seminalis untuk menyimpan sperma.

7.1.5. Fertilisasi

Penyatuan spermatozoa dan ova yang telah matang dinamakan fertilisasi dan hasil penyatuan dinamakan *zigot*. Fertilisasi melibatkan proses fisik dan fisiologis telur dan sperma.

Sperma tidak mempengaruhi fertilisasi pada telur yang belum matang. Fertilisasi tidak dapat diubah dan biasanya sangat spesifik pada jenis yang sama, hanya dalam waktu yang luar biasa dapat terjadi fertilisasi dan sperma *asing*.

Fertilisasi merangsang telur aktif membelah dan bertumbuh. Pada berbagai jenis hewansperma memasuki telur pada berbagai tingkat pematangan telur, tapi fusi antara inti telur dan sperma terjadi setelah pematangan telur telah sempurna.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa bagian luar telur (*cortica*) mengeluarkan sekret fertilisasi sebagai reaksi sperma pada fertilisasi. Pada beberapa telur fertilisasi terbentuk setelah masuknya satu sperma.

Pada fertilisasi luar penyatuan sperma dan telur terjadi di alam luar seperti pada ikan, beberapa vertebrata. Pada Vertebrata terjadi fertilisasi interna dengan melakukan suatu kopulasi, sperma ditransfer oleh yang jantan ke vagina betina dan kemudian telur yang telah dibuahi bertumbuh dalam saluran reproduksi. Ini terjadi pada nematoda, beberapa moluska, arthropoda, beberapa jenis ikan, reptilia, burung dan mammalia.

7.1.6. Inseminasi buatan

Pada beberapa jenis Mammalia kopulasi normal dapat dilakukan secara inseminasi buatan.

Untuk itu cairan sperma diambil dari hewan jantan dan dimasukkan ke dalam vagina betina untuk memprakarsai kehamilan. Hal ini biasa dilakukan pada hewan piaraan untuk mendapatkan keturunan yang baik, yang berasal dari bibit unggul. Spermatozoa dapat dibawa dari daerah yang jauh.

Sekarang inseminasi buatan juga sudah dilakukan pada manusia untuk mengatasi beberapa kasus pada beberapa individu manusia, seperti suami steril atau beberapa kelainan fisiologis pada istri dan suami, (bayi tabung).

7.1.7. Tipe khas reproduksi seksual

- a. Partenogenesis (*parthemos* = perawan, *genesis* = asli) ialah pembiakan telur tanpa dimasuki sperma. Ini dapat terjadi pada banyak jenis semut, tawon, Grustacea dan sebagainya.
- b. Paedogenesis, yaitu partenogenesis yang terjadi pada larva. Contohnya Trematoda (cacing daun). Satu stadium larvanya sporokista menghasilkan stadium yang tidak dibuahi yang bertumbuh menjadi banyak stadium baru yang dinamakan redia.
- c. Neoteni. Terjadi pada beberapa salamander (*Ambystomidae*). Larvanya bertumbuh menjadi dewasa seks, kawin dan menghasilkan telur yang fertil. Peristiwa ini dinamakan neotoni.
- d. Poliembryomi adalah produksi dua atau lebih individu yang berasal dari satu telur, karena pecahan sel pada tingkat awal pembelahan. Ini terjadi pada orang kembar, juga pada Armadillos (4 anak setiap satu telur) pada Bryozoa dan Hymenoptera parasitis.

7.1.8. Reproduksi Umum

Beberapa jenis hewan mempunyai waktu reproduksi tertentu, yaitu di musim semi atau musim panas ketika makanan cukup banyak tersedia dan pada kondisi dimana kelangsungan keturunan menguntungkan. Kebanyakan hewan adalah *ovipar* artinya hewan betina bertelur dan kemudian telur itu menetas di alam luar seperti beberapa invertebrata air, serangga dan semua bangsa burung.

Ada yang *ovovipar* yaitu hewan yang menghasilkan telur dengan kuning telur yang banyak, telur ini bertumbuh di oviduk atau uterus betina. Contohnya serangga tertentu, hiu, ular berbisa. Mammalia dan hewan tertentu lain adalah *vivipar* menghasilkan telur yang kecil yang tetap disimpan dan dikandung dalam uterus betina.

Jumlah telur yang dihasilkan berbagai jenis hewan bervariasi seperti : beberapa jenis hewan parasit menghasilkan jutaan telur, sejenis ikan yang menghasilkan minyak ikan (codfish) menghasilkan telur lebih dari 6 juta setahun, ikan air tawar diatas 5.600, burung puyuh rata-rata 14, burung murai 3 –5 butir, rusa atau biri-biri 2 atau 1 dan kuda hanya 1.

Waktu mengandung juga bervariasi seperti ada yang hanya beberapa jam atau beberapa hari pada beberapa invertebrata, 9 bulan pada manusia dan 20 bulan pada gajah.

7.2. Pertumbuhan

Titik tolak produksi individu baru pada produksi seksual dimulai dari zigot. Zigot mengalami pembelahan, mengadakan diferensiasi membentuk jaringan dan organ menjadi embryo. Proses ini disebut embryogeni (*embryo* + *genesis* = generasi) dan ilmu yang mempelajari hal ini disebut embryologi.

7.2.1. Blastula

Segera setelah telur dibuahi zigot menjadi 2 sel, 4 sel, 8 sel dan seterusnya. Proses pembelahan sel ini akan membentuk suatu bola yang dinamakan *blastula* yang mengandung cairan embryo disebut *blastocoel*. Blastula ini terdiri dari beberapa jenis sel.

Blastula ini terdiri dari 2 bagian, sebelah atas dinamakan *animal hemisphere* (hemisphere animalis atau kutub dengan sel-sel kecil yang gelap yang mengandung sedikit kuning telur dan sisi yang berlawanan dinamakan *vegetal hemisphere* (hemisphere vegetalis) yang mengandung sel-sel besar yang terang yang kaya akan kuning telur. Kedua bagian itu dibatasi oleh lingkaran germ atau daerah batas (*marginal zone*) terletak ditengah telur.

7.2.2. Gastrula

Pembelahan dilanjutkan dengan proses gastrula yang kompleks. Sel-sel daerah marginal dan vegetal bertumbuh dan bergerak maju kedalam dan melebar didaerah animal hemisfer.

Terbentuknya dinding ganda, seperti suatu bola karet yang kempis ditekan sehingga merupakan setengah bola yang terdiri dari dua lapis kulit.

Sementara itu terjadi perbanyakan sel pada perbatasan kedua lapis sel tersebut. Sel-sel baru tersebar membentuk lapisan tersendiri kedalam blastocoel. Inilah yang disebut gastrula. Blastocoel gastrulasi lengkap berangsur-angsur dan rongga hasil gastrulasi itu merupakan usus primitif atau disebut *gastrocoel* (*archenteron*). Lubang luar *archenteron* dinamakan *blastopor*.

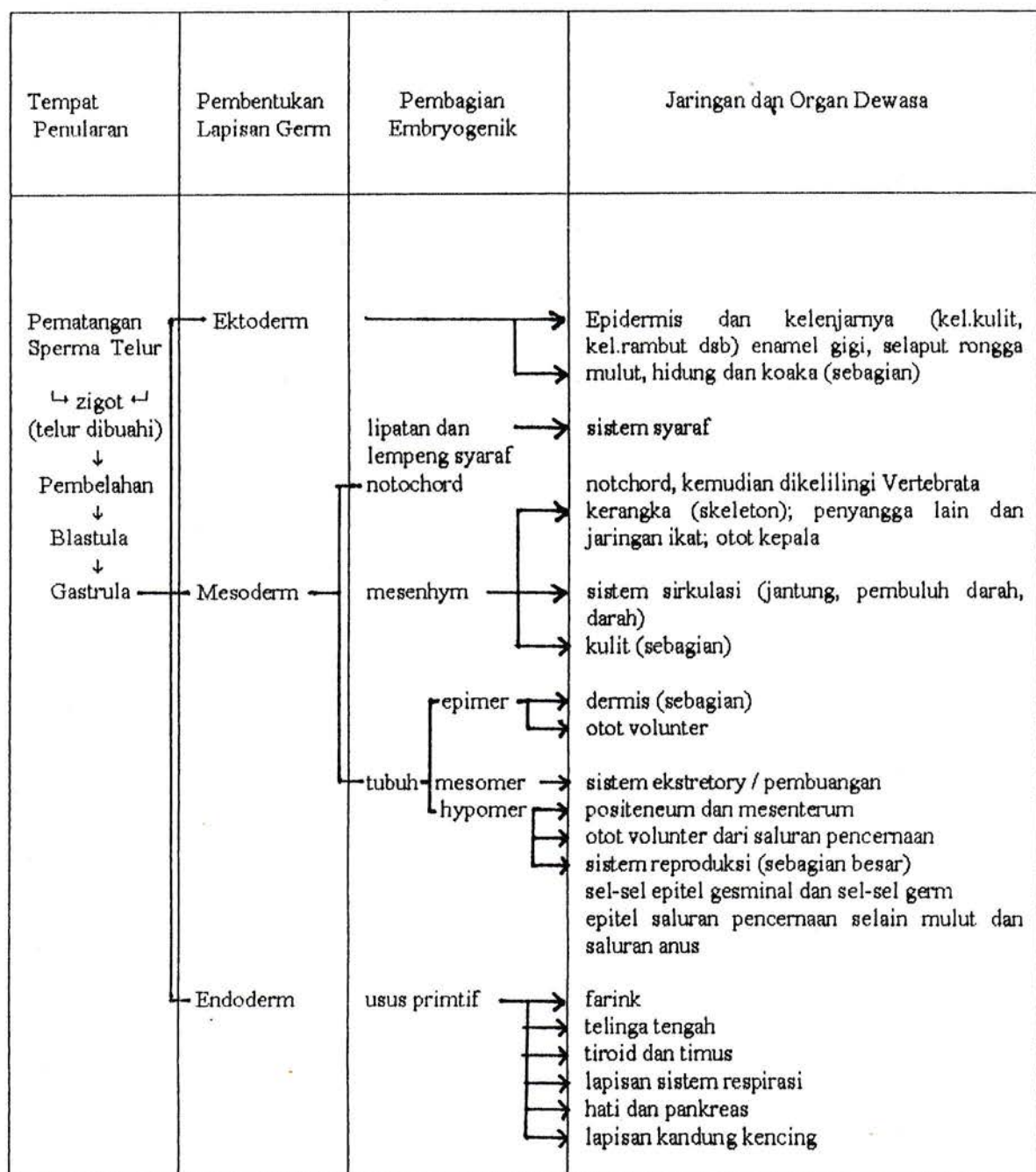
Setelah selesai gastrula terdiri dari 3 bagian :

1. lapisan luar, eksoderm
2. lapisan dalam, endoderm
3. lapisan tengah, mesoderm

Ketiga lapisan ini disebut lapisan germ yang akan membentuk jaringan dan organ.

- Eksoderm akan membentuk lapisan luar, sistem syaraf dan peraba.
- Endoderm membentuk saluran pencernaan dan kelenjar-kelenjarnya dan dengan segala kelengkapannya.
- Mesoderm akan membangun jaringan ikat, otot, dinding rongga tubuh dan lain-lain.

GAMBARAN UMUM PERTUMBUHAN EMBRYO VERTEBRATA



BAB VIII EKOLOGI HEWAN DAN PENYEBARAN

Setiap makhluk hidup, dari bakteri yang lebih sederhana sampai ke gajah yang besar mempunyai cara hidup tersendiri, tergantung pada bentuk dan fisiologi dan juga tergantung pada macam lingkungan yang ditempatinya. Faktor biologis dan fisik berperan dalam menentukan berbagai variasi lingkungan dan perbedaan tempat di dunia. Pada beberapa daerah dataran tropis dan laut mempunyai kondisi yang lebih konstan tapi banyak tempat di dunia, suhu, kelembaban dan penyinaran matahari bergantung menurut musim. Hal ini dikenal dengan klima. Daur hidup tiap jenis hewan disesuaikan dengan kondisi klima lingkungan. Tidak ada hewan yang hidup berdiri sendiri sekuruhnya.

Kelembaban derajat suhu di alam meliputi beberapa ribu derajat, tapi kebanyakan / umumnya kehidupan di bumi hanya dapat bertahan / berada dari 0° - 60° C. Toleransi panas dipengaruhi oleh kelembaban dan betul-betul tergantung pada tenaga penguapan udara atau persentase uap air dalam hubungan dengan kejenuhan pada sedikit pemberian suhu.

Suhu berpengaruh pada pertumbuhan, pembuahan dan kelangsungan hidup tanaman yang berguna bagi hewan. Perpanjangan dingin musim semi melambatkan pertumbuhan rumput dan daun-daun yang berguna bagi beberapa serangga, Rodentia dan hewan pemakan rumput dan dapat menentukan kelangsungan hidup hewan.

Hewan-hewan berdarah dingin, reptil, amfibi, ikan, serangga dan semua invertebrata lain, tidak mempunyai pengaturan suhu dalam tubuhnya dan praktis selalu tergantung pada lingkungannya. Derajat / tingkat proses kimiawi dalam metabolismenya, karena itu pertumbuhan dan aktifitasnya dipengaruhi langsung oleh suhu lingkungannya, dipercepat oleh panas dan diperlambat oleh dingin. Tiap-tiap jenis hewan mempunyai limit tertentu. Sebagian atau seluruhnya mati karena perpanjangan pembekuan atau kelebihan panas. Bila pendinginan udara terjadi setelah telur atau larva telah mulai bertumbuh, banyak yang mati dan populasinya berkurang / menurun.

Reptil dan Amfibi harus berhibernasi dalam tanah atau air untuk menghindari dari kedinginan di daerah itu.

Beberapa ular di daerah gersang di barat yang tersebar di siang hari, pada waktu musim semi menjadi nokturnal dalam musim panas. menghindari kematian dengan banyak menetas. Kebanyakan ikan air tawar inaktif dalam udara dingin dan tiap-tiap jenis mempunyai batas panas tertinggi yang ditoleransi. Karena perubahan suhu di lautan rendah dan tidak begitu ekstrim, makhluk air (marine organisme) sedikit dipengaruhi oleh perubahan susunan musiman; sekarang banyak jenis ikan air laut migrasi ke utara dan ke selatan secara musiman.

Burung dan Mammalia mempunyai pengatur suhu tubuh kadang-kadang dipengaruhi langsung oleh perubahan suhu lingkungan, tapi kelebihan dingin musim dingin dan kelebihan panas musim panas dapat merubah persediaan makanan mereka. Banyak burung yang bermigrasi dari daerah sub tropik ke daerah panas untuk mendapatkan makanan. Demikian juga burung, rusa besar dan kijang di pegunungan tinggi di barat Amerika Utara pindah ke daerah rendah di musim panas.

Tupai tanah, beruang dan beberapa kalong pemakan serangga, mengadakan istirahat musim dingin atau *hibernasi* bila makanannya di musim panas tidak tersedia lagi.

8.1.1.1. Air

Air adalah suatu keseimbangan / keselarasan anantara air, udara, tanah dan laut dan antara mahluk hidup dengan lingkungannya. Selanjutnya, air mempunyai pengaruh yang sangat besar bagi lingkungan mahluk. Lingkaran air, termasuk penguapan, pembentukan awan presipulasi, aliran air permukaan dan penapisan air melalui tanah.

Air terberat pada suhu 4°C ($39,2^{\circ}\text{F}$) berkembang pada pendinginan di bawah titik itu dan berubah jadi es pada 0°C (32°F). Tenaga ekspansinya begitu besar sehingga karang akan retak / sobek bila air membeku dicelahnya, ini adalah proses pembentukan tanah. (Silinder besi mobil pecah bila air kantong membeku) merupakan contoh umum bagi kekuatan air.

Banyak lingkungan air di Timur Amerika Utara efektif stabil karena air ditahan pembekuan dimusim dingin dan yang menguap di musim panas kembali di kala hujan. Di negara sebelah barat, dimana danau-danau meluap karena curah hujan dan pencairan salju. Banyak ikan-ikan dari jenis hewan air yang mati. Katak-katak, penyu, bebek, tikus air dan lain-lainya musnah.

Perubahan tiba-tiba arus merubah kondisi penghuninya. Beberapa banjir merubah bentuk dasar, pasir dasar ditutupi lumpur, aliran air dapat menghancurkan benar banyak mahluk. Amfibi tertentu, serangga dan invertebrata berketurunan pada kolam curahan hujan. Bila hujan kurang atau kemarau, hewan kekurangan tempat bertelur atau kolam jadi kering dan anak-anaknya mati sebelum tumbuh sempurna.

Beberapa mahluk senang pada gurun pasir yang kelembaban nisbinya rendah, lain halnya berada di atmosfer yang betul-betul jenuh dan banyak yang hidup pada kelembaban sedang. Bagi hewan kecil mikroba dari tempat kecil dimana makanannya atau tempat berlindungnya adalah semua penting, biasanya mempunyai suhu yang rendah dan kelembaban tinggi dari pada di daerah dimana mereka terdapat.

Seluruh hewan yang bermukim di tanah dipengaruhi oleh perubahan kelembaban. Cacing tanah pegi ke permukaan tanah bila udara panas, tapi masuk lebih dalam kalau suhu kering, demikian juga larva serangga (ulat).

8.1.2. Tekanan

Hewan darat mendapat tekanan atmosfer yang berbeda pada elevasi di atas permukaan laut, karena massa udara semakin tinggi semakin berkurang.

Orang yang tinggal di pegunungan tinggi mempunyai jantung yang lebih besar dan eritrosit lebih banyak sebagai suatu kompensasi terhadap persediaan oksigen yang kurang. Pendaki gunung memerlukan tabung oksigen untuk menambah pernafasan. Angin kencang hasil perbedaan tekanan pada beberapa tempat mempengaruhi hewan dalam berbagai hal. Burung dan serangga terbang lebih rendah dan terbawa ke tempat-tempat lain dan gerak udara yang cepat mempengaruhi hewan dan tanaman.

Dalam danau dan laut yang dalam, tekanan air bertambah secara teratur sesuai kedalaman (1 atmosfer, atau 15 pon per 10 meter).

Ekspedisi Danish Galathea menemukan 100 Invertebrata di dekat pulau Philipina pada kedalaman sekitar 10.500 meter, dimana tekanan sekitar 1 ton per cm^2 . Hewan semacam itu dapat hidup karena tekanan didalam tubuhnya sama dengan di luar. Banyak jenis Plankton dan beberapa ikan berada pada kedalaman 400 meter pada siang hari tapi muncul ke permukaan pada malam hari. Penyelam menggunakan tangki udara dua-duanya untuk persediaan oksigen dan untuk selanjutnya tekanan dalam parunya bila mereka berada di air.

8.1.1.3. Siklus Kimia di Alam

Elemen yang membentuk tubuh tanaman dan hewan semua dibentuk dari lingkungan dan itu merupakan pergantian tetap, kejadian bagi kehidupan dan kematian organisme.

Carbon (C) adalah unsur pokok dari semua senyawa organik dalam protoplasma. Dari CO_2 di udara atau air dibentuklah molekul karbohidrat dan ini bersama-sama dengan protein dan lemak menyusun jaringan tanaman. Tanaman dimakan oleh hewan dan setelah diabsorpsi melalui pencernaan makanan, senyawa carbon tersebut dapat lagi menyusun protoplasma hewan. Hasil metabolisme hewan mengeluarkan CO_2 sebagai hasil pernafasan kembali ke udara atau air.

Oksigen (O_2) diambil langsung dari udara atau air untuk melakukan proses oksidasi dalam tubuh hewan. Itu akan kembali ke lingkungan, baik bersatu dengan C sebagai CO_2 atau dengan H sebagai air (H_2O), CO_2 diambil oleh tanaman dan O_2 dilepaskan tapi tanaman juga menggunakan sebagian O_2 untuk pernafasan.

Dengan demikian terjadilah keseimbangan O_2 dan CO_2 .

Nitrogen (N) bebas (di atmosfer) dapat digunakan langsung hanya oleh bakteri pengikat N dalam tanah atau gelembung akar beberapa Leguminosae yang menggabungkannya menjadi Nitrat (NO_3).

Tanaman menggunakan nitrat untuk senyawa protein. Ini kembali busuk ke tanah atau dimakan oleh hewan dan diubah menjadi protein hewan. Dalam metabolisme hewan itu dikeluarkan lagi sebagai hasil buangan berupa urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$), oleh bakteri tersebut diubah menjadi amonia dan nitrit.

8.1.3. Lingkungan Biologi dan hubungan dengan hewan

Hewan menggunakan waktunya untuk mencari makan, berlindung dan kawin, selanjutnya hubungan timbal balik yang saling menguntungkan dan banyak yang

merusak satu dengan lainnya dan antara tanaman dan hewan. Akibat permusuhan satu jenis dengan jenis lain biasanya jalar sekali, sehingga akibat yang menyenangkan kadang-kadang dilupakan / diabaikan. Contohnya antara manusia dan hewan piaraannya dan hasil panennya. Beberapa hewan, termasuk rayap, semut, tawon dan manusia menyusun kerjasama masyarakat sejati dengan reproduktif, pekerja, tentara, perawat dan seterusnya.

8.1.2.1. Makanan

Seluruh tanaman bersaing untuk hal yang sama; sinar matahari, mineral tanah dan air, tapi hewan berbeda dengan kebutuhannya.

Makanan hewan, jenis apa saja yang memperoleh makanan dari tanaman. Tiap species hewan membutuhkan makanan organik dan tiap individu memerlukan jumlah makanan tertentu dari macam yang benar. Manusia, tikus dan lalat rumah dapat hidup / mendapatkan nafkah dari berbagai macam makanan dan berganti-ganti menurut keperluannya. Banyak species dimana dan kapan saja dapat memakan makanan yang ada. Lalat kuda memerlukan makan darah Mammalia. Beberapa makanan tersedia musiman dan beberapa species tergantung padanya maka mereka merubah makanannya atau bermigrasi.

Lautan tak sama dengan daratan, mempunyai sedikit tanaman. Kelinci laut (Amphysia), moluska, makan rumput-rumputan dan beberapa kerang memakan algae yang tumbuh di karang. Padang rumput lautan adalah Plankton terdiri terutama dari tanaman renik (diatoma, algae) dan hewan (protozoa, larva) yang mengapung dan mengalir bebas di air. Plankton adalah makanan dari Crustaceae kecil yang tak terkira banyaknya, larva moluska, Anelida dan Echinodermata.

Hewan pemakan tanaman adalah merupakan konsumen primer dalam masyarakat hewan. Mereka adalah menjadi mangsa hewan lain (konsumen sekunder) yang juga masih dimakan oleh yang lain. Energi asli berasal dari matahari melalui tanaman membentuk suatu rangkaian makanan.

Semua rangkaian makanan dalam suatu himpunan membentuk suatu lingkaran makanan atau jaringan makanan.

Suatu rangkaian makanan adalah suatu sistem penting dari transfer energi. Hubungan ini sangat kompleks. Tapi dapat dilukiskan dalam suatu contoh sederhana.

Dalam kolam bakteri dan diatoma mensintesis / mempersatukan materi dan kemudian organisme kecil ini dimakan oleh organisme yang lebih besar sehingga :

dimakan

bakteri dan diatoma → protozoa kecil → protozoa besar → crustaceae kecil
→ serangga air → ikan.

Ikan besar atau organisme sedang yang mati dan busuk , menjadi makanan bakteri. Jadi ini melengkapi siklus. Di darat rangkaian makanan berlangsung sebagai berikut :

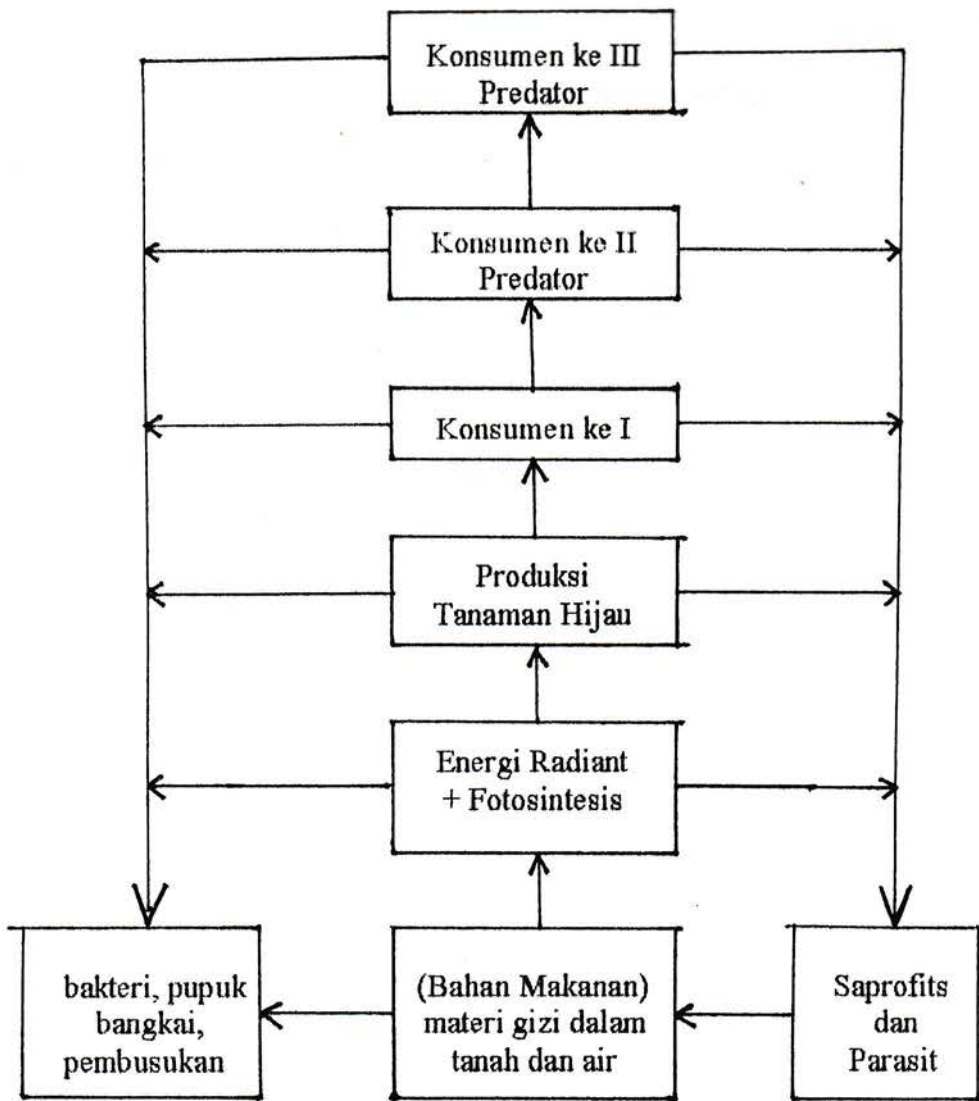
dimakan

tanaman → serangga pemakan tanaman → rodentia, herbivora → serangga predator, atau karnivora kecil → karnivora besar.

Yang mati , membusuk, prosesnya berlanjut lagi seperti diatas.

8.1.2.2. Piramida Ekologi

Jaringan makanan dalam suatu komunitas, kumpulan masyarakat telah digambarkan oleh Charles Elton sebagai suatu piramida jumlah (Pyramide of Number). Hewan dibagian dasar kecil-kecil dan berlimpah-limpah, yang di puncak sedikit tapi besar.



8.1.2.3. Lindungan dan tempat perindukan / perkembangbiakan

Hewan besar yang hidup di air dapat menghindari dengan kesanggupan gerakan yang hebat. Banyak hewan-hewan kecil di air dan darat hidup dalam berbagai tipe perlindungan dan tempat pengasingan diri atau tempat perlindungan untuk menghindarkan musuh dan maksud lain.

Berbagai Mammalia, burung, kadal dan serangga hidup dalam lingkungan seperti padang rumput, semak belukar, pohon atau karang. Berbagai ikan laut dan invertebrata tinggal di rumput laut, karang atau koral di air pantai dan dam.

8.1.2.4. Kompetisi persaingan

Sejumlah species mempunyai kebutuhan pangan yang sama (demikian juga mengenai perlindungan dan perkawinan) dan mereka bersaing satu dengan lainnya. Padang rumput misalnya dapat berupa daerah sumber bersama antara belalang dan serangga pemakan tanaman, tikus, kelinci, rusa dan hewan piaraan. Kegagalan mendapatkan materi makanan menyebabkan kematian hewan.

8.1.2.5. M u s u h

Tiap-tiap hewan yang memakan hewan lain dinamakan musuh atau predator, dan hewan yang dimakan dinamakan mangsa. Kanibalis adalah hewan yang memakan hewan sejenis dan hewan yang memakan hewan mati dinamakan pemakan bangkai.

8.1.2.6. P e n y a k i t

Hewan yang dapat menyebabkan penyakit ialah virus, riketsia, bakteri, protozoa, cacing parasit dan Arthropoda.

Parasit ialah organisme yang hidup pada mahluk lain untuk mendapatkan makanannya.

BAB IX SISTEM SYARAF DAN ALAT PERASA

A. Sistem Syaraf

Semua Protoplasma hidup dapat dirangsang dan dapat merasa. Karena itu tiap makhluk hidup sensitif terhadap perubahan atau rangsangan dari lingkungan luar atau pengaruh dalam ; mereka merespon atau bereaksi dengan berbagai cara. Tiap macam respon organik dari reaksi sederhana dari Amoeba sampai ke fungsi tubuh yang rumit atau proses mental manusia, berasal dari prinsip rangsangan tersebut.

Untuk merasa rangsangan, untuk mentransmisinya ke seluruh bagian badan dan pengaruh respon sebagian besar hewan mempunyai sistem syaraf. Sistem ini (bersama dengan beberapa kelenjar endokrin) juga bertindak untuk mengkoordinasi dan integrasi fungsi sel, jaringan dan sistem organ, sehingga mereka bekerja harmonis sebagai suatu unit.

9.1. Rangsangan dan respon

Suatu perubahan fisik atau kimiawi yang dapat merangsang suatu organisme atau bagiannya dinamakan *stimulus* (jamak : stimuli).

Stimuli luar umumnya berupa suhu , kelembaban, cahaya, gravitasi , kontak , tekanan, persediaan oksigen, konsentrasi garam dan rangsangan kimia.

Stimuli dalam berasal dari jumlah makanan, air, oksigen atau sisa-sisa dalam tubuh dan dari lelah, nyeri, sakit atau kondisi lain. Beberapa stimuli bereaksi langsung ke sel-sel atau jaringan dan menyebabkan respon langsung (seperti sengatan matahari) tapi beberapa hewan mempunyai berbagai reseptor tertentu (organ perasa) untuk menerima stimuli.

Reseptor adalah suatu sel atau organ yang mempunyai sensitivitas tertentu untuk beberapa macam seluk beluk atau jenis-jenis stimuli seperti mata terhadap cahaya dan telinga terhadap suara.

Reseptor luar (*Exteroceptor*) menerima stimuli dari lingkungan luar dan Reseptor dalam (*Interoceptor*) menerima rangsangan dari dalam tubuh, seperti lapar dan haus. Reseptor mendorong transmisi impuls syaraf ; impuls, berbalik, merangsang struktur terminal atau *efektor* untuk membawa respons.

9.2. Neuron dan Syaraf

Sistem syaraf terdiri dari sel-sel syaraf atau neuron dengan jalannya reaksi sel yang dinamakan dendri dan axons.

Bentuk neuron bervariasi dalam sistem berbagai jenis hewan dalam beberapa bagian dari suatu sistem syaraf.

Neuron adalah suatu unit fungsional dari sistem syaraf. Antara dua neuron dihubungkan oleh kontak halus yang dinamakan *sinapse*. Ini adalah katup fisiologis yang dilewati impuls syaraf hanya dalam satu jurusan, dari axon suatu neuron ke

dendrit yang lainnya. Suatu syaraf terdiri dari satu sampai banyak serabut syaraf (axon atau dendrit) bergabung bersama-sama menjadi jaringan penghubung dan termasuk pembuluh darah untuk mensuplai makanan dan oksigen, syaraf yang besar mengandung banyak serabut seperti kawat dalam kabel listrik.

Impuls syaraf yang melalui serabut syaraf dipengaruhi oleh perubahan kimiawi dan elektrik. Hal itu memerlukan adanya oksigen dan menghasilkan sedikit CO₂, juga menaikkan suhu. Impuls syaraf berjalan 28 – 30 meter per detik pada kodok, dan lebih dari 120 meter per detik pada serabut beberapa mammalia.

Suatu impuls yang mencapai cabang halus suatu axon, menyebabkan axon menghasilkan *neurohumor kimiawi* yang menyusun impuls neuron berikutnya.

Asetilkolin dihasilkan pada synapsis.

Adanya asetilkolin akan melanjutkan rangsangan ke neuron berikutnya tapi enzim kolinesterase cepat menghambatnya (menginaktifkan).

Sensori atau *neuron aferen* adalah menghubungkan impuls dari reseptor ke atau melalui sistem syaraf pusat, dan motor atau neuron eferen menghubungkan dari sistem syaraf pusat ke berbagai efektor sedangkan *adjustor neuron* (neuron pengatur) dalam otak dan korda syaraf bersatu bervariasi antara neuron sensori dan neuron motor. Beberapa syaraf mengandung hanya serabut sensori sedang yang lain hanya serabut motor dan kebanyakan adalah syaraf campuran.

Ganglion adalah suatu unit yang mengandung tubuh sel neuron dan ganglia tertentu dalam otak dikenal sebagai center (pusat). Pada hewan rendah sistem syaraf dapat berupa sistem *reseptor – adjustor* efektor atau mekanisme sensori - neuromuscular.

9.3. Sistem syaraf Invertebrata

Kebanyakan protozoa kelihatannya tidak mempunyai struktur koordinasi syaraf tapi pada beberapa Ciliata seperti *Paramecium* mempunyai suatu sistem fibril tertentu atau suatu aparat neuromotor yang menerima rangsangan, menghubungkan impuls dan koordinasi gerakan tubuh sel.

Pada hewan simetris bilateral sistem syarafnya linier, biasanya terdiri dari satu atau lebih pasangan ganglia atau otak dibagian depan (anterior) bersambung dengan satu atau lebih korda syaraf (nerve corde) yang berlanjut keseluruhan bagian tubuh.

9.4. Sistem syaraf Vertebrata

Pada semua vertebrata, sistem syaraf sudah mempunyai asal dari janin yang selalu tunggal, beronga dan terletak diatas saluran pencernaan. Susunan syaraf ini terdiri dari :

1. Sistem Syaraf Pusat (SSP) dengan otak depan yang besar, berhubungan dengan spina atau kord syaraf.
2. Sistem syaraf perifer, terdiri dari 10 – 12 pasang syaraf kranial (cranial nerves) dari otak, satu pasang syaraf spinal dari korda untuk tiap-tiap ruas tubuh primitif dan autonomik (atau simpatik) sistem syaraf.

9.5. O t a k

Pada vertebrata tinggi , otak terdiri dari cerebrum dan cerebellum. Bagian luar dinamakan cortex. Pada manusia otak mengandung beberapa milyar neuron dan syarafnya, berisi sekitar $\frac{3}{4}$ seluruh sistem syaraf. Cortex merupakan tempat seluruh sensasi sadar dan aksi, memori, keinginan dan inteligensi.

Tidak ada suatu korelasi pasti antara ukuran otak dan intelegensi.

Cerebellum berhubungan dengan koordinasi otot dan memperlihatkan pertumbuhan istimewa pada ikan dan burung yang mempunyai gerakan yang cepat dan keseimbangan yang baik.

9.6. Korda Spina dan Syaraf

Bagian luar korda spina yang terdiri dari bahan putih adlah bungkus serabut myelin penghubung antara beberapa bagian otak dan inti syaraf spina dan neuron penaksir. Bagian dalam yang terdiri dari bahan abu-abu mengandung neuron penaksir dan inti neuron motor ; inti neuron sensori (panca indera) berada didalam ganglia akar dorsal dari syaraf spina. Bila akar dorsal syaraf spina dipotong, beberapa impuls sensori dari serabut-serabut pencatat gagal mencapai korda dan otak. Kerusakan akar ventral memblokir semua kontrol motor oleh serabut-serabut dalam syaraf itu.

9.7. Sistem syaraf otonomi

Sistem syaraf otonomi berhubungan dengan semua otot-otot halus, kelenjar-kelenjar dan bagian-bagian alat-alat dalam dari seluruh tubuh. Mereka mengontrol fungsi-fungsi rutin seperti derajat metabolisme, aksi dan nada otot-otot dalam tingkat dan pemeliharaan kestabilan komponen dalam darah limfe dan cairan jaringan.

Sistem simpatetik, dibagian thorakolum (dada panggul) termasuk dua sambungan penghubung ganglia sepanjang vertabrata dan aorta. Serabut-serabut eferen dari korda spina melewati syaraf spina masuk ke ganglia simpatetik sebagai serabut preganglion. Sebagai serabut ganglion ini membentuk unit kumpulan yang dinamakan plexus yang kemudian menyebar ke berbagai organ, seperti usus, hati dan sebagainya. Serabut simpatetik aferen melewati langsung dari organ-organ ke akar dorsal syaraf spina dan masuk ke korda spina.

Bagian Cranio sacral atau sistem parasimpatetik, termasuk serabut-serabut dalam syaraf kranial tertentu, ke iris mata, kelenjar-kelenjar dan membran mukosa rambut, dan jantung, paru-paru, lambung dan usus halus, dan serabut yang lain dari syaraf sacral berhubungan dengan organ-organ di dalam abdomen bawah.

Sebagian besar organ dalam dan beberapa lainnya dijalani oleh kedua sistem itu dan keduanya lebih kurang mempengaruhi sekresi liur dan cairan pencernaan, memacu aktivitas otot usus, mengerutkan bronchioli dalam paru-paru, memperlambat denyutan jantung dan mengecilkan pupil dan mengatur mata untuk melihat dekat. Sebaliknya simpatetik mempercepat denyutan jantung, memperlambat aksi usus, melebarkan bronchioli dan seterusnya.

9.8. Macam respon

Tiap-tiap hewan mempunyai respon tertentu.

- Taksis adalah suatu macam respon dimana hewan menjauh atau mendekat.
- Reotaksis ialah macam respon yang disebabkan oleh arus.
- Fototaksis ialah macam respon yang terpengaruhi oleh cahaya; fototaksis positif dan negatif. Seperti serangga yang tertarik terhadap cahaya dinamakan fototaksis positif.
- Gerak reflek ialah semacam respon yang terkoordinasi inovasibel dan biasanya terjadi pada hewan dengan korda syaraf dan syaraf seperti pada cacing anelida, artropoda dan vertebrata. Bila kaki orang diketuk dan menggantung bebas dan tendon lutut di ketok, kaki akan bergerak maju, reflek sentakan kaki itu adalah suatu respon otomatis dan tidak disengaja (reflek).

9.9. Jalannya Sensori (Panca Indera)

Setelah impuls mencapai korda spina, akan diikuti oleh suatu perjalanan sensori spesifik ke pusat tertinggi. Stimuli ini berbagai ragam. Mula-mula aferen dari organ perasa, suatu sentuhan dan tekanan masuk ke korda spina dan dengan segera berlanjut maju pada waktu yang sama ke medula oblongata. Di sana impuls ditransmisi melalui sinaps dan aktivitas neuron kedua, akson yang melewati medula dan kembali ke ujung talamus. Struktur ini, dalam batang otak, bereaksi sebagai "station relap" syaraf, dari sana impuls ditransmisi ke kortek (cortex) cereberal untuk diolah menjadi suatu apresiasi sadar dan di integrasi.

Rangsangan sakit dan panas masuk ke korda spina melalui akar-akar dorsal dan masuk ke ujung syaraf aferen dalam tanduk dorsal dari bahan abu-abu. Melewati suatu sinaps, impuls masuk ke neuron kedua yang melewati korda spina pada level yang sama dan kemudian kembali ke atas pada sisi berlawanan reseptor sensori original untuk naik lewat medula langsung ke talamus. Kemudian impuls pergi ke kortek cereberal tapi pada level yang berbeda.

B. Reseptor dan Organ Indera

Reseptor yang merupakan hasil sensori sadar dinamakan organ indera. Pada manusia fungsinya sudah dikenal baik, tapi pada hewan kita tidak bisa mendeterminasi fungsinya dengan baik.

Berbagai organ indera dan reseptor memungkinkan hewan untuk mengetahui perubahan-perubahan dalam lingkungannya sehingga dapat memberikan respon adaptif yang tepat untuk mengatasi perubahan tersebut.

Agar dapat bertahan hidup tiap organisme telah mengembangkan beberapa cara untuk mengadakan respon adaptif yang tepat terhadap perubahan lingkungan yang penting baginya dan menghindari untuk mengadakan respon terhadap isyarat yang tidak penting. Organisme mempertahankan suatu keseimbangan homeostatik dengan lingkungannya. Hal ini mengharuskan organisme itu mempunyai reseptor atau organ indera untuk mengetahui perubahan-perubahan yang terjadi dalam lingkungan, sistem syaraf dan organ endokrin, untuk memadukan, mengkoordinasikan informasi yang diterima dan untuk menimbulkan respon dan efektor, seperti otot, kelenjar, melanosit,

nematokis, organ listrik atau struktur bercahaya untuk melaksanakan respon. Organ indera memungkinkan hewan menerima informasi untuk mendapatkan makanan, menemukan dan menarik lawan jenisnya dan menghindari dari musuhnya. Indera ini sangat penting dalam pelestarian individu maupun spesies.

DAFTAR PUSTAKA

1. BERNSTEIN, R & BERNSTEIN, S. , 1981, *Biology : The Study of Life*, Harcourt Brace Jovanich, Inc., New York, San Diego, Chicago, San Fransisco, Atlanta, London, Sydney, Toronto.
2. Djuhandi, T.,1982,*Anatomi Perbandingan Vertebrata 1*, Penerbit Armico Bandung.
3. _____ , 1981, *Anatomi Perbandingan Vertebrata 2*, Penerbit Armico Bandung.
4. FIEDLER, W. et all,1979, *Saeugetiere 1*, Deutscher Taschenbuck Verlag GmbH & Co. KG, Muenchen.
5. KAHLE, W. LEONHARDT, H.PSLYZER, W., Terjemahan TONANG, H., 1993, *Atlas dan Buku Teks Anatomi Manusia*, EGC Penrbit Buku Kedokteran, Jakarta.
6. _____, Terjemahan TAMBAYONG, J., 1993 *Atlas dan Buku Teks Anatomi Manusia*, bag 3, EGC Penerbit Buku Kedokteran Jakarta.
7. KIMBALL, J.W, Tjitrosomo, S.S., Sugiri, N.,1991,ed.5, Penerbit Erlangga, Jakarta.
8. MORHOLT, L.E., & BRANDWEIN, P.F., 1976, *Biology, Patterns in Living Things*, Harcourt Brace Jovanovich, New York, Chicago, San Fransisco, Atlanta, Dallas and London.
9. NALBANDOV, A.V., Terjemahan KEMAN,S., 1990, *Fisiologi Reproduksi pada Mammalia dan Unggas*, Penerbit Universitas Indonesia , Jakarta.
10. NOBACK, C.R, DEMAREST, R.J., Terjemahan MUNANDAR, A., 1993, *The Human Nervous System (Anatomi Susunan Syaraf Manusia)*, EGC Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta.
11. ORR, R.T., 1969, *Vertabrata Biology 2 ed.*, W.B., Saunders Company, Philadelphia and London.
12. RADIOPDETRO, 1991, *Zoologi*, Penerbit Erlangga , Jakarta.
13. Soemarwoto, I., et all , 1988, *Biologi Umum*, P.T. Gramedia, Jakarta.
14. Suryo, 1990, *Genetika Manusia*, Gadjah Mada University Press, Yogya.
15. STORES, T.I & USINGER, R.L., 1951, *General Zoology* , Mc. Graw – Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London.
16. VILLEE, C.A., WALKER, W.F., BARNES, R.D., 1988, Terjemahan Sugiri, *Zoologi Umum ed. 6*, Erlangga , Jakarta.