

BBM 7

BERBAGAI FUNGSI PADA HEWAN I

PENDAHULUAN

Pada BBM 7 Anda diajak untuk memahamai konsep-konsep yang berkaitan dengan fisiologi hewan dengan harapan anda mampu menerapkannya dalam pembelajaran di SD.

Secara umum modul ini menjelaskan tentang : sistem pencernaan, sistem pernapasan, sistem sirkulasi dan sistem ekskresi.

Anda diharapkan memiliki kemampuan menjelaskan konsep-konsep yang berkaitan dengan sistem pencernaan, sistem pernapasan, sistem sirkulasi dan sistem ekskresi. Secara lebih khusus lagi, Anda diharapkan dapat :

- a. Menjelaskan struktur dan fungsi sistem organ Pencernaan
- b. Menjelaskan fungsi enzim dan hormon yang terlibat dalam sistem Pencernaan
- c. Menjelaskan proses penguraian makanan secara mekanis dan kimiawi, serta proses penyerapan makanan dalam sistem pencernaan
- d. Menjelaskan struktur dan fungsi sistem pernapasan
- e. Menjelaskan proses pertukaran gas dalam sistem pernapasan
- f. Menjelaskan struktur dan fungsi sistem sirkulasi (peredaran darah)
- g. Menjelaskan fungsi darah
- h. Menjelaskan proses pembekuan darah
- i. Menjelaskan cara penggolongan darah
- j. Menjelaskan struktur dan fungsi sistem homeostasis
- k. Menjelaskan proses pengaturan ekskresi oleh hormone
- l. Memiliki keterampilan dalam merawat kesehatan sistem pencernaan, sistem pernapasan., sistem sirkulasi, dan sistem homeostasis.

Kemampuan tersebut sangat penting untuk semua guru kelas, karena dengan memahami materi tentang sistem organ maka Anda dapat

menjelaskan hal-hal yang berkaitan dengan berbagai struktur dan fungsi pada makhluk hidup uniseluler maupun multiseluler yang ada di muka bumi ini. Selain itu Anda dapat tampil di depan kelas lebih percaya diri. Dengan menguasai materi secara mantap, para siswa akan merasa senang dan bersemangat belajar bersama Anda.

Untuk membantu Anda mencapai tujuan tersebut, BBM ini diorganisasikan menjadi empat kegiatan belajar (KB), sebagai berikut :

KB 1 : Sistem Pencernaan

KB 2 : Sistem pernapasan

KB 3 : Sistem sirkulasi

KB 4 : Sistem homeostasis

Untuk membantu Anda dalam mempelajari BBM 7 ini, ada baiknya diperhatikan beberapa petunjuk belajar berikut ini:

1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan ini sampai Anda memahami secara tuntas tentang apa, untuk apa dan bagaimana mempelajari bahan belajar ini.
2. Bacalah secepat bagian demi bagian, dan temukan kata-kata kunci dan kata-kata yang dianggap baru. Carilah dan baca pengertian kata-kata kunci tersebut dalam kamus yang Anda miliki dan dalam bagian glosarium BBM ini.
3. Tangkaplah pengertian demi pengertian melalui pemahaman sendiri dan tukar pikiran dengan mahasiswa lain atau dengan tutor Anda.
4. Untuk memperluas wawasan, baca dan pelajari sumber-sumber lain yang relevan.
5. Anda dapat menemukan bacaan dari berbagai sumber, termasuk internet.
6. Mantapkan pemahaman Anda dengan mengerjakan latihan dan melalui kegiatan diskusi dalam kegiatan tutorial dengan mahasiswa lainnya atau teman sejawat.
7. Jangan dilewatkan untuk mencoba menjawab soal-soal latihan dan tes formatif pada akhir kegiatan belajar. Hal ini berguna untuk mengetahui apakah Anda sudah memahami dengan benar kandungan bahan belajar ini.

Selamat Belajar!.

SISTEM PENCERNAAN

PENGANTAR

Adakah makhluk hidup yang tidak membutuhkan makan ? makan merupakan strategi dasar yang dimiliki hewan dalam menyiapkan makanan / *nutrien* untuk melakukan berbagai aktivitas tubuhnya, mulai kegiatan metabolisme, pertumbuhan, perkembangan dll. Makan merupakan proses menelan atau memasukkan makanan ke dalam tubuh; dan pencernaan merupakan tahapan proses penguraian makanan baik secara mekanis maupun secara kimiawi. Dari molekul organik yang besar selanjutnya diproses menjadi senyawa yang lebih kecil untuk kemudian diserap dan diubah menjadi molekul yang dapat digunakan untuk metabolisme seluler.

Pencernaan Pada Hewan Invertebrata

a. Pencernaan Intraseluler

Beberapa macam protozoa, juga parasit internal dan invertebrata laut tertentu, mengambil nutrien atau makan partikel secara langsung melalui dinding tubuh. Nutrien dapat diserap atau ditelan langsung oleh sel-sel dinding tubuhnya dan selanjutnya diuraikan melalui pencernaan intraseluler, enzim pencernaan berperan dalam setiap sel.

Parasit, contohnya cacing mengambil nutrien dengan cara tertentu dalam usus inangnya dan melalui transpor aktif nutrien tersebut melintasi membran plasma sel tubuhnya. *Paramecium* (protozoa, ciliata) memiliki organel penelan yang disebut *gullet*, suatu jalur dengan gerakan silia yang dapat menyapu partikel makanan yang kecil. Setelah mencapai dasar *gullet*, vakuola makanan mencomot dan membawanya ke sitoplasma. Vesikel kecil membawa enzim pencernaan dalam sitoplasma bergabung dengan vakuola, enzim ini menguraikan partikel makanan, menghidrolisisnya menjadi gula,

lemak, asam amino, dan basa asam nukleat, ion organik dan sebagainya. Molekul nutrien selanjutnya bergerak dari vakuola ke sitoplasma. Terakhir, vakuola makanan memindahkannya ke bagian dalam permukaan sel, bergabung dengan daerah yang disebut *anal pore* (lubang dubur), dan mengeluarkan bahan yang tidak berguna.

b. Pencernaan Intraseluler dan Ekstraseluler

Hewan dengan ukuran yang lebih besar dan lebih kompleks seperti cacing pipih dan cnidarians (misalnya : ubur-ubur), memiliki ruang usus internal, yang disebut ***rongga gastrovaskuler***. Melalui rongga tersebut air dan partikel makanan serta gas terlarut dibawa masuk ke dalam tubuh.

Pada cacing pipih contohnya *Planaria* dan pada cnidarians (misalnya : *Hydra*) rongga gastrovaskuler memiliki lubang keluar tunggal, tempat makanan masuk dan limbah keluar.

Gambar 7-1. Cacing pipih *Planaria*.

Ketika partikel makanan ditelan, enzim disekresikan ke dalam usus, kemudian partikel diurai menjadi makromolekul. Proses penguraian yang singkat terjadi dalam ***lumen***, bagian ruang usus lebih dalam, seringkali dalam sel-sel individual, yang disebut **pencernaan ekstraseluler**, pencernaan ekstraseluler tidak lengkap, jalur sel pada usus memfagositosis

makromolekul, dan dalam sel-sel usus tersebut kemudian nutrisi diurai oleh enzim.

c. Pencernaan Ekstraseluler

Pada sebagian besar hewan, pencernaan ekstraseluler memiliki usus berujung dua, yang disebut *alimentary canal*, yang meluas dari mulut sampai ke anus. Makanan dibuat dalam rongga pusat tabung tersebut. Alimentary canal ini juga disebut **saluran pencernaan** atau usus, memiliki daerah khusus yang berfungsi: mengurai makanan, menyimpannya sementara, mencernakan secara kimiawi, menyerap nutrisi, reabsorpsi air, menyimpan limbah dan akhirnya membuang limbah.

Pada cacing tanah, sebagai contoh sederhana berkaitan dengan usus yang memiliki daerah dengan fungsi khusus. Mulut cacing bekerja seperti tabung penghisap untuk menarik kotoran dan partikel makanan. Setelah melewati faring, bahan-bahan tersebut dipindahkan ke esofagus dan di sini ditambahkan cairan sekresi yang bersifat alkalin. Tanah dan makanan disimpan dalam ruang berdinding tebal yang disebut *crop*, selanjutnya masuk ke *gizzard*, sebuah ruang yang berotot dan berfungsi menggilas dan menumbuk mengurai makanan menjadi bagian yang lebih kecil. Melalui peningkatan tumbukan dan total daerah permukaan dengan panjang lipatan-tunggal, menyebabkan enzim ekstraseluler lebih efektif mengurai makanan menjadi gula, lemak, asam amino dan nutrisi lainnya. Makanan diurai secara enzimatik dan absorpsi terjadi pada **intestin** cacing tanah. Intestin meluas ke **sekum**, tempat menyimpan makanan beberapa saat, menyebabkan enzim berperan dan mengabsorpsi lebih sempurna. Sebagian besar air direabsorpsi melalui bagian ujung intestin, dan akhirnya limbah kering dikeluarkan melalui **anus**.

Proses dan struktur pencernaan dasar pada cacing tanah, juga merupakan karakteristik dari siput, lobster, mentimun laut, laba-laba dan hewan yang setingkat. Serangga (insekta), memiliki mekanisme penelanan dan pencernaan yang beragam. Beberapa serangga makan cairan tumbuhan dan hewan dan memiliki sebuah **penusuk**, jarum seperti belalai yang dapat menembus bunga, batang, daun, atau kulit dan hanya mengisap cairan.

Serangga lain misalnya rayap, memiliki rahang yang kuat untuk memotong potongan kayu atau menggigit hewan mangsa. Beberapa serangga memiliki sekum dan ruang penyimpanan lainnya dalam usus, yang menyimpan makanan dan menunda kebutuhan untuk makan secara terus menerus. Nyamuk betina, menyimpan darah mamalia dalam sekum yang ber dinding tipis. Dalam sekum, darah sekali-hisap dapat disimpan selama satu minggu dan masuk ke saluran pencernaan jika dibutuhkan.

Gambar 7-2. Saluran cerna berujung-dua pada cacing tanah.

Pencernaan Pada Hewan Vertebrata Pemakan-Daging

Vertebrata pemakan daging memiliki saluran pencernaan yang analog dengan cacing tanah dan serangga, tetapi mulutnya dilengkapi dengan gigi yang runcing.. Hewan pemakan daging disebut **karnivora**, mencabik organisme lain menjadi potongan kecil atau besar yang langsung ditelan. Beberapa karnivora, seperti aligator dan paus bergigi, hanya memiliki gigi berbentuk kerucut untuk menggigit dan mencabik. Mamalia seperti kucing dan anjing memiliki gigi **taring (canines)** yang terletak di bagian depan mulut untuk merobek daging; gigi **geraham (molars)** yang mencapai garis belakang untuk menumbuk tulang dan daging. Hewan pemakan daging dapat menelan makanan lebih sedikit dibanding hewan pemakan tumbuhan, karena daging hewan tidak diliputi oleh selulosa seperti pada tumbuhan. Lidah dan faring serta esofagus dilewati daging sebelum memasuki lambung atau kantung

berdinding elastik yang dapat membesar untuk menampung makanan berukuran besar. Pencernaan terjadi pada lambung, selanjutnya ke usus halus tempat terjadinya pencernaan dan penyerapan makanan. Pencernaan jaringan hewan membutuhkan waktu lebih sedikit dibanding pencernaan jaringan tumbuhan, sehingga usus karnivora lebih pendek dibandingkan herbivora.

Tidak semua hewan memiliki gigi. Burung tidak memiliki gigi, kemungkinan untuk mengurangi berat tubuhnya saat terbang. Ketika makan daging (cacing, serangga) atau biji tumbuhan, makanan dalam gizzard ditumbuk menjadi potongan yang kecil. Hewan terbesar di dunia, paus biru, paus kelabu dan sebangsanya juga tidak memiliki gigi, mereka dapat bertahan hidup melalui penyaringan udang-udang kecil dan plankton dari air laut. Paus biru yang panjangnya sekitar 6 meter, dapat mengumpulkan makanan sebanyak 1,5 ton perhari pada lembar tambahan yang tergantung pada gusi. Paus biru tidak memiliki gusi yang keras dan parut seperti epitel langit-langit rongga mulut manusia, secara evolusi hal ini berfungsi untuk memindahkan makanan dari medium terlarut atau air.

Gambar 7-3. Gigi Herbivora, karnivora dan manusia (omnivora).

Pencernaan Pada Hewan Vertebrata Pemakan-Tumbuhan

Vertebrata terbesar di dunia ini, gajah, kerbau termasuk pemakan tumbuhan dan secara khusus disebut **herbivora**, memiliki perlengkapan yang sama untuk menelan bahan-bahan dari tumbuhan : **gigi seri (*incisors*)** mirip pahat, pada bagian depan mulut untuk mengiris dan menggerogot bahan-bahan tumbuhan; **gigi geraham** yang rata pada bagian belakang, untuk

menghancurkan dan menggiling dinding sel tumbuhan dan serat untuk periode waktu yang lama.

Untuk memperlihatkan struktur usus herbivora berukuran besar, hewan “berdarah dingin” misalnya reptil yang tidak menghasilkan panas tubuhnya, mengakibatkan hewan ini jarang makan : reptil seberat manusia dewasa, hanya membutuhkan makanan dua atau tiga kali makanan kita setiap minggu. Usus halus reptil sangat pendek dibandingkan dengan usus halus mamalia, karena pencernaan dan penyerapan makanan berlangsung lambat. Cara hidup mamalia dengan panas tubuh tinggi dan pemakan makanan yang banyak, secara evolusi bergantung pada bagian intestin yang sangat panjang. Seperti pada herbivora, saluran usus yang terspesialisasi lebih panjang dibandingkan dengan mamalia lain.

Usus yang terspesialisasi ini dapat menjelaskan mengapa herbivora dapat tumbuh dengan ratusan kilogram makanan yang berasal dari rumput dan daun-daunan. Herbivora memiliki mikroba simbiotik yang menghancurkan selulosa, hewan itu sendiri tidak memiliki enzim untuk mencerna bahan-bahan tumbuhan secara langsung. Jadi herbivora memperoleh kalori dari selulosa tumbuhan, suatu cara yang tidak dapat dilakukan manusia. Jika tidak memiliki enzim dan mikroba simbiotik, maka selulosa akan melewati saluran pencernaan tanpa dicerna. Sebaliknya pada ruang lambung sapi, usus besar kuda, dan usus rayap yang merupakan tempat berlimpahnya monera atau protista yang memiliki enzim *selulase*. Protista dalam usus rayap mensekresikan selulase ke dalam lumen ususnya, penguraian selulosa terjadi secara enzimatik dan rayap dapat menyerap sejumlah subunit selulosa (dinding sel tumbuhan).

Ruang lambung yang lebih besar, mengandung organisme simbiotik yang berkembang paling sedikit tiga kali dalam mamalia; ruminansia; kungkang dan hewan berkantung tertentu. Lembu, domba, kijang dan herbivora lain memiliki lambung empat ruang, tempat bahan-bahan dari tumbuhan difermentasi dan dicernakan. Tiga dari ruang tersebut serupa dengan sekum (tempat penyimpanan : **rumen, retikulum, omasum**), dan yang keempat **abomasum** setara dengan lambung pada mamalia lain, karena hanya bagian

ini yang mensekresikan enzim pencernaan. Herbivora pemamahbiak disebut **ruminansia**. Ketika sapi memakan rumput, tumbuhan yang dikunyah melewati esofagus - ke sekum bagian pertama (retikulum), dan perlahan-lahan masuk ke rumen bersamaan dengan volume besar saliva yang bersifat alkalin (pH. 8,5). Produksi saliva pada sapi melebihi 200 liter, cairan yang sangat alkalin (basa) menurunkan keasaman lambung. Rumen sapi besar dapat menampung 400 liter makanan semicair dan saliva. Sejumlah besar bakteri anaerobik dan protozoa ciliata yang hidup dalam rumen dan retikulum memfermentasi rumput menjadi gula, asam lemak, dan asam amino. Molekul-molekul ini dapat diserap masuk ke pembuluh darah ruminansia. Pada proses ini, dibentuk dan dikeluarkan sejumlah besar gas metan (CH_4) dan CO_2 . Setiap tahun 20 % (CH_4) berasal dari kotoran ruminansia peliharaan; ini sekitar 100 trilyun kilogram.

Gambar 7-4. Lambung empat-ruang pada ruminansia.

Sejumlah mamalia memiliki gigi untuk mengunyah, mengiris, mencabik dan menggilas, termasuk didalamnya manusia, organisme ini dapat makan tumbuhan dan daging dan disebut **omnivora**.

Sistem Pencernaan Pada Manusia

Sistem organ pencernaan pada manusia berfungsi menguraikan makanan secara mekanis dan secara kimiawi menjadi molekul-molekul yang kecil sehingga dapat diserap oleh usus, dan diedarkan oleh sistem peredaran darah ke sel dan jaringan seluruh tubuh. Sari makanan berfungsi sebagai sumber energi untuk kegiatan metabolisme, untuk pertumbuhan sel-sel, dan untuk membangun serta mengganti sel-sel yang rusak.

1. Mulut : Bibir, Rongga Mulut, Gigi, Lidah

Mulut manusia dimulai dengan sepasang bibir, atas dan bawah. Mulut membantu mengambil makanan dan merupakan struktur yang penting untuk ekspresi wajah serta untuk berbicara.

Rongga mulut berisi gigi dan lidah. Pada orang dewasa gigi dibagi menjadi 4 kelompok : a). Empat gigi seri (*incisors*) digunakan untuk menggigit dan memotong; b). dua gigi taring (*canines*) digunakan untuk mencabik dan merobek; c). empat gigi geraham depan (premolars) digunakan untuk menggiling; dan d). enam gigi geraham belakang (molars) yang besar juga digunakan untuk menggiling. Email gigi merupakan bahan yang sangat keras dan didukung oleh otot yang kuat untuk mengunyah kacang dan tulang-tulang kecil.

Lidah hanya ditemukan pada hewan bertulang belakang, merupakan organ berotot yang berfungsi memindahkan dan merubah makanan selama mengunyah. Lidah juga berfungsi mengawasi tekstur dan rasa makanan dan membantu pembentukan kata pada manusia. Bagian pangkal lidah mengunyah makanan menjadi *bolus* yang lembab dan lembut agar mudah untuk ditelan.

Rongga mulut dibasahi oleh saliva yang dikeluarkan oleh 3 kelenjar ludah : **submandibula, sublingualis, dan parotid**. Pada orang dewasa, saliva dihasilkan sebanyak 1,5 liter sehari. Fungsi saliva untuk melembabkan udara yang masuk melalui mulut menuju paru-paru ; membasahi makanan dan membantu pembentukan bolus; dan membawa bermacam molekul dan ion-ion penting untuk pencernaan. Penelanan dibantu adanya lendir dalam saliva. Saliva juga mengandung **amilase**, enzim yang menghidrolisis zat pati menjadi gula, dan enzim lain yang membantu membunuh bakteri.

2. Faring Dan Esofagus

Makanan dan cairan yang ditelan dari mulut menuju faring, katup berdinding tipis di belakang mulut yang juga mengarah pada saluran pernapasan dan saluran pencernaan. Epiglotis dan korda vokal menutup trakea ketika makanan memasuki esofagus, dan tidak ada udara yang masuk ke trakea. Kontraksi otot rangka pada dinding faring dan esofagus bagian atas

mendorong bolus dan cairan ke dalam lambung. Kontraksi otot ini dan gerakan epiglotis mencegah masuknya makanan ke dalam trakea.

3. Lambung

Lambung manusia berbentuk **J** , kantung yang memulai menguraikan protein dengan adanya cairan asam yang mengandung air, lendir, enzim dan asam klorida (HCl). Lapisan mukosa lambung memiliki ribuan *gastric pits*, celah tipis dimana terdapatnya sel *chief* yang mensekresikan pepsinogen (bahan pembentuk pepsin); dan sel *parietal* yang mensekresikan HCl serta sel penghasil lendir. Lendir menutup dan melindungi permukaan lambung dari efek korosif enzim pencernaan dan getah lambung yang asam, asam lambung hanya disekresikan jika ada makanan.

Gambar 7-5. Sistem Pencernaan Manusia

Peran makanan adalah menginduksi *gastric pits* untuk mensekresikan HCl (sebagai H^+ dan Cl^-) dan pepsinogen. H^+ menyebabkan pepsinogen terurai menjadi pepsin, selanjutnya pepsin membantu penguraian pepsinogen lain menjadi banyak pepsin. H^+ , lendir, dan campuran cairan mulai mencerna

makanan, otot polos lambung berkontraksi mempersiapkan bahan untuk pencernaan pada usus halus. Sekitar 3-4 jam setelah makan, isi lambung menjadi gumpalan yang disebut *chyme*, dengan kekentalan krem.

4. Usus Kecil (Usus Halus - *Small Intestine*)

Sebagian besar pencernaan makanan terjadi dalam usus kecil, terdapat di antara lambung dan usus besar. Usus halus memiliki diameter 4 cm, panjangnya sekitar 7-8 m, permukaannya mengandung sekitar 200.000 vili setiap mm², seluruh permukaan usus halus manusia sekitar 250 m². Usus halus dibagi menjadi 3 bagian : 30 cm pertama disebut **duodenum** merupakan daerah pencernaan, kemudian 3 m berikutnya disebut **jejenum**, dan 4 m terakhir disebut **ileum**, dua bagian terakhir merupakan daerah penyerapan.

Duodenum mengandung enzim pencernaan, dihasilkan oleh : a). kelenjar duodenal; b). kelenjar pankreas, organ berbentuk daun yang menempel pada bagian ventral lambung, menyalurkan enzim melalui saluran pankreatik, enzim-enzim dari pankreas dapat mengurai lemak, protein, karbohidrat dan asam nukleat; c). kandung empedu yang menempel pada hati, dan menyalurkan cairan empedu dari hati ke duodenum. Cairan empedu sangat alkalin dan mengandung pigmen, kolesterol, dan garam empedu yang berperan mengemulsikan lemak, selain itu membantu mencerna dan menyerap lemak.

Cairan pankreatik dan cairan empedu mengandung banyak ion bikarbonat (HCO₃⁻), yang menetralkan keasaman *chyme* dari lambung menuju duodenum. pH *chyme* berubah dari 2 menjadi 7,8 suatu pH optimum untuk kerja enzim pankreatik.

Dalam jejenum dan ileum, asam amino, gula, asam lemak, asam nukleat, mineral dan air diserap dari *chyme* melalui permukaan epitel villi. Penyerapan ini membutuhkan sejumlah ATP, karena melibatkan transpor aktif (melawan gradien konsentrasi). Sekali diserap, asam amino, gula masuk ke dalam kapiler darah di samping villi dan mengalir ke vena porte hepatica yang menuju ke hati. Di sana terdapat makrofage yang menghancurkan

bakteri yang masuk. Sebagian besar nutrisi masuk ke dalam hati, dan berperan sebagai bahan baku untuk sintesis protein, glikogen, asam nukleat dan senyawa lain.

Sejumlah lemak tanpa penguraian lebih dulu diabsorpsi melalui membran plasma sel epitel; tetapi sebagian besar lemak diurai menjadi asam lemak dan monogliserida (dan beberapa gliserol), sebelum diserap ke dalam sel epitel dinding usus. Setelah diserap trigliserida (asam lemak dan gliserol) disintesis dan diselaputi oleh fosfoprotein untuk membentuk tetesan yang disebut **silomikron**, tetesan-tetesan ini keluar dari sel menuju pembuluh limfatik yang disebut **lakteal**, yang ditempatkan pada sumbu villi, selanjutnya memasuki pembuluh darah dan diangkut ke seluruh tubuh.

5. Usus Besar (kolon)

Usus besar manusia merupakan segmen usus berdiameter 6,5 cm, dengan panjang 2 meter, tidak bervili sehingga luas permukaannya hanya 1/3 usus halus. Usus besar dihubungkan ke usus halus pada bagian ujungnya yang disebut sekum dan terdapat apendiks (usus buntu). Susunan usus besar membentuk segi empat mengelilingi lipatan usus halus (naik/*ascending*-datar/*transverse*-turun/*descending colon*). *Descending colon* diakhiri dengan *rectum*, yang menuju ke anus tempat keluar buangan akhir.

Usus besar menerima sisa cairan dari bahan yang tersisa setelah pencernaan dan absorpsi dari usus halus. Sisa ini berisi sejumlah besar air juga bahan-bahan yang tidak dapat kita cernakan (terutama selulosa/dari tumbuhan). Selulosa dan beberapa bahan makanan lainnya merupakan makanan populasi bakteri yang sangat besar. Beberapa bakteri hidup bersimbiosis dalam usus besar, diantaranya *Escherichia coli*, dalam lingkungan hangat dan lembab jutaan bakteri ini mengambil makanan yang tidak dicerna dan pada saat yang bersamaan mengeluarkan asam amino dan vitamin K, yang diserap usus besar bersamaan dengan air dan mineral.

Tabel 7-1. Sumber, Enzim Pencernaan, dan Subtrat yang diuraikan.

SUMBER	ENZIM	SUBSTRAT
Kelenjar Ludah	<i>Amylase</i>	Pati, Glikogen
Lambung	<i>Pepsin</i>	Protein
Pankreas	<i>Amylase</i> <i>Lipase</i> <i>Trypsin</i> <i>Chymotrypsin</i> <i>Deoxyribonuclease</i> <i>Ribonuclease</i>	Pati, Glikogen Lipid Protein Protein Dna Rna
Usus Kecil	<i>Maltase</i> <i>Lactase</i> <i>Sucrase</i> <i>Aminopeptidase</i> <i>Carboxypeptidase</i> <i>Tripeptidase</i> <i>Dipeptidase</i> <i>Nuclease</i>	Maltosa Laktosa Sukrosa Peptida Peptida Peptida Peptida Nukleotida

Fungsi utama usus besar adalah reabsorpsi /penyerapan air kembali, dan menghasilkan feses (tinja). Air secara osmotik dikembalikan ke pembuluh limfa dan darah. Ketika air gagal diserap maka menyebabkan diare, buangan berair dan cepat keluar sehingga berakhir dengan dehidrasi (kehilangan cairan), sebaliknya jika buangan lambat bergerak menyebabkan konstipasi (sembelit).

Feses dari usus besar melalui tabung bentuk-S masuk ke dalam rektum. Feses berada di rectum sampai kedua sfingter yang mengawasi anus kendor dan gelombang peristaltik yang keras, melemparkannya keluar, dalam proses defekasi.

6. Hati (*Liver*)

Hati merupakan organ terbesar dan salah satu organ serba guna dalam tubuh manusia, sebagai perantara sistem pencernaan dan kebutuhan metabolik organisme. Hati berwarna merah kecoklatan, berat lobus sekitar 3-3,5 kg, dan terletak di bawah diafragma. Hati tersusun oleh jutaan sel yang disebut **hepatosit**, yang membantu pengaturan nutrisi yang terkandung dalam darah. Hepatosit juga membentuk sejumlah protein darah, termasuk protrombin (enzim yang terlibat dalam pembekuan darah) dan albumin (protein plasma).

Liver mamalia merupakan tempat utama untuk penyerapan dan perubahan sejumlah senyawa, salah satunya racun. Asam amino diserap

dalam hati dan diubah menjadi urea, yang akan diekskresikan dalam urin. Hemoglobin dari sel darah merah yang mati dikumpulkan dalam hati dan diubah menjadi bilirubin (merah) dan biliverdin (hijau), yang merupakan warna cairan empedu dan warna feses. Enzim tertentu dalam hepatosit dapat menguraikan racun seperti alkohol dan obat-obatan lainnya. Jika terpapar racun pada tingkat-tinggi atau kronik, maka sel-sel hepatosit dapat mengalami kerusakan, dan menyebabkan penyakit yang disebut **sirosis**.

Hati juga menghasilkan *somatomedins*, zat yang memerantarai pertumbuhan tulang; hati juga menyimpan vitamin yang larut dalam lemak; tempat menyimpan glikogen; serta memelihara kadar gula darah normal. Artinya, kondisi hati menunjukkan kesehatan seluruh tubuh.

E. Pengendalian Sekresi Enzim Dan Aktivitas Usus

Impuls Dari Otak menstimulasi Sekresi Saliva Dan Getah Lambung Pada Saat Melihat Dan Mencium Makanan.

Cabang Nervus Vagus menstimulasi sel pada lambung untuk mensekresikan hormon pencernaan (**Gastrin**) ke dalam pembuluh darah.

Hal tersebut menyebabkan kelenjar gastrik pada dinding lambung mensekresikan **HCl** dan **Pepsinogen**. (Ketika makanan sampai di lambung, stimulasi diikuti sekresi gastrik).

Ketika *Chyme* dari lambung sampai di duodenum, asam dalam chyme menyebabkan sekresi hormon **Sekretin**, sedang protein dan lemak dalam *chyme* menyebabkan Sel Intestinal mensekresikan kolesistokinin (**Cholecystokinin /CCK**).

Kedua Hormon tersebut menyebabkan Otot Polos Usus berkontraksi perlahan, selanjutnya makanan bergerak perlahan, Lemak banyak dicerna dan diserap. Selain itu, Sekretin menyebabkan Pankreas mensekresi Bikarbonat (mentralkan asam dalam chyme)

CCK menyebabkan pancreas mensekresikan getahnya yang banyak mengandung enzim pencerna protein (**Tripsin dan Kimotripsin**).

Sel Intestinal minimal mensekresikan 6 hormon tambahan untuk mengendalikan lambung dan pancreas. Salah satunya adalah *Vasoactive Intestinal Peptide* (VIP), hormon yang disekresikan duodenum ketika lemak terdapat dalam rongga. Peran lain VIP meningkatkan sekresi getah pankreas dan menghambat sekresi getah lambung (dan gastrin). VIP, Sekretin, CCK dan hormon lain tidak hanya disintesis di intestin, tapi juga dalam otak (sebagai neuropeptida)

LATIHAN 1

1. Jelaskan mengapa hewan digolongkan menjadi karnivora, herbivora dan omnivora?.
2. Dimana pencernaan sebenarnya terjadi dalam saluran pencernaan manusia?.
3. Jelaskan peran hormon CCK (kolesistokinin) dalam pengendalian sekresi enzim yang berkaitan dengan aktivitas usus !.

Untuk dapat menjawab latihan secara lengkap. Carilah buku-buku dan bahan bacaan lain yang memuat tentang sistem pencernaan pada hewan, dan Anda dapat mengacu pada rambu-rambu pengerjaan latihan berikut :

Hewan memiliki gigi dengan fungsi yang berbeda yaitu untuk menggunyah, menggilas dan mencabik. Saluran pencernaan hewan herbivora memiliki lambung yang mengandung sejumlah besar protista yang dapat mensekresikan enzim selullase untuk mengurai selulosa (dinding sel tumbuhan), sedangkan karnivora tidak.

Usus halus menghasilkan berbagai enzim untuk menguraikan makanan menjadi molekul yang lebih kecil berupa : glukosa, asam lemak, gliserol dan asam amino. Molekul-molekul ini juga diserap pada bagian ini.

Ketika *Chyme* dari lambung sampai di duodenum, asam dalam chyme menyebabkan sekresi hormon **Secretin**, sedang protein dan lemak dalam *chyme* menyebabkan Sel Intestinal mensekresikan kolesistokinin (***Cholecystokinin /CCK***). Kedua Hormon tersebut menyebabkan Otot Polos Usus berkontraksi perlahan, selanjutnya makanan bergerak

perlahan, Lemak banyak dicerna dan diserap. Selain itu, Secretin menyebabkan Pankreas menskresi Bikarbonat (mentralkan asam dalam chyme). CCK menyebabkan pancreas mensekresikan getahnya yang banyak mengandung enzim pencerna protein (**Tripsin dan Kimotripsin**).

RANGKUMAN

Makan melibatkan proses penelanan (*ingestion*) dan pencernaan (*digestion*) bahan kimia dalam makanan.

Pencernaan makanan dapat terjadi secara intraseluler dan ekstraseluler.

Berdasarkan macam makanan yang dikonsumsi, dan macam saluran pencernaan hewan digolongkan menjadi herbivora (pemakan tumbuhan), karnivora (pemakan daging), dan omnivora (pemakan daging dan tumbuhan).

Saluran pencernaan yaitu usus berujung-dua (mulut dan anus).

Sistem pencernaan manusia dimulai dari mulut, esofagus, lambung, usus halus, usus besar, berakhir pada anus. Gigi dan lidah membantu menyiapkan penelanan makanan.

Kelenjar salivari mensekresikan ludah/saliva yang mengandung amilase dan melembabkan makanan. Lambung merupakan tempat penguraian makanan secara mekanik. Penguraian protein dimulai ketika pepsin melekat pada bolus makanan.

Penguraian secara enzimatik yang bersifat alkalin/basa dan penyerapan nutrisi/sari makanan terjadi pada usus halus. Vili dan mikrovili pada permukaan usus halus meningkatkan luas permukaan penyerapan sari makanan.

Pankreas menghasilkan enzim pencernaan yang disekresikan ke dalam duodenum. Hati merupakan tempat penguraian racun dan penyimpanan vitamin yang larut-lemak dan glikogen.

Usus besar terdiri dari kolon dan rektum, menyerap sebagian besar air dan mineral yang tidak diserap usus halus. Juga menyimpan, mengubah, dan memindahkan feses.

Selama penguraian secara kimiawi, enzim-enzim pencernaan secara bertahap mengurai makanan dari bentuk polimer menjadi monomernya, sebelum diserap usus halus protein diurai menjadi asam-asam amino, karbohidrat (polisakarida) diurai menjadi glukosa, dan lemak dihidrolisis menjadi asam lemak dan gliserol.

Saraf dan hormon membantu penelanan dan pencernaan. Makanan memicu awal proses pencernaan dalam mulut (sekresi saliva) dan dalam lambung (sekresi pepsin dan HCl). Hormon sekretin dan kolesistokinin mensekresikan cairan dan enzim pankreatik, melepaskan cairan empedu dari hati dan kandung empedu.

Makronutrien terdiri dari protein, karbohidrat, lemak dan beberapa mineral. Mikronutrien mencakup vitamin yang larut-air dan larut-lemak serta mineral tertentu.

TES FORMATIF 1

- Petunjuk : Pilihlah**
- A. Jika jawaban (1), (2), dan (3) benar
 - B. Jika jawaban (1), dan (3) benar
 - C. Jika jawaban (2), dan (4) benar
 - D. Jika jawaban (4) saja yang benar

Pencernaan makanan melibatkan beberapa tahap proses, yaitu:

- (1). penelanan
- (2). penyerapan
- (3). pencernaan
- (4). pembuangan

Urutan saluran pencernaan cacing tanah yang benar terdiri dari :

- (1). Mulut-faring-esofagus-crop
- (2). Mulut-faring-esofagus-crop
- (3). Intestin-gizzard-anus
- (4). Gizzard-intestin-anus.

Ruang lambung pada hewan herbivora yang setara dengan lambung mamalia lain, tempat sekresi enzim pencernaan, adalah :

- (1). rumen
- (2). retikulum
- (3). omasum
- (4). abomasum

Bagian usus halus manusia yang berfungsi untuk penyerapan makanan adalah :

- 1). Duodenum
- (2). jejunum
- (3). sekum
- (4). ileum

Pada usus besar manusia terjadi beberapa proses, antara lain :

- (1). Pembentukan vit.K
- (2). Reabsorpsi air
- (3). Pemadatan limbah
- (4). Penyerapan makanan

Lambung manusia mengeluarkan beberapa cairan berikut ini :

- (1). gastrin
- (2). HCl
- (3). Pepsinogen
- (4). Sekretin

Hati manusia merupakan organ yang memiliki berbagai fungsi, yaitu :

- (1). Menguraikan racun dan sel darah merah yang mati
- (2). Menyimpan vitamin yang larut-lemak dan glikogen
- (3). Menghasilkan somatomedin.
- (4). Menghasilkan pepsinogen.

Molekul lemak akan diurai dalam usus halus menjadi molekul yang lebih kecil, yaitu :

- (1). glukosa
- (2). Asam lemak
- (3). glikogen
- (4). gliserol

Makronutrien, merupakan molekul berukuran besar yang terdapat dalam makanan, diantaranya adalah :

- (1). Karbohidrat.
- (2). Protein.
- (3). Lemak.
- (4). Vitamin.

Mikroba simbiotik dalam lambung herbivora, membantu mengurai bahan bahan atau dinding sel tumbuhan dengan cara sebagai berikut :

- (1). Fermentasi.
- (2). Menghasilkan enzim selulosa
- (3). Menghasilkan enzim selulase
- (4). Menghasilkan karbohidrat

BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Untuk mengetahui kebenaran jawaban Anda, bandingkan dengan kunci jawaban pada bagian akhir modul ini. Hitunglah jumlah jawaban yang benar, selanjutnya hitung tingkat penguasaan Anda terhadap materi di atas dengan menggunakan rumus :

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

90% - 100% = baik sekali

80% - 89% = baik

70% - 79% = cukup

< 69% = kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% ke atas, Anda dapat meneruskan untuk mempelajari Kegiatan belajar 2. Bagus! Akan tetapi, bila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi mempelajari materi di atas terutama bagian yang belum Anda kuasai.

SISTEM PERNAPASAN

PENGANTAR

Respirasi merupakan proses pertukaran gas antara organisme dengan lingkungan. Respirasi mencakup pengambilan oksigen (O_2), mengedarkannya ke sel-sel, dan mengubah O_2 dan melepaskan karbon dioksida (CO_2). Respirasi dalam hal ini berarti pernapasan, bukan respirasi sel yang terjadi dalam mitokondria ketika glukosa dan molekul organik lain dimetabolisme menjadi ATP. Sebagian besar hewan memiliki rangkaian organ pernapasan khusus, seperti insang dan paru-paru. Silia dan otot membantu memompa udara atau oksigen yang terlarut dalam air.

Udara mengandung bermacam gas, ukuran total 760 mmHg (1 atmosfer) merupakan tekanan total campuran gas tersebut. Kandungan oksigen sekitar 21 % dari volume udara keseluruhan dan tekanannya berarti $0,21 \times 760$, atau 160 mmHg, tekanan nitrogen 593 mmHg dan karbon dioksida 0,2 mmHg.

Pada semua organisme eukariot yang dibutuhkan dalam respirasi bukan perbandingan gas di udara, tetapi jumlah atau kuantitas gas yang dikirim ke sel dan jaringan tubuh. Kuantitas gas yang dikirim ke sel dan jaringan tersebut dipengaruhi oleh empat faktor : 1) kecenderungan suatu gas untuk memasuki cairan didekatnya meningkat sebagai akibat tekanan parsial gas yang meningkat; 2). kelarutan gas dalam cairan merupakan faktor penting yang mendukung ketersediaan dan pergerakan O_2 dan CO_2 dalam organisme dan sel; 3). Suhu lingkungan organ pernapasan, darah (jika organisme punya) dan sel, menentukan kandungan gas dan kemudahan gas terlarut berdifusi masuk dan keluar sel; dan 4). Kecepatan difusi gas dalam cairan.

Permukaan Tubuh Sebagai Tempat Pertukaran Gas

Membran sel organisme uniseleler atau yang berkoloni, seperti prokariot, spons, fungi, dan cacing pipih kecil, dapat menjadi tempat pertukaran oksigen dan karbondioksida melalui difusi. Pada cacing, cacing laut, salamander tanpa-paru-paru yang menempati sungai gunung es-dingin, dan katak tertentu, respirasi melibatkan difusi dan transpor gas. Difusi oksigen melalui permukaan tubuh yang lembab dan masuk ke kapiler darah yang terdapat dibawah permukaan kulit dan karbondioksida mengikuti jalur kebalikannya, bergerak dari sel tubuh menuju cairan ekstraseluler, ke pembuluh darah, ke kapiler kulit dan berdifusi melalui kapiler kulit yang lembab.

Insang : Organ Respirasi Akuatik

Berbagai hewan akuatik memiliki organ pertukaran gas yang khusus yang disebut **insang**, merupakan daerah dengan luas permukaan yang besar dan jarak yang sangat pendek untuk difusi O_2 dan CO_2 di antara air sekelilingnya dengan darah.

Gambar 7-6. Pertukaran gas dalam insang ikan.

Jadi insang mengandung suplai darah yang banyak dan dipisahkan dengan air di lingkungan luar oleh sel-sel kapiler yang agak tebal dan epitel insang. Darah dalam kapiler mengambil O_2 dengan difusi jarak dekat dari air dan masuk ke sel epitel insang selanjutnya menembus dinding kapiler. CO_2 (sering bergerak sebagai bikarbonat/ HCO_3^-) berdifusi dengan arah yang berlawanan.

Trakea : Tabung Respiratori

Insekta (serangga) dan sebagian besar arthropoda memiliki trakea : tabung berisi-udara yang bercabang-cabang menjadi jaringan-kerja aliran udara yang menembus tubuh hewan tersebut dan mengirim udara secara langsung ke tubuh bagian dalam. Pada beberapa spesies, kantung udara dihubungkan ke bagian dalam sebagai cadangan udara sementara. Seperti insang, trakea memiliki area luas permukaan untuk pertukaran gas dan jalur difusi jarak pendek ke kapiler dan cairan jaringan.

Gambar 7-7. Trakea Insekta : tabung untuk respirasi efisien.

Sistem Pernapasan Pada Manusia

Sepanjang hidup manusia, tidak akan pernah berhenti membutuhkan oksigen, jadi hidup manusia bergantung kepada sistem pernapasan.

Pernapasan atau respirasi merupakan proses pertukaran O_2 dan CO_2 antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Tekanan udara pada permukaan bumi diukur dengan tekanan atmosfer. Masing-masing gas dalam udara : N_2 , O_2 , dan gas lain memiliki tekanan parsial. Gas-gas tersebut memiliki kelarutan yang berbeda, hal tersebut menyebabkan pergerakan O_2 dan CO_2 dalam makhluk hidup. Pada organisme tingkat tinggi proses aliran udara dibutuhkan untuk distribusi O_2 dan CO_2 yang memadai ke jaringan tubuh.

1. Organ Pernapasan

Aliran udara pernapasan melalui berbagai organ, yaitu : udara masuk lewat lubang hidung disaring, dilembabkan, dan dihangatkan melalui rongga hidung (dilengkapi rambut); rongga mulut; dan glotis bagian awal dari faring, yang dilindungi oleh penutup (epiglotis), dan disokong oleh rangka kartilago (laring); selanjutnya dihubungkan dengan tabung fleksibel (trakea) atau pipa udara; kemudian masuk ke dalam rongga dada bercabang dua menjadi bronkus; masing-masing bronkus berhubungan dengan bronkeolus, selanjutnya percabangan halus bronkeolus yang bergabung dengan kantung-kantung tipis alveolus (membentuk paru-paru), tempat pertukaran gas.

Laring merupakan organ suara, terdapat pada bagian depan leher, melebar ke atas berbentuk segitiga, terdiri dari 9 kartilago (rawan) yang digerakan oleh otot, memiliki dua lipatan membran mukosa yang dilekatkan oleh fibrosa dan ligamen elastik, disebut **korda vokal**.

Trakea merupakan tabung panjang atau batang yang menuju paru-paru, permukaan dalam dinding trakea ditutupi epitel bersilia dan menghasilkan lendir, sedangkan bagian dinding luarnya terdapat cincin kartilago atau rawan yang melilit sepanjang pipa trakea. Trakea berujung pada cabang dua bronkus primer, selanjutnya bronkus sekunder bercabang-cabang menuju bronkeolus. Tabung bronkial ini membentuk sistem saluran udara yang berujung pada kantung-kantung yang tipis yang disebut alveolus.

Gambar 7-8. Sistem Pernapasan Manusia

2. Udara Pernapasan

Setiap kali gerakan bernapas, $1/7$ kapasitas vital udara mengalir ke dalam dan keluar dari paru-paru. Gerakan demikian sekitar 16-20 kali / menit, total ventilasi sekitar 8-10 liter. Pada orang yang giat bernapas, frekuensi gerakan bernapas dapat meningkat sampai 50 kali/menit, total ventilasi menjadi sekitar 20 liter.

Selama bernapas, dua rangkai otot antar tulang rusuk (*muskulus intercostalis*) berkontraksi dan memasukkan udara ke dalam paru-paru, jika otot relaksasi udara dikeluarkan dari paru-paru. Volume udara yang diambil disebut **inhalasi**, dan volume yang dikeluarkan disebut **ekshalasi**. Inhalasi normal mengambil volume udara 500 cc (volume tidal) atau 10% dari volume udara total dalam trakea dan paru-paru (5 liter atau 5000 cc). Inhalasi dan ekshalasi maksimal sebanyak 4 liter atau 4000 cc udara (kapasitas vital) atau 80% volume udara total dalam trakea dan paru-paru. Diafragma merupakan sekat yang memisahkan rongga dada dan rongga perut, membantu fungsi pernapasan.

Gambar 7-9. Kapasitas paru-paru dan udara Pernapasan Manusia.

3. Pigmen Pernapasan

Hemoglobin merupakan pigmen pernapasan yang terdiri dari empat rantai polipeptida/protein, masing-masing dilengkapi gugus heme yang mengandung besi. Oksigen berikatan secara khusus pada atom besi dan asam amino tertentu pada bagian empat rantai protein di atas. Hemoglobin berikatan dengan empat molekul O_2 disebut **oksihemoglobin (HbO_2)**.

Hemoglobin dibuat dalam sel darah merah yang belum matang dan memberi warna merah pada darah. Pada hewan vertebrata, hemoglobin tetap berada pada sel darah merah. Keberadaan hemoglobin dalam sel darah merah memberikan beberapa keuntungan, yaitu : 1). Molekul hemoglobin selalu dekat dengan enzim dan faktor lain pada sitoplasma sel darah merah yang memelihara atau merubah pengikatan komponen pigmen; 2). Berikatan dengan sel, hemoglobin tidak menambah tekanan osmotik plasma darah; jika hemoglobin beredar bebas, osmosis dapat memelihara keseimbangan cairan lebih kuat dari jaringan; dan 3). Karena sel darah merah memiliki diameter yang hampir sama dengan sebuah kapiler, tekanan sel darah merah melalui kapiler dapat lebih efisien mengatur plasma dan memindahkan O_2 , CO_2 , nutrien dan limbah.

Hemoglobin mengikat O_2 ketika tekanan O_2 (PO_2) tinggi dalam paru-paru dan melepaskannya ketika PO_2 rendah dalam jaringan. pH darah dan organofosfat dalam sel darah merah serta temperatur darah dapat merubah afinitas pengikatan hemoglobin terhadap O_2 . **Mioglobin** merupakan pigmen cadangan yang kebanyakan ditemukan pada jaringan otot; dan memelihara

tersedianya O_2 dan dapat melepaskannya pada keadaan kebutuhan O_2 tinggi dan tingkat PO_2 lokal rendah.

Karbondioksida diedarkan oleh plasma darah dan sel darah merah, kebanyakan sebagai ion bikarbonat (HCO_3^-). Hemoglobin merupakan buffer utama darah dan pembawa H^+ . Pusat pernapasan di otak (**medula oblongata**) dapat merespon perubahan PCO_2 (tekanan CO_2) dan pH ke derajat yang lebih rendah untuk mengubah PO_2 dalam kemoreseptor perifer. Kecepatan bernapas selama olahraga dikontrol oleh refleksi mekanoreseptor, bukan melalui perubahan kimia darah.

4. Pengangkutan Gas

Sebagian besar karbon dioksida (CO_2) dalam darah diangkut sebagai HCO_3^- , khususnya sejumlah besar dibentuk dengan cepat dalam sel darah. CO_2 diikat oleh hemoglobin (karbamino hemoglobin/ $HbCO_2$) dan sebagian kecil bergerak sebagai gas terlarut dalam plasma darah. Reaksi terjadi dalam kapiler darah (a). tempat dimana CO_2 diambil, kebalikan dari paru-paru; (b). CO_2 dialirkan ke alveoli. Kunci sistem ini adalah menjaga kadar H^+ darah rendah dan pH mendekati 7,3. Jika H^+ terbentuk dalam plasma dan sel darah merah, pernapasan jadi cepat; pembuangan CO_2 lebih cepat dan terjadi berbagai reaksi, sehingga H^+ lebih banyak bergabung dengan HCO_3^- . Setelah HHb melepaskan H^+ , O_2 berdifusi ke dalam sel darah merah pada kapiler paru-paru berikatan dengan hemoglobin (menjadi HbO_2). Dalam jaringan (HbO_2) melepaskan O_2 , yang berdifusi ke dalam sel jaringan.

Gambar 7-10. Peredaran gas dalam darah. (a) Ketika CO₂ dialirkan dari jaringan; (b) ketika CO₂ dialirkan ke alveoli paru-paru

E. Pernapasan Pada Burung

Pada burung, paru-paru dilengkapi dengan **kantung udara**, yang dapat menyediakan udara segar secara terus-menerus untuk pertukaran gas. Kantung udara mengandung jumlah oksigen yang banyak untuk waktu-lama, dan terbang di ketinggian. Paru-paru burung relatif kecil dan memiliki rongga yang rapat. Sedikitnya sembilan atau lebih kantung udara, menempel pada paru-paru yang mengisi rongga tubuhnya. Kantung udara ini mirip balon, mengkilap dan menyimpan cadangan udara yang akan dimasukkan ke paru-paru.

LATIHAN 2

1. Sebutkan berbagai organ tempat pertukaran udara pada hewan!.
2. Apa yang dimaksud dengan hemoglobin, sebutkan fungsinya?.
3. Sebutkan fungsi kantung udara pada burung!.

Untuk dapat menjawab latihan secara lengkap. Carilah buku-buku dan bahan bacaan lain yang memuat tentang sistem pernapasan pada hewan, dan Anda dapat mengacu pada rambu-rambu pengerjaan latihan berikut :

Berbagai hewan memiliki organ khusus untuk melakukan pertukaran O₂ dan CO₂ , dapat melalui permukaan kulit yang lembab pada katak, cacingpipih kecil; trakea pada serangga; insang pada ikan; dan paru-paru pada berbagai hewan lain dan manusia..

Hemoglobin adalah protein darah atau pigmen pernapasan yang mengandung besi yang dapat mengikat O_2 ketika PO_2 (tekanan O_2) tinggi dalam paru-paru dan melepaskan O_2 ketika PO_2 (tekanan O_2) rendah dalam jaringan.

Kantung udara mengandung jumlah oksigen yang banyak berfungsi untuk menyediakan udara segar secara terus-menerus untuk pertukaran gas, waktu-lama, dan terbang di ketinggian,

RANGKUMAN

Respirasi adalah proses pertukaran gas O_2 dan CO_2 antara organisme dengan lingkungannya.

Udara memiliki berat terhadap permukaan bumi yang diukur dengan tekanan atmosfer. Masing-masing gas yang terdapat di udara seperti O_2 dan N_2 memiliki tekanan parsial. Gas memiliki perbedaan kelarutan dalam cairan, dan hal ini memiliki konsekuensi terhadap pergerakan O_2 dan CO_2 dalam makhluk hidup.

Berbagai hewan memiliki organ khusus untuk melakukan pertukaran O_2 dan CO_2 , dapat melalui permukaan kulit yang lembab, trakea, insang dan paru-paru.

Paru-paru merupakan akhir dari percabangan organ pernapasan, lembut, mirip kantung atau sangat berlekuk-lekuk, yang menerima udara dari lingkungan luar.

Pada manusia dan mamalia lain, udara disaring, dilembabkan, dan dihangatkan melalui saluran hidung, rongga mulut, dan faring. Epiglotis dan korda vokal menutup rapat laring atau lubang masuk ke trakea dan paru-paru, selama proses penelanan.

Pada mamalia, saluran napas meliputi trakea, bronkus primer, bronkus sekunder dan bronkeolus, sebelum masuk ke alveoli yang mirip-mangkuk tempat gas dipertukarkan.

Diafragma dan kekuatan otot-otot rusuk dapat merubah volume rongga dada dan menarik serta melepaskan udara melalui suatu sistem pompa isap dengan kumparan yang elastis.

Hemoglobin adalah protein darah atau pigmen pernapasan yang mengandung besi yang mengikat O_2 ketika PO_2 (tekanan O_2) tinggi dalam paru-paru dan melepaskan O_2 ketika PO_2 (tekanan O_2) rendah dalam jaringan.

pH darah, organofosfat dalam sel darah merah dan temperatur darah mengubah afinitas pengikatan hemoglobin terhadap O_2 .

Mioglobin merupakan pigmen pernapasan yang sebagian besar disimpan dalam jaringan otot; berfungsi memelihara ketersediaan suplai O_2 yang dapat dilepaskan ketika kebutuhan O_2 tinggi dan PO_2 (tekanan O_2) lokal rendah.

CO_2 diedarkan dalam plasma darah dan sel darah merah, sebagian besar sebagai ion bikarbonat (HCO_3^-). Hemoglobin merupakan buffer utama

darah dan pembawa H^+ .

Pusat pernapasan di otak menanggapi perubahan PCO_2 dan pH, terhadap tingkat yang lebih rendah, juga terhadap perubahan PO_2 pada kemoreseptor perifer.

TES FORMATIF 2

- Petunjuk : Pilihlah**
- A. Jika jawaban (1), (2), dan (3) benar
 - B. Jika jawaban (1), dan (3) benar
 - C. Jika jawaban (2), dan (4) benar
 - D. Jika jawaban (4) saja yang benar

Respirasi (pernapasan) merupakan proses yang terdiri dari :

- (1). Pengambilan O_2
- (2). Penggunaan O_2
- (3). Pengeluaran CO_2
- (4). Penggunaan glukosa

Jumlah gas yang dikirim ke jaringan tubuh bergantung pada faktor-faktor berikut ini :

- (1). Tekanan parsial gas dan kecepatan gas berdifusi
- (2). Kelarutan gas dalam cairan
- (3). Suhu lingkungan organ pernapasan
- (4). Jenis organ pernapasan

Organ yang membantu mengubah volume rongga dada dan menarik serta melepaskan udara melalui suatu sistem pompa isap pada sistem pernapasan, adalah :

- (1). Rongga perut
- (2). Diafragma
- (3). Hidung.
- (4). otot-otot antar tulang rusuk

Fungsi hemoglobin selain mengangkut oksigen dan karbon dioksida adalah :

- (1). Buffer utama darah
- (2). Mengangkut HCO_3^-
- (3). Membawa H^+
- (4). Mengurai racun

Pusat pernapasan di otak menanggapi perubahan yang terjadi pada :

- (1). PCO₂ pada tingkat rendah
- (2). pH pada tingkat rendah
- (3). PO₂ pada kemoreseptor perifer
- (4). PCO₂ pada tingkat tinggi.

Beberapa faktor yang dapat mengubah afinitas pengikatan hemoglobin terhadap O₂, adalah :

- (1). pH darah
- (2). organofosfat dalam sel darah merah
- (3). temperatur darah
- (4). Jumlah hemoglobin

Inhalasi dan ekshalasi secara normal, dapat mengambil udara sebanyak :

- (1). 4000cc
- (2). 5000cc
- (3). 1500cc
- (4). 500cc

Organ yang menutup rapat laring atau lubang masuk ke trakea dan paru-paru, selama proses penelanan makanan adalah :

- (1). Hidung.
- (2). Epigrotis
- (3). Faring.
- (4). korda vokal.

Pigmen pernapasan yang banyak terdapat dalam otot adalah :

- (1). Karbamino-hemoglobin
- (2). Oksi-hemoglobin
- (3). Miohemoglobin.
- (4). Mioglobin.

Urutan organ pernapasan manusia yang benar mulai dari bagian atas, adalah :

- (1). Hidung-trakea-bronkus primer
- (2). Hidung-trakea-bronkeolus
- (3). Bronkus sekunder-bronkeolus-alveolus
- (4). Bronkus primer-bronkus sekunder-alveolus

BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Untuk mengetahui kebenaran jawaban Anda, bandingkan dengan kunci jawaban pada bagian akhir modul ini. Hitunglah jumlah jawaban yang benar, selanjutnya hitung tingkat penguasaan Anda terhadap materi di atas dengan menggunakan rumus :

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

90% - 100% = baik sekali

80% - 89% = baik

70% - 79% = cukup

< 69% = kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% ke atas, Anda dapat meneruskan untuk mempelajari Kegiatan belajar 3. Bagus! Akan tetapi, bila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi mempelajari materi di atas terutama bagian yang belum Anda kuasai.

SISTEM SIRKULASI

PENGANTAR

Berbagai hewan hidup pada macam-macam habitat dengan cahaya, suhu, kelembaban, nutrien, pH, dan faktor fisik lain yang bervariasi. Dengan keadaan eksternal yang demikian, pusat fisiologis hewan mengatur keseimbangan (homeostasis), suatu status dinamis tubuh internal. Sistem sirkulasi dan transport mensuplai bahan-bahan yang dibutuhkan setiap sel, dan sistem imun berfungsi menjaga tubuh dari serangan penyakit.

Darah membawa berbagai materi dari daerah tubuh tertentu dan mengawasi aktivitas dan kesehatan tubuh. Berbagai sistem sirkulasi dimiliki hewan, untuk memenuhi segala kebutuhan yang diperlukan sel-sel tubuh.

Transpor Material Pada Hewan

Transpor bahan-bahan penting dalam organisme unisel, seperti monera dan protista, sangat bergantung pada difusi bahan tersebut dari daerah berkonsentrasi tinggi ke daerah berkonsentrasi rendah. Difusi juga mencakup distribusi dalam sitoplasma sebagian besar sel. Tetapi difusi merupakan proses yang relatif lambat : tanpa pengadukan, oksigen hanya berdifusi ke dalam 1cm air dalam waktu 3 jam, karena kecepatan difusi bervariasi dalam luas tertentu, luas dua kali lipat membutuhkan waktu empat kali lebih lama, atau 12 jam. Difusi dapat terjadi sebagai mekanisme transpor pada makhluk hidup hanya ketika bahan-bahan yang dibawa sangat singkat, baik pada hewan kecil maupun besar.

Hewan multiseluler yang hanya menggunakan cara difusi untuk transpor bahan-bahan, seperti pada hewan berpori (porifera) harus memiliki saluran yang membawa air laut melewati tubuh. Sel internal tidak langsung dibasahi air, jadi bahan-bahan berdifusi melalui dua – tiga lapis sel yang lebih

tebal; atau seperti cacing pipih *Planaria* , sangat tipis dan rata. Setiap sel cukup dekat dengan permukaan tubuh dan rongga usus yang berisi cairan untuk menerima dan menukarkan bahan-bahan melalui difusi.

Tipe Sistem Sirkulasi

Semua hewan multiseluler yang tidak berpori, tidak tipis dan tidak rata dan berdinding tidak tipis, memiliki sistem sirkulasi yang menggerakkan masa cairan melalui aliran sirkulasi yang disebut *bulk flow* (aliran masa cairan). Sistem sirkulasi (peredaran) dibedakan menjadi : 1). sistem peredaran tertutup dan 2). sistem peredaran terbuka.

1). **Pada sistem peredaran terbuka**, contohnya serangga, moluska dan invertebrata lain. Cairan mengalir seperti hemolimf mengalir dalam arteriol melewati tubuh dalam pembuluh utama dan pembuluh-pembuluh, mengalir melewati celah pada dinding pembuluh ke daerah terbuka yang luas yang disebut sinus, dan merembes pada bagian posterior, membasahi jaringan dan organ secara langsung kemana cairan itu mengalir.

Gambar 7-11. Sistem peredaran terbuka dan tertutup.

2). **Pada sistem peredaran tertutup**, seperti pada cacing tanah, gurita dan semua vertebrata, darah bergerak melewati pembuluh yang saling berhubungan : arteri, kapiler, dan vena. Arteri relatif lebih besar yang membawa darah dari jantung. Arteri terkecil bersambungan dengan kapiler, pembuluh berdinding-tipis yang menjalin berbagai jaringan tubuh. Nutrien, oksigen dan ion, dibawa dalam darah berdifusi ke dinding kapiler memasuki cairan ekstraseluler yang membasahi bagian luar jaringan, selanjutnya dari situ masuk ke dalam sel. Limbah metabolisme (CO_2 , asam laktat, ion, dsb) meninggalkan sel dan masuk ke cairan ekstraseluler, selanjutnya berdifusi ke kapiler. Kapiler berhubungan dengan vena terkecil, kemudian ke vena besar yang membawa darah ke jantung. Vena mengembalikan makanan dalam darah melewati satu atau lebih pompa yang mengembalikannya ke arteri.

Sistem Sirkulasi Vertebrata

Jantung vertebrata merupakan pompa utama dengan dinding berotot tebal yang berkontraksi dengan kekuatan penuh, mengeluarkan darah menuju arteri.

Beberapa jenis ikan memiliki pembuluh kontraktile pendek, tetapi dipisahkan menjadi empat ruang yang berurutan : sinus venosus, atrium, ventrikel, dan konus arteriosus.

Pada amfibi dewasa, yang mempertukarkan gas melalui kulit dan paru-paru, jantung katak memiliki tiga ruang : dua atrium dan satu ventrikel. Darah dari atrium kiri bercampur dengan darah dari atrium kanan ketika masuk ke ventrikel. Darah yang kaya-oksigen dialirkan ke otak, tetapi kadar oksigen jadi menurun akibat bercampur di ventrikel.

Pada reptil (kecuali buaya), pertukaran gas hanya bergantung kepada paru-paru, pemisahan jantung untuk kepentingan berikut : darah tanpa-oksigen di jantung bagian kanan relatif tidak bercampur dengan darah beroksigen dalam darah bagian kiri jantung.

Jantung pada mamalia dan aves (burung) menunjukkan pompa dobel, dibagi dua secara longitudinal. Darah dari bagian kanan jantung masuk ke paru-paru, dan kembali ke bagian kiri jantung (lintasan pertama), dan dari

bagian kiri jantung mengalir ke seluruh tubuh, dan kembali ke jantung bagian kanan (lintasan kedua).

Gambar 7-12. Evolusi jantung dan sistem peredaran pada Vertebrata

Sistem Sirkulasi dan Transpor Pada Manusia

Manusia dewasa tersusun dari sekitar 75 trilyun sel, masing-masing sel memiliki kebutuhan dasar yang sama seperti pengambilan energi dari lingkungan; menerima suplai nutrien, oksigen, dan bahan lainnya; membuang molekul organik tertentu, karbondioksida, dan limbah; serta memelihara homeostasis (keseimbangan), dan stabilitas status internal dari perubahan lingkungan.

Sel hati manusia terletak di kedalaman beberapa sentimeter dari permukaan tubuh, sel hati bergantung pada sistem transpor yang mampu membawa bahan yang dibutuhkan dan membuang limbah. Jadi setiap sel pada manusia berdekatan dengan jaringan-kerja pengangkutan yang disebut sistem sirkulasi atau peredaran.

1. Organ Sirkulasi

Sistem sirkulasi ini terdiri dari : 1). Sebuah Pompa berotot yang disebut jantung; 2). Sebuah rangkaian pembuluh, yaitu arteri dan vena, yang bercabang-cabang sepanjang tubuh; 3). Pembuluh yang sangat kecil dan disebut kapiler berada sekitar jaringan tubuh; dan 4). Darah atau cairan transport.

Pada orang dewasa , **jantung** berfungsi memompa darah, dan sekitar 5 liter darah beredar dalam tubuh perhari, sebanyak 1.440 kali. Jantung disusun oleh otot lurik (otot jantung), dan pada manusia memiliki empat ruang (2 atrium/serambi, 2 ventrikel/bilik).

Arteri merupakan pembuluh darah yang membawa darah dari jantung, arteri terbesar disebut aorta, yang akan mengalami percabangan membentuk arteri dan arteriol.

Vena merupakan pembuluh darah yang membawa darah menuju jantung, vena terbesar adalah vena cava inferior dan vena cava superior, vena ini bercabang-cabang membentuk vena yang lebih kecil dan berakhir pada venula.

Darah berisi cairan atau plasma darah dan sel darah (sel darah merah/eritrosit, sel darah putih/leukosit dan sel darah pembeku/trombosit). Plasma darah mengandung cairan tubuh, hormon, nutrien, sisa metabolisme, ion-ion, dan antibodi.

Sel darah memiliki fungsi antara lain : hemoglobin sel darah merah mengikat CO_2 dan melepaskannya melalui paru-paru, juga mengikat O_2 dan mengedarkannya ke seluruh sel jaringan tubuh; sel darah putih membantu sistem kekebalan tubuh dengan menghancurkan kuman atau protein asing yang masuk ke dalam tubuh; dan melalui peran sel darah pembeku (keping darah/trombosit) membantu penyembuhan luka. Sedangkan plasma darah berfungsi : mengedarkan cairan tubuh, hormon, nutrien, ion-ion, dan antibodi ke sel atau jaringan tubuh; mengangkut sisa metabolisme untuk dibuang melalui ginjal sebagai urin, atau melalui kulit berupa keringat; juga mengatur homeostasis atau keseimbangan tubuh.

2. Sirkulasi Darah

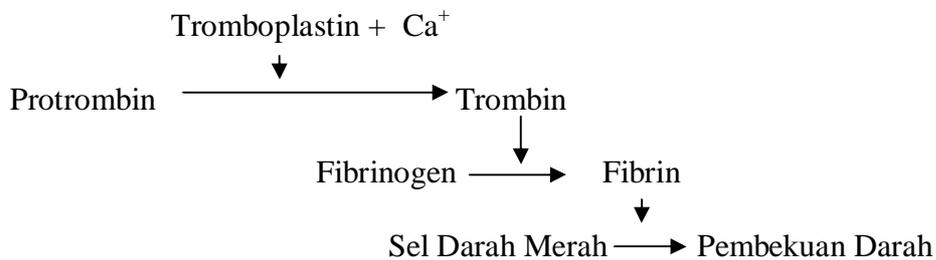
Darah dialirkan dari jantung melalui arteri yang berisi nutrien dan oksigen menuju kapiler dekat jaringan tubuh. Selanjutnya darah yang berwarna kebiru-biruan dengan tekanan oksigen yang rendah bergerak masuk ke vena yang tipis, kemudian ke vena yang lebih besar, dan mencapai dua vena terbesar dalam tubuh yaitu *vena cava posterior*, yang membawa darah dari kaki dan sebagian besar tubuh, dan *vena cava anterior* yang membawa darah dari kepala, leher, dan lengan. Pada manusia vena terbesar ini dinamakan *vena cava inferior dan vena cava superior*. Dua vena cava ini berakhir pada atrium kanan jantung. Dinding otot **atrium kanan** berkontraksi, dan darah ditekan memasuki **ventrikel kanan** jantung. Kontraksi dinding ventrikel kanan selanjutnya mengalirkan darah tanpa oksigen melalui arteri pulmonari **menuju paru-paru**. Dalam paru-paru, percabangan arteri meruncing menuju arteriole, akhirnya darah memasuki kapiler dan melepaskan CO₂ serta mengambil O₂.

Selanjutnya darah yang mengandung oksigen melalui vena pulmonari dibawa ke **atrium kiri** jantung, kontraksi atrium kiri mengalirkan darah ke **ventrikel kiri** melalui katup, selanjutnya darah dipompa keluar melalui *aorta*. Arteri terbesar dalam tubuh ini memberi makan sejumlah arteri utama, termasuk arteri coronari yang menghidupi jantung itu sendiri. Arteri utama lainnya percabangan dari aorta mensuplai darah ke kepala, pundak, dan lengan, serta lambung, hati, pankreas, ginjal, daerah panggul, dan kaki. Setiap arteri utama bercabang menjadi lebih kecil dan berakhirnya pada arteriol dan mencapai kapiler. Dalam pembuluh darah paling kecil ini darah dibawa ke dekat setiap sel dari jaringan tubuh. Setelah melewati kapiler darah kembali menuju venula, kemudian ke vena yang lebih besar dan akhirnya ke vena cava yang masuk ke jantung.

3. Proses Pembekuan Darah

Bila terjadi luka pada tubuh, maka pembuluh darah dapat terpotong atau robek, dalam hal ini penting segera menghentikan keluarnya darah dari sistem sirkulasi untuk mencegah kekacauan dan kematian.

Kerusakan jaringan endotelium (dinding dalam pembuluh darah) menyebabkan sel darah pembeku (trombosit) melekat pada bagian jaringan yang rusak dan akan mengeluarkan tromboplastin. Selanjutnya, protein darah (protrombin) akan diubah menjadi trombin dengan bantuan tromboplastin dan ion Ca^+ , kemudian trombin akan mengubah fibrinogen (monomer protein yang larut dalam darah) menjadi serabut fibrin (polimer/protein darah), sehingga terjadi pembekuan untuk menutup luka.



Gambar 7-13. Mekanisme Pembekuan Darah.

4. Penggolongan Darah

Jika sel darah merah dari seseorang dicampurkan dengan plasma darah dari orang lain, sel tersebut dapat tetap terpisah, tetapi dalam beberapa kasus dapat membeku, atau menggumpal. Kasus ini perlu dipertimbangkan untuk kepentingan transfusi darah dari orang sehat ke orang sakit atau yang membutuhkan darah tambahan, karena jika terjadi pembekuan atau penggumpalan darah akibat transfusi tersebut maka dapat menyebabkan kematian. Darah dari pemberi (*donor*) harus sesuai dengan darah penerima (*recipient*).

Pengujian yang lebih luas memperlihatkan adanya dua tipe antigen (aglutinogen) yang disebut A dan B terdapat pada sel darah merah pasien yang berbeda, dan plasma darahnya mengandung dua macam antibodi (aglutinin) yang diketahui sebagai a (anti-A) dan b (anti-B). Maka dengan alasan ini, darah digolongkan menjadi :1). Golongan O, memiliki antibodi a

dan b, tetapi tidak memiliki antigen; 2) Golongan A, memiliki antibodi b, dan memiliki antigen A; 3). Golongan B, memiliki antibodi a dan memiliki antigen B; dan 4). Golongan AB, tidak memiliki antibodi, tetapi memiliki antigen A dan B.

Seseorang pemilik **golongan darah O**, memiliki antibodi a dan b, tetapi tidak memiliki antigen sehingga dapat menyumbangkan darahnya kepada semua golongan darah, sehingga disebut **Donor Universal**. Sedangkan seseorang pemilik **golongan darah AB**, tidak memiliki antibodi, tetapi memiliki antigen A dan B, sehingga dapat menerima darah dari semua golongan, sehingga disebut **Recipient Universal**.

Antigen lain yang dimiliki sel darah merah manusia adalah **M dan N**. Berdasarkan kepemilikan antigen ini maka dapat dikelompokkan tiga tipe darah, yaitu : 1) Seseorang yang hanya memiliki antigen M; 2). Seseorang yang hanya memiliki antigen N; dan 3). Seseorang yang memiliki kedua antigen M dan N. Penggumpalan sel darah tidak terjadi ketika darah tipe tersebut dicampurkan dalam transfusi. Frekuensi tipe darah bervariasi pada populasi yang berbeda, tipe M banyak dimiliki oleh populasi Indian Amerika, dan sedikit pada populasi Aborigin Australia sedangkan untuk tipe N berlaku sebaliknya. Tipe darah M-N menyediakan bukti tambahan terhadap golongan darah, A, B, AB dan O, untuk menentukan kasus keraguan akan orang tua asal. Misalnya pria dengan darah tipe M, tidak dapat menjadi ayah dari anak dengan darah tipe N. Tipe darah M-N tidak menimbulkan aglutinasi dalam transfusi.

Tabel.7-2. Penggolongan darah manusia

Golongan Darah		O	A	B	AB
		Antigen dalam sel darah			
		Tdk ada	A	B	AB
O	Antibodi dalam serum darah	a,b	-	+	+
A		b	-	-	+
B		a	-	+	-
AB		Tdk ada	-	-	-

Faktor Rhesus, merupakan antigen lain yang dimiliki manusia. Sekitar 85% orang kulit putih memiliki antigen tersebut pada sel darah merahnya sehingga digolongkan Rhesus positif (Rh +); sedangkan seseorang yang tidak memiliki antigen tersebut digolongkan Rhesus negatif (Rh -). Faktor rhesus ini dapat membedakan hereditas. Jika darah Rh + ditransfusikan secara berulang kepada seseorang dengan Rh -, maka antigen (Rh +) akan menstimulasi pembentukan aglutinin anti-Rh. Kasus ini dinamakan isoimunisasi, karena antigen (Rh) dan antibodi (anti-Rh) terdapat pada spesies yang sama.

Seseorang dengan Rh- yang menerima darah dengan Rh+ pertamakali tidak akan terjadi reaksi; jika orang tersebut memperoleh transfusi darah Rh+ kedua maka terjadi reaksi yang lebih luas dan biasanya mematikan, karena aglutinin anti-Rh akan menyebabkan hemolisis (kehancuran darah) Rh+ yang ditransfusikan tersebut.

Seorang ibu dengan Rh- dan mengandung anak dengan Rh+ (dapatkan dari ayah pemilik Rh+) akan diimunisasi oleh sel darah merah janin yang memiliki Rh+ melalui sirkulasi darah ibu-bayi. Pada kehamilan pertama dalam darah ibu tersebut akan terbentuk anti-Rh. Pada kehamilan kedua atau selanjutnya, anti-Rh dari darah ibu akan melintasi plasenta dan masuk ke dalam sirkulasi darah janin, dan terjadi hemolisis sel darah merah janin, selanjutnya menyebabkan kematian janin. Penyakit ini disebut **Eritoblastosis fetalis**. Di Amerika, 1 dari 50 wanita hamil mengalami kasus ini. Pada ibu tersebut, sekali terimmunisasi karena suami memiliki Rh+, maka tidak mengalami kegagalan kehamilan selanjutnya.

5. Sistem Limfatik Dan Aliran Jaringan

Sistem pembuluh kedua pada manusia disebut sistem limfatik, yang berada paralel terhadap pembuluh vena pada sistem sirkulasi vertebrata, mengeringkan kelebihan cairan ekstrasel yang membasahi sel-sel tubuh, dan menempatkan bagian penting dari sistem imun. Pembuluh limf pada dinding usus halus juga menyerap lemak dari sari makanan.

Cairan jaringan memasuki sistem limfatik melalui pori-pori halus, dinding tipis, berujung pada pembuluh limfatik, hal ini seperti terjadi pada pembuluh darah. Beberapa protein yang merembes dari plasma darah memasuki jaringan akan masuk ke pembuluh limfatik. Pembuluh ini akan bergabung menjadi pembuluh yang lebih besar, dan pembuluh limfatik terbesar, dan cairan yang disebut **limf** mengalir dari jaringan melalui pembuluh limfatik menuju jantung. Pada beberapa bagian tubuh, pembuluh limfatik akan melalui **nodus limfatik** (jaringan ikat yang padat dan saling bertautan) yang menyaring partikel dari cairan limf dan menghasilkan sejumlah sel dalam sistem imun. Contoh nodus limfatik adalah tonsil (amandel). Pembuluh limfatik secara kontinyu bergabung dengan pembuluh yang lebih besar dan bergabung dengan saluran torasik (dada) serta larutan limfatik kanan yang mengandung sedikit cairan limf, kemudian memasuki vena leher utama. Pada manusia, sekitar 11 ml cairan limf masuk ke dalam darah setiap jam, tetapi selama keadaan sakit tertentu aliran cairan limf dapat meningkat secara drastis yaitu sekitar 900 ml per kg berat badan perjam.

Cairan limf digerakan oleh sejumlah mekanisme. Pada mamalia, otot tubuh menekan dinding pembuluh limfatik, memeras cairan limf, sedangkan katup seperti pada vena akan mencegah aliran balik. Pembuluh limfatik yang lebih besar memiliki otot polos sepanjang dindingnya yang berkontraksi seperti gelombang dan menggerakkan larutan limf.

LATIHAN 3

1. Jelaskan perbedaan sistem peredaran tertutup dan terbuka!
2. Sebutkan 3 macam sel darah dan fungsi masing-masing sel tersebut!.
3. Jelaskan proses pembekuan darah!.

Untuk dapat menjawab latihan secara lengkap. Carilah buku-buku dan bahan bacaan lain yang memuat tentang sistem sirkulasi dan transpor atau peredaran darah pada hewan, dan Anda dapat mengacu pada rambu-rambu pengerjaan latihan berikut :

sistemik (tubuh).

Darah yang tidak mengandung oksigen diedarkan dari kapiler menuju vena, vena → atrium kanan jantung, ventrikel kanan, selanjutnya ke arteri pulmonalis dan paru-paru. Darah yang mengandung oksigen dialirkan melalui vena pulmonalis menuju arteri kiri jantung, ventrikel kiri, → aorta, arteri utama, arteri yang lebih kecil, dan berakhir pada kapiler jaringan tubuh.

Substansi dapat melintasi dinding kapiler melalui pinositosis, difusi, atau melalui lubang pori.

Tekanan darah, kekuatan darah yang menekan dinding pembuluh, tekanan tinggi selama jantung kontraksi (*sistole*), dan tekanan lebih rendah selama jantung relaksasi (*diastole*).

Kehilangan cairan dari kapiler diimbangi dengan penyerapan cairan jaringan oleh pembuluh limfatik. Sistem limfatik mengedarkan cairan tersebut kembali ke sistem sirkulasi darah.

Jantung vertebrata memiliki detak jantung yang dihasilkan oleh nodus intrinsik dan sistem konduksi listrik khusus. Detak jantung dapat menurun dan meningkat diatur oleh saraf, hormon, atau jantung sendiri.

Pusat vasomotor pada batang otak membantu mengendalikan kecepatan detak jantung, dan aliran darah pada pembuluh perifer. Impuls saraf menyebabkan vasokonstriksi dan vasodilatasi, diatur secara lokal.

Darah mengandung plasma, sel darah merah, sel darah putih, dan keping darah (trombosit). Plasma membawa ion, memelihara keseimbangan konsentrasi, molekul organik, protein, antibodi, hormon, vitamin, dan limbah. Sel darah merah membawa hemoglobin, oksigen dan karbondioksida. Sel darah putih untuk respon imun tubuh. Keping darah (trombosit) membantu tahap pembekuan darah.

TES FORMATIF 3

- Petunjuk :** **Pilihlah**
- A. Jika jawaban (1), (2), dan (3) benar
 - B. Jika jawaban (1), dan (3) benar
 - C. Jika jawaban (2), dan (4) benar
 - D. Jika jawaban (4) saja yang benar

Sistem sirkulasi (peredaran) terbuka terdapat pada :

- (1). Serangga
- (2). Moluska
- (3). Beberapa invertebrata
- (4). Cacing tanah

Sistem sirkulasi (peredaran) tertutup terdapat pada :

- (1). Semua vertebrata
- (2). Serangga.
- (3). Invertebrata tertentu (cacing)
- (4). moluska

Jantung katak dapat dibedakan menjadi ruang-ruang, berikut ini :

- (1). 2 atrium
- (2). 2 ventrikel
- (3). 1 ventrikel
- (4). 1 atrium

Darah yang mengandung nutrisi dan oksigen akan dialirkan menuju :

- 1). Vena cava superior
- (2). Aorta, arteri
- (3). Vena cava inferior
- (4). Kapiler, sel

Proses pembekuan darah melibatkan perubahan beberapa molekul, yaitu :

- (1). Tromboplastin menjadi Ca
- (2). Protrombin menjadi trombin
- (3). Trombosit menjadi trombin
- (4). Fibrinogen menjadi fibrin

Penggolongan darah manusia (A, B, AB ,O), berdasarkan pada :

- (1). Antigen pada sel darah
- (2). Faktor rhesus
- (3). Antibodi dalam serum darah
- (4). Antigen Mdan N.

Kasus kematian bayi karena perbedaan faktor rhesus (erytoblastosis fetalis) disebabkan :

- (1). Ayah Rh⁻
- (2). Ayah Rh⁺
- (3). Ibu Rh⁺
- (4). Ibu Rh⁻

Plasma darah atau cairan darah memiliki beberapa fungsi, yaitu :

- (1). membawa ion, protein, antibodi, hormon, vitamin, dan limbah.

- (2). Pembekuan darah
- (3). memelihara keseimbangan konsentrasi
- (4). Kekebalan tubuh

Darah dapat mengalir ke seluruh tubuh, sebagai akibat :

- (1). Kontraksi jantung
- (2). Kontraksi ginjal
- (3). Kontraksi pembuluh darah
- (4). Perbedaan konsentrasi

Detak jantung dapat menurun dan meningkat karena diatur oleh :

- (1). hormon
- (2). saraf
- (3). Jantung itu sendiri
- (4). Pembuluh darah

BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Untuk mengetahui kebenaran jawaban Anda, bandingkan dengan kunci jawaban pada bagian akhir modul ini. Hitunglah jumlah jawaban yang benar, selanjutnya hitung tingkat penguasaan Anda terhadap materi di atas dengan menggunakan rumus :

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

- 90% - 100% = baik sekali
- 80% - 89% = baik
- 70% - 79% = cukup
- < 69% = kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% ke atas, Anda dapat meneruskan untuk mempelajari Kegiatan Belajar 4. Bagus! Akan tetapi, bila

tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi mempelajari materi di atas terutama bagian yang belum Anda kuasai

SISTEM HOMEOSTASIS

PENGANTAR

Tubuh hewan, sekitar 50% nya terdiri dari air. Kanguru, tikus dan hiu dapat hidup lama dengan sedikit air atau tanpa air. Bagaimana ini bisa terjadi?

Semua hewan tingkat tinggi mengandung garam dalam cairan tubuhnya. Pada beberapa vertebrata kadar garamnya antara nilai konsentrasi garam dan air. Nilai tersebut berubah-ubah bergantung pada spesies, makanan dan aktivitas atau lingkungan. Bagaimana nilai tersebut agar tetap konstan?

Pada mamalia besar yang hidup di kutub, hutan temperata, yang sering mengalami perubahan suhu yang sangat dramatik dari hari, musim dan tahun. Bagaimana mereka mengatur suhu tubuhnya dalam kondisi tersebut?

Homeostasis merupakan jawaban yang tepat, suatu mekanisme yang dimiliki hewan untuk mengelola lingkungan dalam tubuhnya akibat perubahan lingkungan luar. Terdapat tiga sistem yang saling berhubungan dalam sistem homeostatik yang menyebabkan hewan dapat bertahan hidup dalam berbagai salinitas. Kadar air dan suhu lingkungan. **Sistem osmoregulasi**, yang mengatur kadar air dan garam cairan tubuh; **sistem ekskresi** yang mengatur limbah metabolik (biasanya urin); sistem **thermoregulasi** yang mengatur suhu tubuh pada burung, mamalia, akibat perubahan suhu lingkungan.

Pengaturan Cairan Tubuh Organisme Air Tawar

Organisme air tawar memiliki cairan tubuh yang mengandung molekul organik dan garam terlarut yang lebih tinggi dari air di sekitarnya. Jadi air di sekitarnya bersifat hipotonik terhadap cairan tubuh dan cenderung bergerak secara konstan menuju tubuh hewan tersebut, melintasi semua permukaan permeabel, menyebabkan hidrasi yang berlebihan atau penggelembungan. Pada saat yang bersamaan, hewan tersebut memiliki garam terlarut yang

cenderung bergerak keluar tubuhnya, sedangkan sedikit molekul organik tetap tertahan dalam membran sel.

Ikan dalam air tawar, mampu mencegah pengelembungan tersebut dengan empat cara adaptasi : 1) Hampir tidak pernah minum air; 2) tubuhnya dilapisi lendir untuk mencegah masuknya air; 3) mengeluarkan volume urin yang besar; 4) sel khusus penyerap-garam pada permukaan insang, secara aktif mengambil garam dari air disekitarnya, dengan bantuan pompa enzim ATPase dalam membran plasma sel tersebut.

Pengaturan Cairan Tubuh Organisme Air

Organisme yang hidup di air laut (asin), memiliki cara yang berbeda untuk menyesuaikan diri dalam kadar garam yang tinggi di lingkungannya. Beberapa invertebrata, seperti lobster, ubur-ubur, mentimun laut dan cacing anelida memiliki cairan tubuh dengan tekanan osmotik yang mendekati air laut. Hewan tersebut bersifat isoosmotik (secara osmotik sama) relatif sama dengan garam laut; hanya sedikit air yang keluar dan masuk ke jaringan hewan tersebut.

Gambar 7-14. Pertukaran air dan larutan pada ikan air tawar dan air laut.

Pada ikan laut, cairan tubuhnya relatif lebih rendah dari air laut atau hipertonik, jadi air cenderung meninggalkan jaringan tubuhnya

(menyebabkan dehidrasi). Dalam hal ini terdapat tiga cara adaptasi yang dilakukan ikan air lau, yaitu : 1) banyak minum air untuk mengganti air yang keluar lewat insang dan permukaan tubuhnya; 2) mengeluarkan volume garam tertentu (Mg^{2+} , SO_4^{2-}) sedikit dalam bentuk urin kental; 3) mengeluarkan Na^+ dan Cl^- melalui sel khusus yang dibantu aktifitas ATPase.

Pengaturan Cairan Tubuh Organisme Darat

Serupa dengan hewan laut, hewan darat cenderung mengalami dehidrasi, tidak melalui osmosis, tetapi melalui evaporasi cairan tubuh ke udara lingkungannya. Vertebrata darat melakukan berbagai adaptasi untuk mencegah hilangnya kelembaban, mengambil air, membuang atau mengubah garam, bergantung kepada kadar garam dalam makanan dan air yang dikonsumsi.

Amfibi mengambil air melalui kulit dan melintasi dinding kantung kemih penyimpan-urin, organ penyimpan seperti balon. Hormon dari otak menyebabkan air memasuki tubuh melalui kulitnya, ketika permukaannya lembab atau terbenam dalam air. Pada katak dan salamander kantung kemih merupakan organ penting penyimpan air dan garam, jika berada dalam lingkungan yang kering.

Pada vertebrata darat, paru-paru merupakan organ utama yang potensial kehilangan air. Pada beberapa mamalia, jaringan saluran hidung membantu mencegah hilangnya cairan tersebut, melalui penurunan suhu udara yang masuk, hal ini yang merupakan alasan mengapa hidung anjing dingin.

Pada sebagian besar vertebrata darat, ginjal merupakan organ utama untuk mengendalikan keseimbangan osmotik cairan tubuh dan mengendalikan hilangnya garam dan air dalam urin.

Gambar 7-15. Penguraian asam amino menjadi limbah bernitrogen.

Sistem Ekskresi Invertebrata

Struktur ekskresi sederhana pada protista adalah vakuola kontraktil, yang mengambil air dan membuang limbah bernitrogen.

Invertebrata multiseluler kecil, seperti cacing pipih, memiliki struktur ekskresi yang lebih rumit yaitu melalui tabung dengan sel flame (sel bersilia), dan pada cacing tanah organ ekskresi disebut nefridia (tabung yang disusun oleh nefrosom / mirip-corong, yang terbuka ke arah rongga tubuh), lilitan tabung bermuara pada kantung kemih.

Pada belalang dan sebagian besar invertebrata, organ ekskresi berupa tabung malpighi, yang bagian luarnya dibasahi oleh hemolimf; sel dinding tabung menyerap asam urat, K^+ , dan senyawa lain dari hemolimf dan masuk ke dalam tabung dengan cara transpor aktif.

Gambar 7-16. Organ ekskresi pada Invertebrata.(a) cacing pipih, (b) cacing tanah, (c) Belalang.

Sistem Ekskresi Manusia

Organ utama dari sistem ekskresi; pengatur keseimbangan air dan garam; pengaturan pH dalam cairan darah; penyaring air dan organ ekskresi-limbah adalah **ginjal**. Unit fungsional ginjal adalah nefron (*nephron*), tubula atau

saluran yang mensekresi dan reabsorpsi ion, molekul, dan menyerap air. Ginjal manusia berbentuk kacang merah, terdapat sepasang, berukuran panjang 10 cm dan lebarnya 7 cm.

Setiap 24 jam, seluruh darah dalam tubuh manusia melewati ginjal dan nefron-nefronnya sekitar 500-600 kali. Selama melewati ginjal kandungan garam dan air seimbang, limbah sisa metabolisme dikeluarkan. Sekitar 700-800 liter darah bergerak melalui ginjal manusia, sekitar 200 liter cairan meninggalkan darah dan masuk ke nefron, tetapi hanya 1,5 liter yang dibuang sebagai urin.

Organ Ekskresi Manusia

Ginjal terdiri dari bagian luar disebut **korteks** tempat terdapatnya nefron. Bagian dalamnya disebut **medula**, tempat terdapatnya loop Henle. Saluran yang melewati medula terbuka ke arah rongga utama ginjal, yang disebut **pelvis**, dimana terdapat urin sesungguhnya.

Setiap **nefron** terdiri dari sebuah unit lekukan yang panjang (jika direntangkan sekitar 30-38 mm) tersusun dari beberapa bagian yaitu : kumpulan kapiler darah atau sebuah masa berbentuk bola disebut **glomerulus** yang dikelilingi oleh mangkuk berdinding-ganda, disebut **capsula Bowman's**; tabung silinder disebut **tubulus proksimal**; bagian yang berbentuk jepit rambut disebut **loop Henle**; dan akhir dari bagian ini disebut **tubulus distal** yang bergabung membentuk **tubulus kolekta** (pengumpul).

2. Fungsi Ginjal

Ginjal bekerja berdasarkan dua strategi : 1). menghasilkan filtrat primer yang mengandung seluruh molekul kecil dalam plasma darah, dan ion-ion; dan 2). menyerap kembali (reabsorpsi) sebagian besar air dan semua substansi yang dibutuhkan oleh tubuh. Sedangkan urea, substansi toksik, molekul dan ion lain dibuang bersama urin.

Setiap nefron melaksanakan empat mekanisme fisiologis, antara lain :

1). Filtrasi / penyaringan

Darah masuk ke setiap ginjal melalui pembuluh darah utama (arteri renalis), memasuki glomerulus setiap nefron dengan tekanan tinggi (70 mmHg). Tekanan tersebut mendorong campuran air, garam, urea, protein kecil dan molekul lain masuk ke lubang pada dinding kapiler glomerulus dan kapsula bowman. Penyaringan ini bersifat pasif bergantung pada tekanan darah. pergerakan dari darah ke rongga nefron semua substansi harus melalui membran basement yang berfungsi menyaring dan mencegah masuknya molekul besar dalam darah memasuki rongga kapsula bowman. Larutan yang lewat disebut filtrat glomeruler.

Gambar 7-17. Ginjal dan nefron

2). Reabsorpsi (penyerapan kembali)

Proses pasif dan aktif (memerlukan-ATP) dilibatkan dalam pengambilan senyawa yang berguna dari filtrat glomeruler. Sekitar 75% ion kalium dan kalsium dan asam amino serta 100% glukosa dan vitamin secara aktif dipindahkan dari filtrat yang disekresikan oleh sel tubula menuju cairan ekstraseluler sekitar nefron, memasuki kapiler didekatnya. Ion bermuatan

negatif seperti (Cl^-) dan (HCO_3^-), mengikuti ion bermuatan positif Na^+ dan K^+ secara pasif memasuki cairan ekstraseluler. sebagian besar reabsorpsi tersebut terjadi pada tubulus proksimal. Reabsorpsi garam secara aktif dan penyerapan air secara pasif (osmosis) mampu mengambil 75% air dari filtrat sebelum filtrat melalui lekuk henle. Aktivitas filtrasi dan reabsorpsi nephron memelihara keseimbangan air, garam dan ion-ion, serta mengeluarkan limbah. Fungsi homeostasis nephron dan ginjal bersifat penting dan kontinyu menyeimbangkan garam dan air, meskipun dalam makanan dan lingkungan terjadi fluktuasi.

3). Sekresi

Proses pengulangan reabsorpsi juga mengambil bahan-bahan khususnya ion hidrogen, yang berdifusi dari kapiler darah ke sel tubula yang secara aktif mensekresikannya ke dalam filtrat. sekresi ion H^+ terjadi dalam tubulus proksimal dan distal dan membersihkan tubuh dari asam yang berakumulasi selama metabolisme dan makan. Akibatnya ion K^+ juga disekresikan dari tubulus distal dan tubulus pengumpul yang mengandung toksin, dan obat tertentu.

4). Konsentrasi

Kemampuan mamalia untuk mengekskresikan limbah dan garam dengan kehilangan air sesedikit mungkin, bergantung pada mekanisme **konsentrasi**. Air meninggalkan filtrat dalam saluran descending ini melalui difusi, dan konsentrasi filtrat jadi meningkat sekitar 3-4 kali lipat. Filtrat mengalir melalui saluran descending menuju loop Henle selanjutnya naik ke saluran ascending. Pada bagian ascending loop Henle, (Cl^-) ditransport secara aktif keluar tubula, hal ini merupakan kunci untuk NaCl berakumulasi dalam cairan lekuk henle. sedangkan (K^+) mengalir secara pasif. disini, kebalikan dari tubulus proksimal, air tidak dapat mengalir secara pasif karena sel-sel ascending impermeabel terhadap air. Aliran pasif urea dari tubula pengumpul membentuk konsentrasi urea yang tinggi dalam cairan sekitar lekuk henle. sejalan dengan ini, NaCl meningkatkan kadar urea-asin

ekstraseluler. ketika filtrat melalui lekuk henle, banyak air dapat diambil dan diangkut melalui darah. Air juga dapat berdifusi keluar dari tubula pengumpul, dan mengurangi volume urin hipertonik yang dihasilkan selanjutnya. Jumlah urin yang mengalir secara berkala sepanjang tubula menyediakan tekanan konsentrasi relatif dari filtrat.

3. Peran Hormon Dalam Pengaturan Fungsi Ginjal

Penurunan tekanan darah atau garam rendah dalam darah mengakibatkan sekresi **renin** oleh sel yang berada disamping arteriole dekat glomeruli. (syaraf yang menuju sel tersebut juga mengendalikan sekresi tersebut). Renin memulai serangkaian reaksi dalam darah dengan menghasilkan **angiotensin II**; persenyawaan tersebut dapat menyebabkan vasokonstriksi arteriol yang menuju glomerulus, dengan demikian terjadi penurunan filtrasi glomeruler; angiotensin II juga menyebabkan pelepasan **aldosteron**, yang membantu reabsorpsi Na^+ (dan secara tidak langsung menyebabkan reabsorpsi air). Darah hipertonik mengalir ke hipotalamus (di otak) memicu sekresi **antidiuretik hormon/ADH**, akibatnya air direabsorpsi pada tubulus pengumpul, dan tonisitas darah menurun. Sel atrial jantung mensekresikan **atriatriuretik faktor (ANF)** sebagai respon terhadap tekanan darah yang tinggi; anf berperan langsung untuk meningkatkan filtrasi glomeruler dan menghambat kerja adh. akibatnya, lebih banyak air dan Na^+ hilang. Selanjutnya berbagai hormon berperan berlawanan satu sama lain dan menyebabkan ketepatan dalam pengendalian volume, tonisitas, dan pH darah.

4. Pengaturan Temperatur Tubuh

Para ahli fisiologi menganggap **hipotalamus** sebagai pusat pengatur temperatur tubuh (*thermoregulatory center*) pada mamalia termasuk manusia.

Ketika pernapasan meningkat saat mulai olah raga, biasanya respon terhadap temperatur terjadi sangat cepat. Kita mulai mengeluarkan keringat saat berjalan atau mandi uap. Hal ini terjadi karena impuls saraf, khususnya dari reseptor dingin pada kulit, dan reseptor panas dan dingin pada dinding

pembuluh darah utama, juga organ dalam, mengirip data ke otak dan memicu pengatur panas setempat memprosesnya sepanjang aliran darah, sumbu tubuh, dan hipotalamus merubah temperatur keseluruhan. Antisipasi ini membantu menjaga temperatur tetap, pada manusia 37,5 °C atau 98,6°F.

Pada manusia temperatur dapat berubah, misalnya ketika demam, titik temperatur meningkat. Hal ini biasa diakibatkan adanya senyawa yang beredar yang disebut **pyrogen**. Beberapa bakteri melepaskan pyrogen dan sel darah putih melepaskan senyawa tertentu sebagai respon terhadap infeksi atau keadaan tertentu. Pyrogen dapat mempengaruhi hipotalamus untuk menyetel termostatnya sehingga temperatur tubuh jadi meningkat pada orang yang mengalami demam.

LATIHAN 4

1. Bagaimana cara ikan air tawar dan air laut mengatur keseimbangan cairan tubuhnya?.
2. Sebutkan alat ekskresi pada invertebrata !
3. Jelaskan 4 mekanisme penting dalam fungsi ginjal manusia !

Untuk dapat menjawab latihan secara lengkap. Carilah buku-buku dan bahan bacaan lain yang memuat tentang sistem ekskresi pada hewan dan Anda dapat mengacu pada rambu-rambu pengerjaan latihan berikut :

Ikan air tawar cenderung kehilangan garam dan mengambilnya dalam air, dan akibatnya mensekresikan urin, dan mengambil garam melalui insang. Ikan air laut cenderung mengambil garam dari air laut dan kehilangan air, sehingga mengeluarkan sedikit urin dan ion garam dari insang.

Struktur ekskresi sederhana pada protista adalah vakuola kontraktil, Invertebrata multiseluler kecil, seperti cacing pipih, memiliki struktur ekskresi yang lebih rumit yaitu melalui tabung dengan sel *flame* (sel bersilia), dan pada cacing tanah organ ekskresi disebut nefridia (tabung yang disusun oleh nefrosom / mirip-corong, yang terbuka ke arah rongga tubuh), pada belalang dan sebagian besar invertebrata, organ ekskresi berupa tabung malpigi.

Empat mekanisme fisiologi pada ginjal yaitu : filtrasi, reabsorpsi, sekresi dan konsentrasi.

RANGKUMAN

Mekanisme untuk homeostasis , mengatur lingkungan dalam secara konstan, mencakup : sistem osmoregulasi, sistem ekskresi, dan sistem termoregulasi.

Ikan air tawar cenderung kehilangan garam dan mengambilnya dalam air, dan akibatnya mensekresikan urin, dan mengambil garam melalui insang.

Ikan air laut cenderung mengambil garam dari air laut dan kehilangan air, sehingga mengeluarkan sedikit urin dan ion garam dari insang.

Amfibi dapat menyerap air melalui kulit dan dinding kandung kemih, reptil laut dan burung memiliki kelenjar garam untuk mensekresikan kelebihan garam.

Pada reptil, burung dan mamalia, ginjal berperan dalam osmoregulasi dan sekresi limbah bernitrogen, dan mengatur pH cairan tubuh.

Pada manusia ginjal berfungsi sebagai osmoregulasi dan mensekresikan limbah yang mengandung nitrogen, dan mengatur pH cairan tubuh. Unit struktural dan fungsional dari ginjal adalah nefron.

Untuk menghasilkan urin, ginjal menghasilkan urin primer dan menyerap sebagian besar air serta mineral yang masih dibutuhkan, dan membuang limbah yang tidak dibutuhkan keluar. Empat mekanisme fisiologi pada ginjal yaitu : filtrasi, reabsorpsi, sekresi dan konsentrasi.

Hormon Antidiuretik (ADH) dan Faktor Atrionatriuretik (ANF) dilibatkan dalam mengendalikan keseimbangan garam dan air.

Temperatur tubuh bergantung pada vasokonstriksi dan vasodilatasi pembuluh darah, keluaran keringat, dan udara pernapasan, serta struktur dan perilaku tertentu lainnya.

Hipotalamus mengatur keinginan minum, makan dan aspek tertentu dari fungsi ginjal, dan berperan dalam pengaturan panas tubuh.

TES FORMATIF 4

- Petunjuk : Pilihlah**
- A. Jika jawaban (1), (2), dan (3) benar
 - B. Jika jawaban (1), dan (3) benar
 - C. Jika jawaban (2), dan (4) benar
 - D. Jika jawaban (4) saja yang benar

Cara adaptasi ikan air laut, untuk menjaga cairan tubuhnya tetap konstan, terdiri dari :

- (1). banyak minum air

- (2). mengeluarkan volume sedikit garam tertentu (Mg^{2+} , SO_4^{2-})
- (3). mengeluarkan Na^+ dan Cl^- melalui sel khusus.
- (4). Sedikit minum air

Amfibi dapat menyerap air melalui sel-sel berikut :

- (1). kulit
- (2). nefridium
- (3). dinding kandung kemih
- (4). Tabung malfigi

Alat ekskresi cacing tanah terdiri dari :

- (1). nefridia
- (2). nefrosom
- (3). kandung kemih
- (4). Tabung malfigi

Pada manusia ginjal merupakan organ ekskresi yang berfungsi untuk :

- (1). osmoregulasi
- (2). menskresikan limbah
- (3). mengatur pH cairan tubuh
- (4). Menghancurkan racun

Mekanisme fisiologi pada ginjal manusia meliputi :

- (1). Filtrasi, dehidrasi
- (2). Filtrasi, reabsorpsi
- (3). Sekresi, konsentrasi
- (4). Sekresi, konsentrasi

Hormon dan faktor lain yang dilibatkan dalam mengendalikan keseimbangan garam dan air pada manusia, adalah :

- (1). ADH
- (2). ACTH
- (3). ANF
- (4). GH

Suhu tubuh manusia bergantung kepada beberapa faktor, terdiri dari :

- (1). Vasokonstriksi dan vasodilatasi pembuluh darah
- (2). Keluaran keringat

- (3). Udara pernapasan
- (4). Rasa haus

Hipotalamus terdapat dalam otak, dalam sistem homeostasis berperan sebagai :

- (1). Menyaring darah
- (2). Mengatur keinginan makan,minum
- (3). Membuang racun
- (4). pengaturan suhu tubuh

Unit struktural ginjal manusia disebut nefron, urutan bagian-bagiannya yang benar terdiri dari :

- (1). Glomerulus, kapsula Bowman, tubulus proksimal
- (2). Kapsula Bowman, glomerulus, tubulus proksimal
- (3). Loop Henle, tubulus distal, tubulus kolekta
- (4). Tubulus distal, loop Henle, tubulus kolekta

Setiap 24 jam, seluruh darah dalam tubuh manusia melewati ginjal dan nefron-nefronnya sebanyak :

- (1). 100-200 x
- (2). 500-600 x
- (3). 200-300 lt
- (4). 700-800 lt

BALIKAN DAN TINDAK LANJUT

Untuk mengetahui kebenaran jawaban Anda, bandingkan dengan kunci jawaban pada bagian akhir modul ini. Hitunglah jumlah jawaban yang benar, selanjutnya hitung tingkat penguasaan Anda terhadap materi di atas dengan menggunakan rumus :

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

90% - 100% = baik sekali

80% - 89% = baik

70% - 79% = cukup

< 69% = kurang

Apabila Anda mencapai tingkat penguasaan 80% ke atas, Anda dapat menguasai Kegiatan belajar 4. Bagus! Akan tetapi, bila tingkat penguasaan Anda masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi mempelajari materi di atas terutama bagian yang belum Anda kuasai.

KUNCI JAWABAN TES FORMATIF

No	Tes Formatif 1	Tes Formatif 2	Tes Formatif 3	Tes Formatif 4
1.	B	B	A	A
2.	C	A	B	B
3.	D	C	B	A
4.	C	A	C	A
5.	A	A	C	C
6.	A	A	B	B
7.	A	D	C	A
8.	C	C	B	C
9.	A	D	B	B
10.	B	B	A	A

GLOSARIUM

Absorpsi : penyerapan cairan oleh struktur biologi (sel, ginjal, akar,dll)

Adaptasi : kumpulan sifat keturunan yang mendukung cara hidup suatu organisme dalam lingkungannya.

Alfa heliks : pola lipatan sekunder pada rantai polipeptida, dimana asam – asam amino suatu protein dililitkan dalam bentuk “tangga spiral”

Alergi : respon sistem imun kronik yang dipicu oleh benda asing dari lingkungannya.

Alveolus : ruang-ruang tipis dalam paru-paru, tempat pertukaran gas.

Analogi : (bagi organ-organ pada spesies berlainan), berfungsi sama tetapi berbeda struktur dan perkembangan embrionik.

Anaerobik : tidak memerlukan adanya oksigen bebas

Antidiuretic Hormon (ADH) : hormon dari kelenjar hipofisa posterior, yang mengatur air yang melewati ginjal, sebagai urin.

Aorta : arteri terbesar pada vertebrata, membawa darah beroksigen dari jantung

Arteriol : pembuluh darah kecil, percabangan dari arteri

Arteri : pembuluh darah yang membawa darah dari jaringan

Asam urat : produk limbah mengandung nitrogen yang diekskresikan oleh burung, reptil darat, dan insekta.

ATPase : ATP sintetase, molekul enzim, besar, yang mengkatalisis sintesis ATP melalui aliran proton suatu gradien elektrokimia.

Atrionatriuretic factor (ANF) : hormon peptida berukuran kecil dihasilkan oleh sel atrial jantung yang meningkatkan hilangnya air dan Na dalam urin.

Beta –plated sheet : konfigurasi lipatan rantai polipeptida dimana dua atau lebih polipeptida yang berdampingan diikat oleh ikatan hidrogen membentuk molekul mirip akordion.

Bolus : gumpalan lembab makanan hasil mengunyah

Bronkus : percabangan tempat lewatnya udara menuju paru-paru

Buffer : substansi yang mengikat ion hidrogen ketika konsentrasi H^+ tinggi dan melepaskan hidrogen ketika konsentrasi H^+ rendah.

Cecum (sekum- jamak seka) : kantung perluasan dari intestin yang menyimpan makanan dalam waktu tertentu untuk absorpsi dan pencernaan nutrien.

Crop : pada beberapa hewan, ruang berdinding-tebal tempat menerima dan menyimpan makanan sementara

Diafragma : lembaran otot yang memisahkan rongga dada dari rongga tubuh mamalia, aktif dalam mekanisme pengambilan dan pengeluaran napas

Distole : tahap relaksasi otot jantung

Ekskresi : pembuangan limbah oleh suatu organisme

Embrio : hewan atau tumbuhan pada tingkat dini, perkembangannya dari zigot

Enzim : kelompok protein tertentu (dan RNA tertentu) yang mengkatalisis reaksi kimia.

Evolusi : perubahan 'gen pool' (semua alel pada seluruh gen yang dibawa individu dalam suatu populasi) dalam waktu yang lama

Faring : bagian saluran pencernaan vertebrata dekat dengan rongga mulut.

Gastrin : hormon pencernaan (juga neuropeptida) yang disekresikan dalam lambung dan menyebabkan sekresi cairan pencernaan lain.

Gizzard : Pada burung dan beberapa invertebrata, suatu ruang besar berotot yang menumbuk makanan sebelum masuk ke lambung dan usus

Glukosa : monosakarida enam-karbon, bahan bakar sel yang utama

Glikogen : gula polisakarida yang digunakan hewan untuk menyimpan glukosa

Habitat : macam situs tempat hidup organisme

Hemoglobin : protein darah yang mengandung besi yang mentransfer oksigen dan karbondioksida pada vertebrata dan beberapa invertebrata

Hemolimf : cairan ekstraseluler dalam rongga tubuh yang membasahi sel jaringan dalam sistem peredaran tertutup pada hewan. Cairan yang mengandung nutrien, gas, ion dan beberapa makromolekul

Heparin : polisakarida yang mencegah pengumpulan

Homeostasis : pengelolaan atau pemeliharaan lingkungan internal tetap konstan dari fluktuasi keadaan lingkungan luar.

Hormon : substansi yang dihasilkan oleh bagian suatu organisme yang menghasilkan efek pada bagian lain organisme tersebut.

Invertebrata : hewan yang tidak memiliki tulang belakang (vertebra)

Kalori : panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu pada 1 gram air oleh 1⁰C

Kapiler : pembuluh darah perindring tipis yang menjalin jaringan tubuh

Kolostrum : cairan yang kaya protein dan antibodi dan disimpan terutama pada kelenjar susu mamalia hamil; ketika bayi menyusu pertama kali dengan segera memperoleh resistensi dari serangan berbagai mikroba

Korteks : bagian paling luar pada organ hewan, seperti pada ginjal, kelenjar adrenal atau otak. Pada tumbuhan, bagian batang dibawah epidermis dan disusun oleh sel-sel parenkim.

Lakteal : kelenjar yang menghasilkan dan mengeluarkan susu.

Laring : lubang masuk mirip-kotak menuju trakea dan paru-paru

Leukosit : sel darah putih

Loop Henle : bagian saluran / tubulus ginjal mamalia yang melekuk, yang membantu mengentalkan cairan ekstraseluler bergaram.

Major histocompatibility complexes (MHC) : kelompok gen yang menyandi protein penanda jaringan tubuh untuk dikenali oleh sistem imun sebagai 'self' dan 'nonself'

Malpighi : kantung berujung merupakan unit fungsional sistem ekskresi insekta

Medula : bagian tengah suatu organ, misalnya pada ginjal yang mengandung loop Henle atau pada kelenjar adrenal yang menghasilkan epinefrin/adrenalin

Medula oblongata : daerah belakang otak, tempat bergabungnya otak dengan sumsum tulang belakang

Mioglobin : pigmen respirasi yang tersimpan pada otot atau beberapa sel alin.

Nefridium : organ eksresi pada cacing tanah

Nefron : saluran yang merupakan unit fungsional dari ginjal

Neuroactive peptide : peptida neuroaktif, suatu protein yang berperan sebagai neurotransmitter (senyawa kimia pembawa pesan antar sel saraf) atau mengatur aktifitas sel saraf.

Omnivora : hewan pemakan tanaman dan daging hewan

Osmoregulatory system : sistem osmoregulasi, sistem organ yang mengatur kadar air dan garam dalam cairan tubuh melalui pengaturan konsentrasi osmolit (bahan yang dapat meningkatkan tekanan osmotik)

Pepsin : enzim pencernaan

pH : konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan, memiliki skala dari 0-14. Larutan dengan pH. 7 bersifat netral, $\text{pH} < 7$ bersifat asam dan $\text{pH} > 7$ bersifat basa.

Platelet : keping darah pembeku (trombosit), beredar dalam darah dan berperan penting dalam pembekuan darah

Salivary gland : submandibula dan sublingual, dan kelenjar parotid , kelenjar yang menghasilkan ludah dalam mulut dan makanan yang lembab

Spesies : kelompok individu yang dapat kawin yang secara reproduktif terisolasi dari individu lain

Sistole : tahap ketika otot jantung berkontraksi

DAFTAR PUSTAKA

Brock, T. D, M. T. Madigan, 1997. *Biology of Microorganisms*. Sixth Edition.
New Jersey : Prentice-Hall Inc.

Hopson Janet L and Norman K. Wessells., 1990. *Essentials of Biology*. San
Francisco : Mcgraw-Hill Publishing Company.

Kimball John W, 1989. *Biologi*. Edisi ke-5. Jakarta : Erlangga.

Storer Tracy I., Robert L. Usinger., Robert C. Stebbins., James W. Nybakken.,
1978. *General Zoology*. New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing
Company LTD.

