

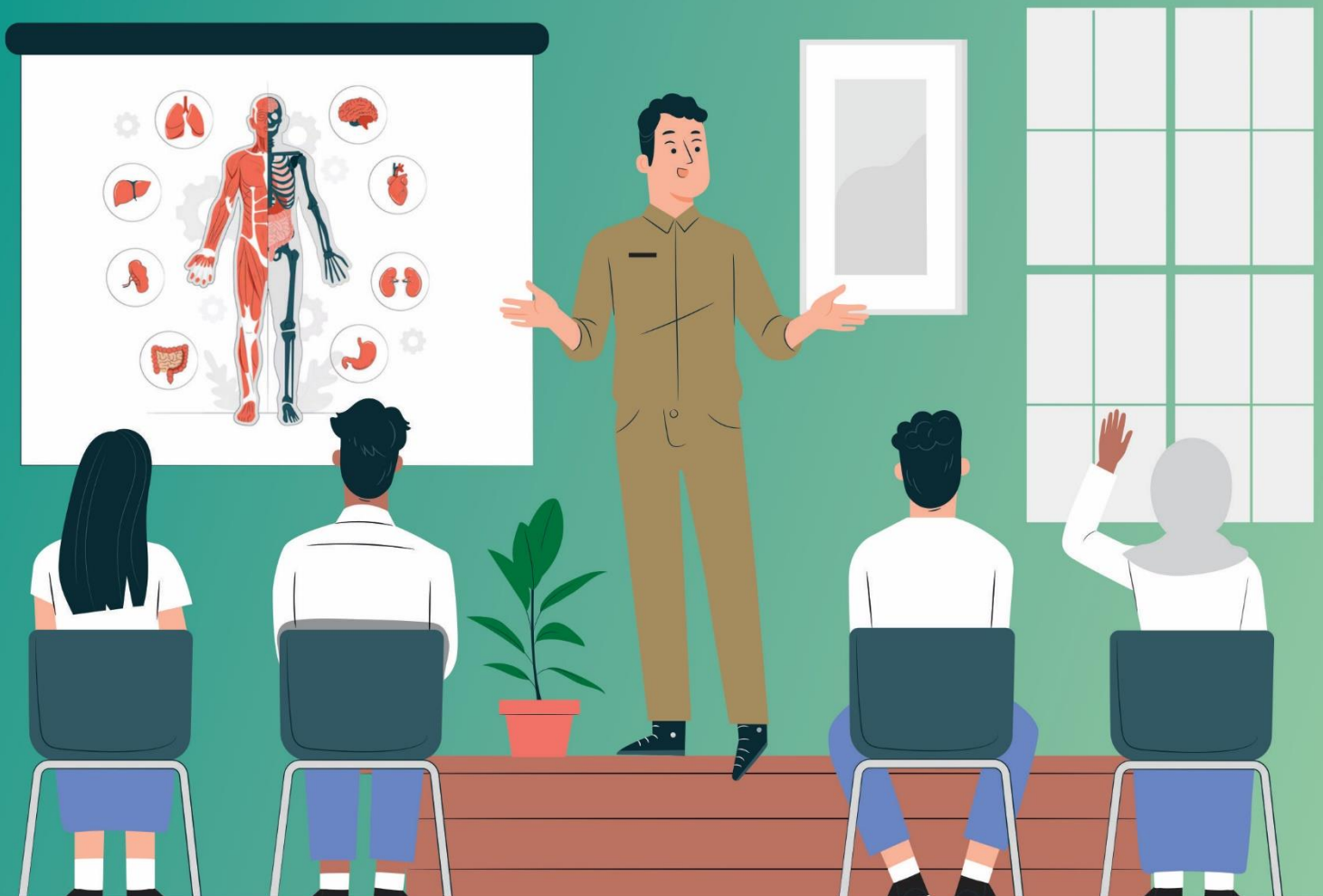
Bahan Ajar

Bimbingan Teknis Penggerak Komunitas Belajar Berbasis Mapel

Biologi

untuk Guru SMA/SMK

Disusun oleh:
Penulis (Eka Danti Agustiani)
Penulis (Dewi Vestari)
Pengkaji (Agung Wijaya Subiantoro)



BALAI BESAR GURU PENGGERAK PROVINSI D.I. YOGYAKARTA
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
TAHUN 2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga bahan ajar untuk program Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar (Gebrak Kombel) ini dapat terselesaikan.

Bahan ajar ini disusun sebagai bahan belajar pada kegiatan Bimbingan Teknis (Bimtek) Gebrak Kombel yang dilaksanakan sebagai upaya BBGP Provinsi D.I Yogyakarta dalam rangka melaksanakan tugas dan fungsinya sebagai Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan (UPT Dirjen GTK) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) untuk meningkatkan kompetensi guru di Provinsi D.I Yogyakarta. Pada kegiatan Gebrak Kombel, para penggerak komunitas belajar yang berasal dari guru penggerak dan guru inti dibekali dengan muatan konten dan pedagogi agar memiliki kapasitas untuk berbagi dan bersinergi dengan guru-guru lain di dalam komunitas belajarnya. Melalui kegiatan ini diharapkan dapat terbangun ekosistem belajar guru berbasis komunitas belajar dengan memberdayakan penggerak komunitas dari guru penggerak dan guru inti sehingga guru dapat berkolaborasi meningkatkan kompetensi diri.

Bahan ajar ini diharapkan menjadi bahan kajian bagi para peserta Bimtek Gebrak Kombel, baik selama mengikuti kegiatan Bimtek maupun pada saat diseminasi di kombel masing-masing. Bahan ajar ini memuat berbagai kajian konten mapel yang menjadi kebutuhan guru sebagai bekal dalam menjalankan peran profesionalnya sesuai dengan model kompetensi yang baru berdasarkan Perdirjen GTK 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru. Melalui bahan ajar ini diharapkan guru memperoleh referensi sekaligus inspirasi untuk penguatan pemahaman konten yang sangat esensial bagi keberhasilan perannya dalam mendampingi belajar peserta didik.

Bahan ajar ini tersusun melalui kolaborasi BBGP Provinsi D.I. Yogyakarta dengan BBGP Jawa Barat, BBGP Jawa Timur, dan BGP Banten. Penyusun bahan ajar ini adalah para Widyaiswara, Widyaprada, dan Pengembang Teknologi Pembelajaran dari BBGP/BGP tersebut. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan atas dedikasi dan kesediaannya untuk mencurahkan gagasan dan inspirasi sehingga bahan ajar Gebrak Kombel ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas semua pengorbanan dan kontribusinya dalam menyelesaikan tugas penyusunan bahan ajar ini. Amiin.

Yogyakarta, 21 Juni 2024

Kepala BBGP DI Yogyakarta

Dr. Adi Wijaya, M.A.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan.....	2
C. Sasaran	3
D. Manfaat.....	3
BAB II OMEOSTASIS PADA MANUSIA	5
Pendahuluan.....	5
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PERAN GINJAL PADA HOMEOSTATIS MANUSIA.....	5
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: STRUKTUR, FUNGSI DAN KERJA ORGAN-ORGAN PADA SISTEM PENCERNAAN MANUSIA.....	16
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: PENTINGNYA PENCERNAAN BAGI PERNAPASAN, PEREDARAN DARAH DAN PENGGUNAAN ENERGI MAKANAN	Error! Bookmark not defined.
SOAL EVALUASI.....	26
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
KUNCI JAWABAN EVALUASI	28

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sesuai dengan amanat Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2022, Balai Besar Guru Penggerak (BBGP) mempunyai tugas melaksanakan pengembangan dan pemberdayaan guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah. Dua di antara sembilan fungsi BBGP DIY yang menjadi latar belakang dilaksanakannya penguatan pelibatan komunitas pendidikan adalah: a) pelaksanaan fasilitasi peningkatan kompetensi guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah; b) pelaksanaan pemantauan dan evaluasi pengembangan dan pemberdayaan guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah; dan c) pelaksanaan kemitraan di bidang pengembangan dan pemberdayaan guru, pendidik lainnya, tenaga kependidikan, calon kepala sekolah, kepala sekolah, calon pengawas sekolah, dan pengawas sekolah.

Program Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar (Gebrak Kombel) dilaksanakan untuk mendorong penguatan penguasaan konten keilmuan dan pedagogi guru. Kedua hal tersebut merupakan dua sisi mata uang keilmuan yang sangat penting harus dikuasai guru. Penguasaan materi merupakan komponen kunci guru menguasai kompetensi yang menjadi tanggungjawabnya. Demikian juga penguasaan pedagogi, sangat krusial agar guru mampu memfasilitasi siswa belajar berhasil belajarnya. Hal ini selaras dengan pernyataan Harel dan Kien (2004; Hospesová & Tichá, 2000: 2) bahwa penguasaan materi merupakan dasar penguasaan kompetensi yang harus dimiliki guru sehingga mampu menjalankan peran pengajarannya. Sedangkan menurut Baumert dan Kunter (2006: 26-42), penguasaan materi merupakan bagian kunci penguasaan kompetensi profesional guru sehingga mampu menjalankan tugas profesi dengan sebaik-baiknya.

Hill dan Ball (2004: 332) menggarisbawahi pada aspek pentingnya guru memiliki *specialized knowledge of content* maupun *common knowledge of content*. *Specialized knowledge of content* merujuk pada pengetahuan materi yang lebih detail dibandingkan siswa. Pada saat guru mengajarkan suatu pembagian, misalnya, guru tidak cukup memahami tentang prosedur melakukan pembagian seperti yang diajarkan kepada siswa, tetapi guru juga perlu menguasai tentang mengapa dan apa makna dari suatu proses pembagian. *Common knowledge of content* tidak merujuk semata-mata hanya materi di kelas, tetapi pengetahuan yang secara umum digunakan dalam kehidupan.

Pendalaman konten merupakan salah satu titik krusial untuk terwujudnya profil pelajar Indonesia seperti telah ditetapkan di Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Pada undang-undang tersebut dinyatakan bahwa *pendidikan nasional bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab*. Mencermati rumusan tujuan pendidikan nasional tersebut jelas bahwa belajar konten keilmuan adalah esensial dalam proses pendidikan. Penguasaan ilmu pengetahuan tentu menjadi pra syarat penting menjadikan generasi baru Indonesia yang cakap dan berilmu. Bagaimana bisa menjadi cakap dan berilmu tanpa penguasaan ilmu pengetahuan yang kuat. Lebih dari sekedar cakap dan berilmu, kajian berbagai materi dalam pembelajaran merupakan wahana hebat

mengembangkan siswa menjadi kreatif, mandiri, demokratis, bertanggung jawab, sehat, serta menjadi manusia berakhlak mulia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa. Dalam konteks inilah penting bagi setiap siswa mendapatkan fasilitasi terbaik dalam mengkaji materi keilmuan dalam pembelajaran. Dan, ini membutuhkan peran guru-guru yang cakap dan berilmu dengan penguasaan keilmuan bidang keahlian yang kuat.

Selain penguasaan konten, sangat esensial bagi guru memiliki penguasaan pedagogi dan mampu mengimplementasikannya dalam pembelajaran di kelas. Turnuklu & Yesildere (2007: 1) menyatakan bahwa pengetahuan guru tentang materi penting tetapi tidak cukup karena guru juga harus mampu menghubungkan antara pengetahuan yang dimiliki dengan pengajarannya di kelas. Menurut Gadanidis dan Namukasa (2007: 16), perlu ada hubungan dialektik penguasaan guru atas materi dan cara mengajarkannya. Menguasai materi saja tidak cukup tanpa didukung keilmuan untuk mengajarkannya kepada siswa. Begitu juga, menguasai dengan baik ilmu pedagogi juga tidak cukup tanpa didukung penguasaan keilmuan matematika yang memadai oleh guru. Kepincangan salah satu aspek keilmuan tersebut dapat menjadi faktor penghambat peran guru dalam mendorong sukses belajar siswa.

Sultan dan Artzt (2011: xviii) menyatakan bahwa guru dituntut menguasai *pedagogical content knowledge/PCK*). PCK memuat dua aspek, yaitu pengetahuan pedagogi dan pengetahuan konten (Setyaningrum, Mahmudi, & Murdanu, 2018: 1). Pengetahuan pedagogi merujuk pengetahuan bagaimana siswa belajar, bagaimana mengajarkan materi atau konsep, dan bagaimana menilai pemahaman siswa. Pengetahuan konten merujuk pada penguasaan guru tentang materi-materi matematika. Pengetahuan pedagogi dan konten merupakan dua aspek mendasar yang harus dikuasai guru untuk keberhasilan tugas mengajarnya. Keduanya seperti belahan ganda sekeping mata uang, menyatu, tidak terpisahkan satu dengan yang lain.

Memerhatikan hal tersebut di atas, BBGP Provinsi DIY pada tahun 2023 melaksanakan program Gebrak Kombel, akronim dari Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar. Program Gebrak Kombel merupakan program pemberdayaan dan pendampingan komunitas belajar sebagai ekosistem belajar guru melalui optimalisasi peran penggerak komunitas belajar dari guru penggerak (GP) dan guru inti (GI) sebagai penggerak kolaborasi dan sinergi belajar guru untuk meningkatkan kompetensi berbasis komunitas belajar. Guru penggerak dan guru inti yang merupakan para penggerak komunitas belajar dibekali dengan penguatan penguasaan konten dan pedagogi melalui Bimtek Gebrak Kombel Berbasis Mata Pelajaran, yang selanjutnya mereka dapat mengimbaskannya pada rekan-rekan guru di komunitas belajarnya.

B. Tujuan

Program Gebrak Kombel bertujuan membangun *learning community* guru berbasis komunitas belajar melalui pemberdayaan penggerak komunitas dari guru penggerak dan guru inti sehingga guru dapat berkolaborasi dan bersinergi meningkatkan kompetensi diri. Bahan ajar ini disusun dengan tujuan sebagai bahan kajian bagi para peserta Bimtek Gebrak Kombel, baik selama mengikuti kegiatan Bimtek maupun pada saat diseminasi di kombel masing-masing. Sesuai dengan Perdirjen GTK 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru, penguasaan materi pelajaran secara luas dan mendalam merupakan bagian dari kompetensi profesional guru. Kemampuan penguasaan materi pelajaran esensial untuk menetapkan tujuan pembelajaran dan pengorganisasian konten pengetahuan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Bahan ajar ini diharapkan menjadi wahana kajian bagi guru sehingga kompeten secara profesional dalam menjalankan tugas profesinya.

C. Sasaran

Sasaran Program Gebrak Kombel sekaligus pengguna utama bahan ajar ini adalah guru jenjang TK, SD, SMP, SMA di wilayah D.I. Yogyakarta

D. Manfaat

1. Guru mendapatkan referensi untuk memperluas dan memperdalam penguasaannya pada materi pelajaran sehingga mampu menetapkan tujuan pembelajaran dan pengorganisasian konten pengetahuan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik
2. Guru Penggerak dan Guru Inti diberdayakan sebagai penggerak kolaborasi dan sinergi guru
3. Guru tergerak dan terfasilitasi untuk berkolaborasi dan bersinergi meningkatkan kompetensi diri
4. *Learning community* guru dapat terbentuk berbasis komunitas belajar sebagai ekosistem belajar untuk melakukan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan

Referensi

- Baumert, J & Kunter, M. 2006. *The COACTIV model of teachers' professional competence*. Jerman: Center for Educational Research, Max Planck Institute for Human Development
- Gadanidis, G. & Namukasa, I.K. (2007). Mathematics-for-Teachers (and Students). *Journal of Teaching and Learning*, 5(1), 13–22. <https://doi.org/10.22329/jtl.v5i1.277>
- Hill, H.C. & Ball, D.L. (2004). Learning Mathematics for Teaching: Results from California's Mathematics Professional Development Institutes. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35(5), 330-351. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/30034819>
- Hospesová & Tichá, M. (2000). *Developing mathematics teacher's competence*. Research Report supported by the Socrates Comenius project 87636-CP-1-2000-1-CZ-Comenius-C31 and GACR 406/02/0829 and 406/05/2444
- Setyaningrum, W., Mahmudi, A. & Murdanu. (2018). Pedagogical Content Knowledge of Mathematics Pre-service Teachers: Do they know their students?. *Journal of Physics: Conference Series*, p. 1–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012098>
- Sultan, A. & Artzt, A.F. (2011). *The Mathematics That Every Secondary School Math Teacher Needs to Know*. New York: Routledge Taylor & Francis Group
- Turnuklu, E.B. & Yesildere, S. (2007). The Pedagogical Content Knowledge in Mathematics: Preservice Primary Mathematics Teachers' Perspectives in Turkey. *IUMPST: The Journal*, Vol 1. Retrieved from www.k-12prep.math.ttu.edu
- Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional

BAB II

HOMEOSTASIS PADA MANUSIA

Pendahuluan

Komponen-komponen modul ini terdiri atas uraian materi mengenai aplikasi topik reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari, deskripsi alternatif aktivitas pembelajaran, Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) yang dapat digunakan guru untuk memfasilitasi pembelajaran, serta soal-soal latihan. Komponen-komponen di dalam modul ini dikembangkan dengan tujuan agar guru dapat dengan mudah memfasilitasi peserta didik untuk menyetarakan reaksi redoks, menentukan urutan kekuatan pengoksidasi dan pereduksi berdasarkan data percobaan, sekaligus mendorong peserta didik mencapai kemampuan bernalar kritis dan bergotong royong.

Modul Homeostatis pada Manusia ini disusun sebagai salah satu sumber materi dasar dalam Bimtek Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar Berbasis Mapel (Gebrak Kombel Mapel) bagi Guru Mata Pelajaran Biologi Jenjang SMA. Dengan adanya modul ini selanjutnya pihak fasilitator dan peserta bimtek dapat menemukan kemudahan dalam upaya penguatan konsep yang dibahas dalam modul ini.

Sebagai sumber materi dasar, modul ini disusun berdasarkan rambu-rambu umum yang tercantum dalam Pedoman Penyusunan Modul Gebrak Kombel Mapel dari Balai Besar Guru Penggerak Provinsi DIY. Melalui arahan pelaksanaan kegiatan tatap muka dan evaluasi yang juga menjadi ruang lingkup modul ini, diharapkan peserta bimtek dan para widyaiswara/fasilitator dapat menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan bimtek. Dengan demikian, tujuan kegiatan pelaksanaan kegiatan Bimtek untuk menggiatkan kajian penguatan substansi esensial mapel, khususnya bagi guru biologi jenjang SMA, dapat tercapai.

Dalam menggunakan bahan ajar ini guru pembelajar diharapkan aktif berdiskusi dengan fasilitator dan sesama peserta untuk menyamakan persepsi, juga memantapkan pemahaman terhadap istilah-istilah serta kaitan antar sistem atau mekanisme dalam topik yang dibahas. Pertanyaan-pertanyaan yang diberikan diakhir pembahasan materi pokok dapat membantu guru pembelajar untuk lebih mudah mengevaluasi pemahaman terhadap materi.

Guru pembelajar juga diharapkan aktif mencari referensi lain baik dari media cetak maupun internet, untuk memperkaya variasi ilustrasi dan hal-hal yang kontekstual berkaitan dengan materi yang dibahas. Bila bahan ajar ini disampaikan kurang dari dua jam pelatihan sebagai sub materi, maka disarankan guru pembelajar tetap membaca keseluruhan dari bahan ajar ini secara mandiri untuk mendapatkan pemahaman yang lebih utuh.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PERAN GINJAL PADA HOMEOSTATIS MANUSIA

A. Pengantar

Homeostatis adalah aktivitas tubuh makhluk hidup untuk **menjaga kestabilan kondisi tubuh optimal** yang diperlukan untuk kelangsungan hidupnya, bahkan jika terjadi perubahan kondisi di lingkungan sekitar. Salah satu komponen tubuh yang harus dijaga stabilitasnya adalah kadar air. Tubuh makhluk hidup memiliki kandungan air sekitar 70%. Hal ini tidaklah mengherankan, karena air memiliki berbagai peran dalam tubuh makhluk hidup, antara lain sebagai penyusun komponen pembangun sel, pengisi ruang antar sel dan jaringan, pelarut maupun pengikat berbagai zat organik dan anorganik, dan pengatur suhu tubuh. Dalam tubuh makhluk hidup, keberadaan air diatur keseimbangannya dalam sebuah sistem kendali yang disebut sebagai osmoregulasi. **Osmoregulasi** adalah salah satu topik yang menjelaskan tentang

kesempurnaan tubuh manusia yang mampu melakukan regulasi secara otomatis terhadap unsur air di dalam tubuh. Sistem ekskresi yang dilaksanakan terutama oleh organ ginjal memiliki peran dalam osmoregulasi. Pembahasan osmoregulasi juga tidak terlepas dari konsep fisika dan kimia.

B. Tujuan

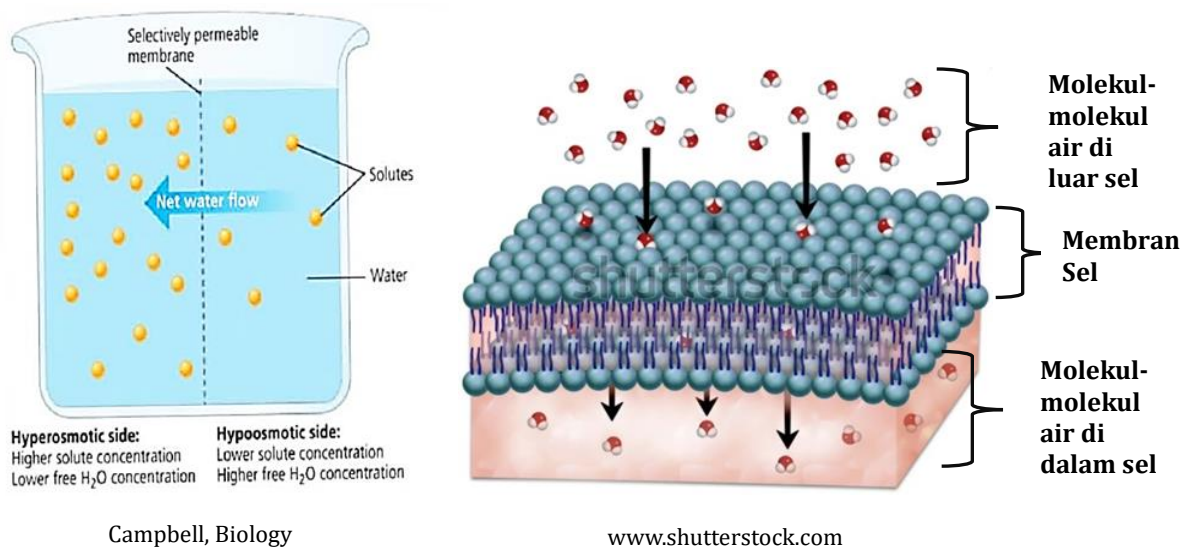
Pembahasan materi ini bertujuan untuk:

- Memahami osmosis dan difusi serta hubungannya dengan osmoregulasi oleh sistem ekskresi.
- Memahami kerja ginjal sebagai organ dalam sistem ekskresi.

C. Difusi dan Osmosis

Air diperoleh oleh tubuh manusia terutama melalui proses minum dan makan. Manusia disarankan untuk mengonsumsi air tidak kurang dari satu liter per hari. Walaupun air masuk melalui saluran pencernaan, namun kebutuhan yang sebenarnya ada pada tingkat seluler. Pemasukan dan pengeluaran air juga dikontrol oleh tubuh hingga di tingkat seluler. Keluar masuknya air dari sel dan jaringan tubuh terjadi melalui mekanisme **osmosis**, karena adanya perbedaan **tekanan osmotik**. Bagian yang bersifat selektif permeabel dari membran sel akan memungkinkan zat-zat terlarut tertentu keluar masuk sel bersama air sebagai pelarutnya. Zat-zat kimia yang terlarut dalam air tersebut akan tersebar di tingkat seluler dan jaringan melalui peristiwa **difusi**.

Osmosis adalah perpindahan air sebagai pelarut, dari bagian yang lebih sedikit zat terlarutnya (hipotonis) ke bagian yang lebih banyak zat terlarutnya (hipertonis) melalui **selaput (membran) semipermeabel** (Gambar 1). Membran semipermeabel adalah selaput yang memiliki pori-pori tembus air. Selaput pembungkus sel makhluk hidup bersifat semipermeabel. Dengan demikian dapat terjadi osmosis air dari lingkungan ke dalam sel. Sel hidup dapat menyerap air bila ia terpapar pada lingkungan yang memiliki kandungan air lebih banyak, atau memiliki zat terlarut lebih sedikit (lebih encer) daripada cairan selnya. Sebaliknya, bila sel terpapar pada lingkungan dengan kondisi zat terlarut lebih tinggi (lebih pekat) daripada cairan dalam sel, maka akan terjadi osmosis air dari dalam ke luar sel.

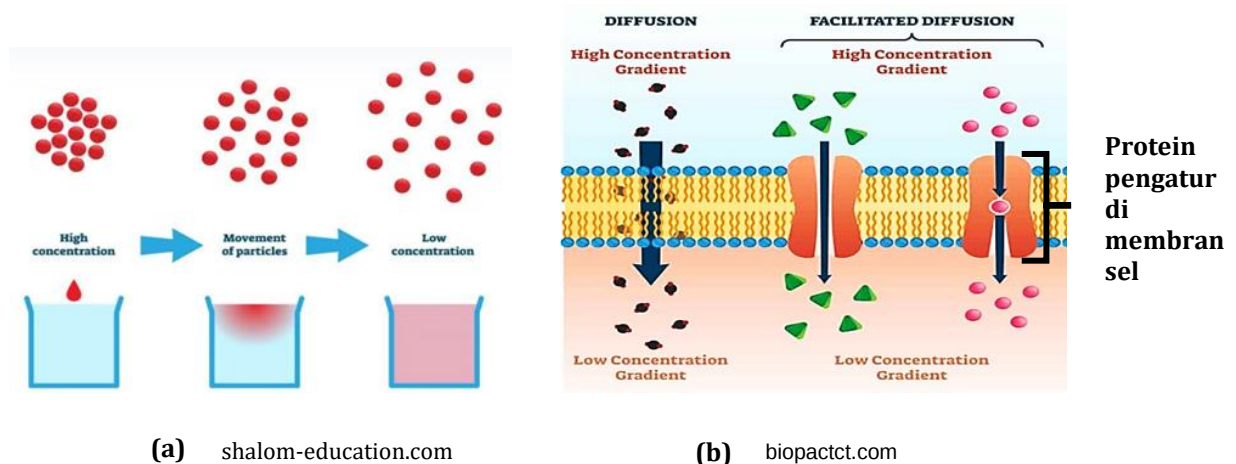


Gambar 1. Ilustrasi peristiwa osmosis

Tekanan osmotik adalah tekanan yang diberikan oleh suatu larutan untuk menghentikan perpindahan pelarut melalui membran semipermeabel. Dari definisi tersebut, maka larutan atau cairan dengan konsentrasi zat terlarut tinggi (cairan pekat) memiliki tekanan osmotik yang lebih tinggi daripada larutan dengan zat terlarut sedikit (cairan encer). Adanya perbedaan tekanan osmotik itulah yang menyebabkan terjadinya peristiwa osmosis.

Difusi adalah peristiwa perpindahan zat terlarut dari larutan dengan konsentrasi tinggi menuju larutan dengan konsentrasi rendah. Difusi dapat terjadi melalui membran semipermeabel maupun tidak melalui membran apapun. Dalam tubuh makhluk hidup, difusi sangat penting bagi distribusi zat-zat yang diperlukan maupun pengeluaran zat-zat sampah yang akan dibuang dari tubuh. Dalam sistem transpor membran, difusi adalah transpor pasif karena adanya perbedaan konsentrasi zat. Transpor difusi dapat berlangsung secara spontan, atau harus difasilitasi oleh protein-protein pengatur yang terdapat di lapisan membran sel. Ilustrasi transpor difusi dapat dilihat pada Gambar 2.

Kelangsungan hidup organisme bergantung pada reaksi-reaksi metabolik yang terjadi di dalam tubuh. Agar reaksi metabolik berlangsung dengan baik, diperlukan keseimbangan yang tepat antara air dan zat-zat yang terlarut. Di dalam cairan tubuh terdapat zat-zat terlarut air yang harus dipertahankan konsentrasinya yaitu berbagai asam amino, protein, dan ion-ion terlarut seperti Sodium (Na^+), Klorida (Cl^-), Potasium (K^+), Kalsium (Ca^{2+}), serta Bikarbonat (HCO_3^-). Dalam hal ini fenomena osmosis sangat berperan. Sel-sel tubuh tidak akan mampu bertahan jika terlalu banyak air yang masuk atau yang keluar. Sel tubuh akan mengalami plasmolisis (pecah) jika terlalu banyak air yang masuk. Jika cairan terlalu banyak keluar, maka sel akan mengalami krenasi, yaitu mengerut dengan tepi bergerigi, hingga akhirnya dapat mati kekeringan.



Gambar 2. Ilustrasi peristiwa difusi molekul-molekul zat dalam larutan (a) dan difusi melalui membran sel (b)

Sebagai organisme yang hidup di darat, manusia memperoleh air paling banyak dari minuman dan makanan. Manusia kehilangan air melalui pengeluaran air seni dan tinja. Manusia juga kehilangan air melalui penguapan sewaktu bernapas dan mengeluarkan keringat. Peristiwa pengeluaran air seni dari ginjal, pengeluaran uap air pada pernapasan, dan pengeluaran keringat dari kulit melibatkan proses difusi dan osmosis. Agar homeostatis keadaan cairan dalam sel-sel tubuh selalu terjaga, diperlukan adanya **osmoregulasi**, atau pengendalian tekanan osmotik, yang juga berarti pengaturan kadar air, dalam sel, jaringan, dan organ-organ tubuh. Osmoregulasi juga berperan penting dalam setiap proses transfer zat antar sel yang menggunakan air sebagai pelarut. Manusia sebagai makhluk hidup memiliki kemampuan melakukan osmoregulasi, oleh karena itu disebut sebagai **osmoregulator**.

D. Ginjal Sebagai Alat Ekskresi Manusia

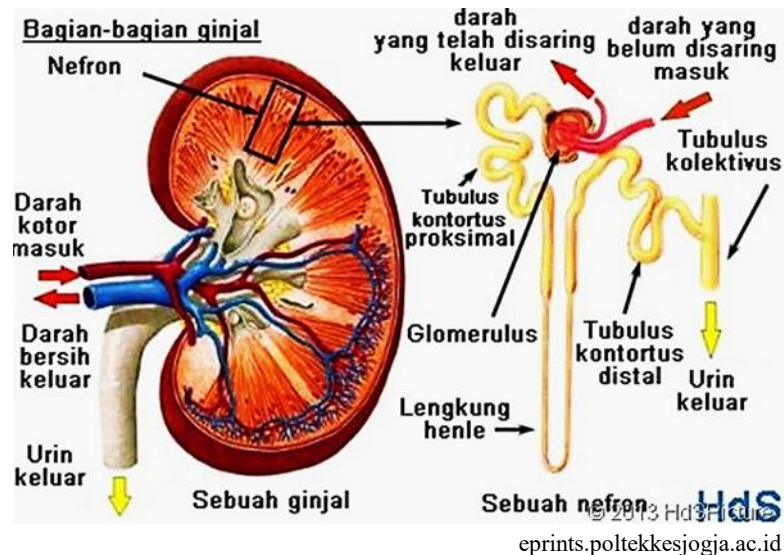
Ekskresi adalah pengeluaran atau pembuangan ampas hasil metabolisme yang tidak dibutuhkan oleh tubuh. Keseimbangan cairan setelah pengeluaran air bersama zat sisa pada oleh sistem ekskresi harus dikontrol melalui osmoregulasi. Transfer zat tersebut antara lain terjadi dalam proses ekskresi, yaitu sistem pembuangan sisa metabolisme tubuh melalui ginjal. Oleh karena itu, memahami osmoregulasi merupakan hal yang penting untuk memahami sistem ekskresi tubuh makhluk hidup. Dengan demikian, jelaslah hubungan saling memengaruhi antara osmoregulasi dengan sistem ekskresi dalam tubuh manusia.

Pusat sistem ekskresi manusia adalah dua buah ginjal. Masing-masing berupa organ yang kompak (padat), ukurannya sebesar kepalan tangan manusia pemiliknya. Ginjal merupakan alat ekskresi penting yang mempunyai beberapa fungsi, antara lain menyaring darah sehingga menghasilkan urin; mengekskresikan zat-zat yang membahayakan tubuh. misalnya protein-protein asing yang masuk ke dalam tubuh, urea, asam urat. dan bermacam-macam garam; mengekskresikan zat-zat yang jumlahnya berlebihan, misalnya kadar gula darah yang melebihi normal; mempertahankan tekanan osmosis cairan ekstraseluler; dan mempertahankan keseimbangan asam dan basa.

Ginjal mengandung sekitar 80 km saluran halus yang membentuk jalinan dengan kapiler darah. Tubuh kita mengandung sekitar 5 liter darah. Karena darah terus menerus beredar, sekitar 1.100 hingga 2.000 liter melewati kapiler ginjal setiap hari. Sewaktu darah beredar, ginjal menyaring 180 liter cairan (disebut filtrat) terdiri atas air, urea, dan sejumlah zat-zat terlarut yang penting seperti Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- (bikarbonat), glukosa, dan asam amino. Jika kita mengekskresikan semua filtrat sebagai urin, kita akan kehilangan zat-zat nutrisi penting juga mengalami dehidrasi dengan cepat. Namun ginjal kita menyaring kembali filtrat, hasilnya sejumlah urea dan sebagian besar air serta zat-zat terlarut dikembalikan ke dalam darah. Setiap hari kita hanya mengekskresikan sekitar 1,5 liter urin.

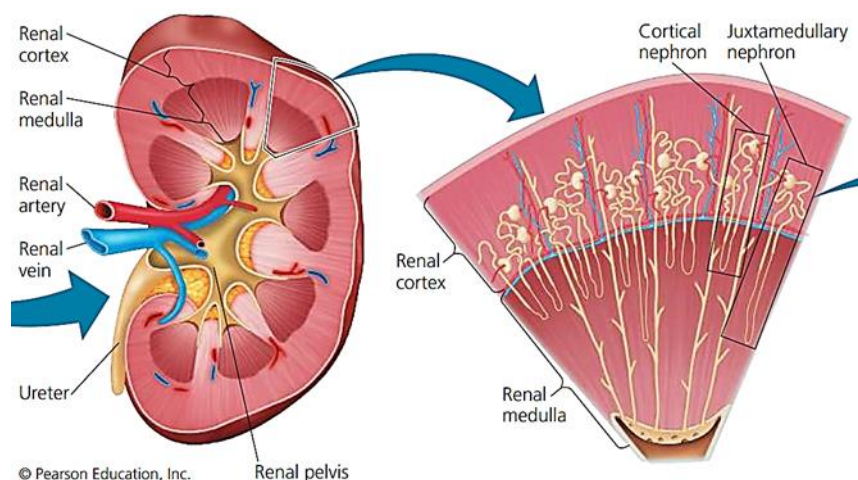
Ginjal (ren) manusia berjumlah sepasang, terletak di rongga perut sebelah kanan depan dan kiri depan ruas-ruas tulang belakang bagian pinggang. Ginjal kanan lebih rendah dari pada ginjal kiri karena di atas ginjal kanan terdapat hati. Ginjal berbentuk seperti biji ercis dengan panjang sekitar 10 cm dan berat sekitar 200 gram. Ginjal yang dibelah secara membujur (Gambar 3) akan memperlihatkan bagian-bagian korteks yang merupakan lapisan luar, medula (sumsum ginjal), dan pelvis (rongga ginjal). Di bagian korteks terdapat jutaan alat penyaring yang disebut nefron. Setiap nefron terdiri atas badan Malpighi dan tubulus kontortus. Badan Malpighi terdiri atas kapsula (simpai) Bowman dan glomerulus. Glomerulus merupakan anyaman pembuluh darah kapiler. Kapsula Bowman berbentuk mangkuk yang mengelilingi glomerulus. Tubulus kontortus terdiri atas tubulus kontortus proksimal. tubulus kontortus distal. Dan tubulus kontortus kolektivus. Di antara tubulus kontortus proksimal dan tubulus kontortus distal terdapat gelung /lengkung Henle pars ascenden (naik) dan pars descenden (turun).

Penamaan beberapa bagian ginjal mengambil nama ahli yang berjasa dalam penelitian ginjal. Kapsula Bowman mengambil nama William Bowman (1816 – 1892). Seorang ahli bedah yang merupakan perintis di bidang saluran kemih yang mengidentifikasi kapsula tersebut. Lengkung Henle mengambil nama Jacob Henle (1809-1885), seorang ahli anatomi berkebangsaan Jerman yang mendeskripsikan lengkung di dalam ginjal tersebut. Glomerulus pada badan Malpighi diidentifikasi oleh seorang ahli mikroskop anatomi berkebangsaan Italia bernama Marcerillo Malpighi (1628 - 1694).



Gambar 3. Struktur anatomi ginjal manusia

Setiap ginjal mengandung sekitar 1 juta unit fungsional (nefron) (Gambar 4). Nefron mengandung saluran-saluran dan berhubungan dengan pembuluh darah. Membentuk fungsi ginjal dalam miniatur, nefron mengekstrak sedikit filtrat dari darah dan menyaring filtrat menjadi urin yang jumlahnya jauh lebih sedikit. Setiap nefron dimulai dan berakhir pada bagian korteks ginjal. Beberapa bagian nefron menjorok ke bagian medula. Ujung nefron penerima pembuluh darah berbentuk mangkuk disebut kapsula Bowman. Ujung nefron lainnya berakhir di saluran pengumpul, yang membawa urin ke bagian pelvis ginjal.



Gambar 4. Satu unit nefron difokuskan dari penampang membujur ginjal

Tubulus setelah kapsul Bowman terdiri atas tiga bagian, yaitu (1) tubulus proksimal (ada pada bagian korteks ginjal), (2) lengkung Henle berupa saluran yang memiliki lengkungan membawa filtrat ke bagian medula ginjal (dalam beberapa kasus) dan kembali lagi ke bagian korteks, serta (3) tubulus distal (dinamakan distal karena bagian ini merupakan bagian terjauh dari kapsula Bowman). Tubulus distal mengosongkan filtrat ke dalam saluran pengumpul, yang menerima filtrat dari banyak nefron. Melewati saluran pengumpul, filtrat selanjutnya menjadi urin. Dari berbagai saluran pengumpul, urin masuk ke bagian pelvis ginjal, dan selanjutnya ke ureter.

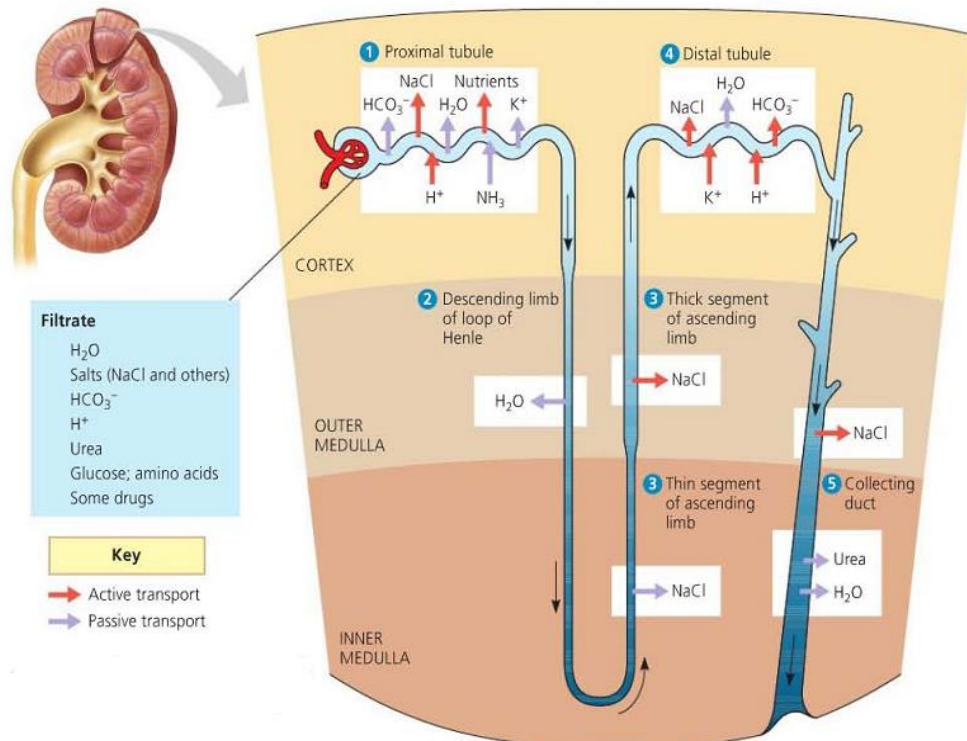
Kapsul Bowman menyelimuti kapiler darah berbentuk bola yang disebut glomerulus. Glomerulus bersama kapsul Bowman membentuk satu unit penyaring pada nefron. Di tempat ini, tekanan darah mendorong air dan zat-zat terlarut dalam darah di dalam kapiler glomerulus melewati dinding kapsula Bowman dan masuk ke saluran (tubulus) nefron. Proses itu menghasilkan filtrat, sel-sel darah dan molekul-molekul besar seperti protein plasma tetap berada di dalam kapiler. Proses pembentukan urin secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 5.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembentukan urin meliputi:

- Dalam keadaan normal urin tidak mengandung glukosa dan protein
- Diabetes melitus terjadi karena adanya glukosa dalam urin yang disebabkan kekurangan hormon insulin
- Banyak urin yang dikeluarkan tergantung dari banyaknya air yang diminum dan kadar HAD (Hormon Anti Diuretik).

Sebagai alat sistem ekskresi pada ginjal juga terjadi mekanisme osmoregulasi, yang tampak dari aktivitasnya sebagai berikut:

- Membuang zat-zat yang merugikan bagi tubuh, antara lain:
 - urea, asam urat, amoniak, kreatinin
 - garam anorganik
 - metabolit bakteri
 - kelebihan obat-obatan
- Membuang kelebihan gula dalam darah
- Membantu keseimbangan air dalam tubuh, yaitu mempertahankan tekanan osmotik ekstraseluler
- Mengatur konsentrasi garam dalam darah dan keseimbangan asam basa darah.



Campbell, Biology (2021)

Gambar 5. Mekanisme pembentukan urin pada ginjal

Pembelajaran mengenai struktur anatomi ginjal akan lebih baik bila menggunakan media ginjal asli sapi, domba, atau kambing sebagai model yang mirip dengan organ ginjal manusia, hingga diperoleh obyek pengamatan tiga dimensi yang baik. Sebagai variasi yang dapat meningkatkan pemahaman dan retensi ingatan, dapat juga dicobakan metode bermain peran (role playing), atau media game board dalam pembahasan pembentukan urin. Praktik pengamatan percontoh urin, sebagai produk dari kerja ginjal akan mengembangkan keterampilan proses ilmiah peserta didik. Hasil pengamatan tampilan fisik, nilai pH, deteksi keberadaan zat glukosa menggunakan reagen Benedict dan protein menggunakan reagen Biuret dari percontoh urin akan menjadi sumber data yang dianalisis oleh peserta didik.

Dalam pembelajaran, hal-hal yang menarik untuk dibahas dalam topik ginjal antara lain tentang “batu ginjal” dan “cuci darah”. Hal-hal tersebut dapat disinggung secara umum di sela pembahasan mengenai proses penyaringan darah di ginjal hingga menghasilkan urin. Batu ginjal terjadi karena endapan mineral kalsium atau magnesium atau asam urat yang kemudian mengkristal dan mengganggu atau bahkan menyumbat aliran di saluran ureter atau uretra. Cuci darah adalah upaya “menggantikan proses penyaringan darah” oleh ginjal yang rusak menggunakan alat dengan prinsip pemisahan zat kimia menggunakan muatan listrik.

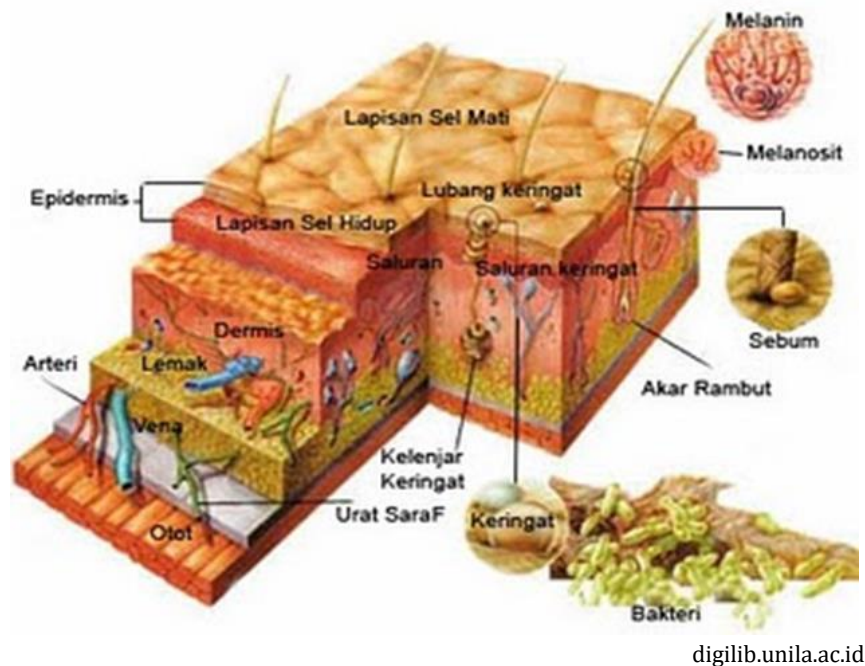
E. Kulit sebagai Pendukung Homeostasis Manusia

Kulit tersusun atas tiga lapisan, yaitu epidermis (lapisan luar/kulit ari), dermis (lapisan dalam/kulit jangat), dan hipodermis (jaringan ikat bawah kulit) (Gambar 6). Kelenjar keringat berada di lapisan dermis (kulit dalam), bersama dengan kelenjar minyak dan kantong rambut.

Pangkal kelenjar keringat berhubungan dengan pembuluh darah kapiler di lapisan dermis kulit manusia. Melalui proses osmosis dan difusi, kelenjar keringat akan menyerap air dan garam-garam dari darah dalam pembuluh-pembuluh kapiler tersebut. Sebelumnya, sistem saraf simpatis telah mengendalikan pelebaran pembuluh-pembuluh darah kapiler kulit hingga dinding pembuluhnya menipis dan lebih bersifat semipermeabel. Selanjutnya air garam dari dalam kelenjar keringat keluar tubuh melalui saluran yang berujung ke pori-pori kulit sebagai cairan keringat. Pada keadaan normal, keringat akan dihasilkan oleh kelenjar keringat sekitar 50 ml setiap jam.

Fungsi kulit antara lain melindungi tubuh terhadap gesekan, kuman, penyinaran, panas dan zat kimia dan menerima rangsang tekanan dari luar tubuh. Kulit berperan dalam homeostatis kadar air, mineral, dan suhu tubuh manusia. Lapisan tanduk pada bagian terluar kulit manusia berfungsi untuk membatasi penguapan air dari epidermis. Keringat yang dikeluarkan oleh kulit membuang kelebihan garam-garam (terutama NaCl) dan urea dari darah. Selain itu, penguapan keringat di permukaan kulit adalah upaya homeostatis untuk mendinginkan suhu tubuh setelah melakukan metabolisme sangat aktif, atau terpapar udara panas. Namun demikian, berkeringat juga menjadi salah satu respons terhadap kondisi psikologis tertentu, antara lain gugup atau takut.

Pada kondisi tertentu, yaitu bila aktivitas tubuh meningkat, suhu tubuh atau lingkungan tinggi, maupun goncangan emosi, keringat dapat dihasilkan lebih dari 50 ml per jam. Penguapan keringat di permukaan tubuh akan membantu menurunkan suhu tubuh, mengurangi zat sampah yang berlimpah dari aktivitas metabolisme tubuh yang tinggi, serta mengurangi ketegangan terhadap saraf simpatis akibat stress. Akan tetapi perlu untuk diperhatikan keseimbangan air dan garam-garam yang keluar sebagai keringat dengan pemasukan air dalam tubuh. Secara alami, bila tubuh kita mengeluarkan banyak keringat, maka pengeluaran dari ginjal berupa urin juga berkurang.



digilib.unila.ac.id

Gambar 6. Lapisan-lapisan kulit manusia

Kulit juga menjaga homeostatis suhu tubuh terhadap kondisi dingin. Jika suhu tubuh menurun, maka pembuluh-pembuluh darah kulit akan menyempit untuk mengurangi luas area penguapan keringat, dan rambut-rambut di permukaan kulit akan tegak, agar panas hasil metabolisme tubuh tetap terperangkap sedekat mungkin dengan permukaan kulit. Sistem saraf juga sering membuat rambut permukaan kulit tegak pada kondisi psikologis tercekam, untuk meningkatkan kewaspadaan.

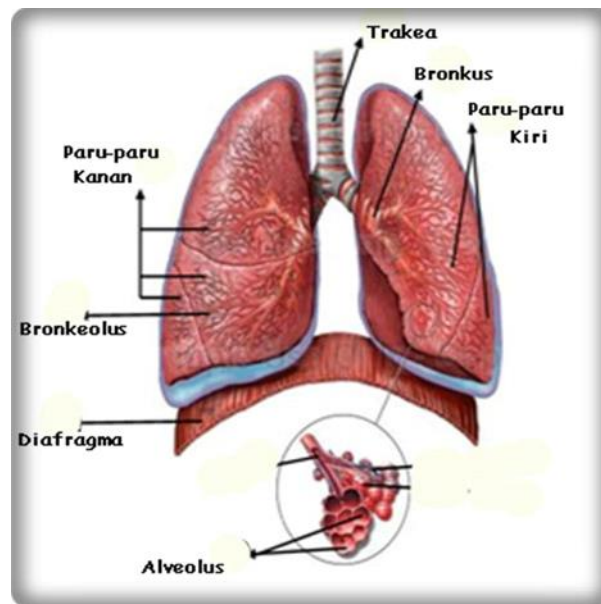
Selain menggunakan carta atau model tiga dimensi lapisan kulit, pembelajaran mengenai kulit sebagai perangkat homeostatis dapat diperkaya dengan membahas pengalaman sensasi rasa sejuk saat keringat menguap, fenomena “merinding” saat kedinginan, serta sensasi saat dua jari masing-masing dicelupkan beberapa lama ke dalam air dingin dan air panas, lalu ditukar secara tiba-tiba. Dalam pembahasan peristiwa-peristiwa tersebut diharapkan peserta didik mampu merefleksikan pemahamannya mengenai cara kerja kulit, khususnya dalam upaya homeostatis.

F. Paru-Paru sebagai Organ Pendukung Homeostatis Manusia

Sepasang organ paru-paru manusia terletak di rongga dada, dilindungi oleh tulang rusuk dan selaput pencegah kekeringan. Fungsi ekskresi organ paru-paru manusia adalah ketika mengeluarkan gas karbondioksida dan uap air sebagai sisa metabolisme penguraian gula menjadi energi. Perpanjangan dari tenggorokan (trachea) bercabang di dada menjadi bronki, yang menjadi awal saluran paru-paru kanan dan kiri. Setiap bronki akan bercabang-cabang seperti ranting pohon hingga ujung cabang terhalusnya (bronkiolus) membentuk gelembung-gelembung kantung udara berdinding tipis dan diliputi oleh pembuluh-pembuluh darah kapiler nadi dan vena, yang disebut alveolus. Kantung-kantung alveolus yang rapat dari banyak sekali bronkiolus itulah yang kemudian membentuk struktur gelambir organ paru-paru. Paru-paru sebelah kanan memiliki tiga gelambir dan paru-paru sebelah kiri memiliki dua gelambir (Gambar 7).

Gas karbondioksida dan uap air sebagai sisa dari metabolisme tubuh didifusikan ke dalam gelembung alveolus oleh pembuluh kapiler arteri pulmonalis yang menempel di dinding luar

gelembung. Gas-gas tersebut kemudian dihembuskan ke luar tubuh melalui hidung atau mulut. Untuk membuktikan bahwa paru-paru kita mengekskresikan uap air, bisa digunakan cermin yang akan diliputi embun (uap air yang kembali menjadi titik-titik air karena penurunan suhu) bila dihembuskan napas kita ke permukaannya. Gas karbondioksida terlarut dalam darah berbentuk ion karbonat yang bersifat asam. Dengan mengeluarkan karbondioksida, paru-paru menjaga homeostatis kadar keasaman darah. Kadar keasaman darah yang biasa dinyatakan dengan nilai pH juga mengatur kecepatan pernapasan oleh paru-paru. Makin asam kondisi darah, makin cepat pernapasan berlangsung. Adapun untuk pembuktian bahwa paru-paru mengekskresikan karbondioksida dapat dilakukan dengan menghembuskan napas ke dalam air kapur bening yang akan menjadi keruh, karena pembentukan endapan kapur putih Ca_2CO_3 .



Gambar 7. Ilustrasi paru-paru manusia

Polusi udara merupakan musuh utama yang dapat merusak organ paru-paru. Salah satu sumber polusi udara yang amat berbahaya di lingkungan kita disebabkan oleh rokok. Dampak buruk utama dari rokok terhadap kesehatan paru-paru kita adalah sebagai berikut:

- Asap rokok melumpuhkan rambut-rambut halus (silia) yang berfungsi menyaring udara yang keluar masuk paru-paru, sehingga kotoran dan kuman-kuman tetap menempel di dinding bronkiolus atau bahkan masuk ke dalam kantung alveoli sehingga menyebabkan penyakit.
- Zat-zat kimia dalam asap rokok banyak yang berbahaya bagi kesehatan perokok dan orang di sekitarnya, bahkan ada yang dapat menyebabkan kanker.
- Kantung-kantung alveoli yang sering terpapar zat kimia dari rokok akan menjadi rusak, mengkerut dan tidak dapat diisi lagi oleh udara.
- Zat kimia dari rokok, terutama tar, akan membentuk lapisan kerak di dinding alveolus, sehingga menghambat pertukaran gas dengan pembuluh kapiler.

Peserta didik dapat bertanya lebih lanjut mengenai lebih cepatnya hembusan napas setelah tubuh beraktivitas tinggi, misalnya berolahraga. Hal tersebut sebenarnya berkaitan dengan pembahasan sistem respirasi atau pernapasan. Dari topik ekskresi dapat dibahas bahwa semakin tinggi aktivitas tubuh, maka akan semakin banyak terjadi metabolisme penguraian gula menjadi energi. Semakin banyak terjadi metabolisme, berarti semakin banyak juga zat sisanya yang harus dikeluarkan dari tubuh.

G. Rangkuman

Osmosis adalah perpindahan air sebagai pelarut, dari bagian yang lebih sedikit zat terlarutnya (hipotonis) ke bagian yang lebih banyak zat terlarutnya (hipertonis) melalui selaput (membran) semipermeabel. Difusi adalah peristiwa perpindahan zat terlarut dari larutan dengan konsentrasi tinggi menuju larutan dengan konsentrasi rendah. Tekanan osmotik adalah tekanan yang diberikan oleh suatu larutan untuk menghentikan perpindahan pelarut melalui membran semipermeabel. Osmoregulasi adalah kemampuan makhluk hidup mengendalikan kelebihan atau kekurangan air berikut zat-zat terlarut di dalam cairan tubuhnya. Kestabilan kandungan air dan zat terlarut selama dan setelah mekanisme ekskresi diatur melalui osmoregulasi.

Ginjal adalah organ utama dalam sistem ekskresi manusia. Fungsi ginjal sebagai alat ekskresi adalah menyaring darah dari zat-zat yang berbahaya, tak berguna maupun berlebih, lalu mengeluarkannya sebagai urin dari tubuh manusia. Dengan fungsi tersebut, ginjal membantu tubuh dalam mempertahankan tekanan osmotik ekstraseluler dan mengatur konsentrasi garam serta keseimbangan asam-basa darah.

Sebagai bagian dari pengatur homeostatis, kulit membuang kelebihan air dan garam-garam hasil metabolisme tubuh melalui pengeluaran keringat. Pengeluaran keringat juga sangat berpengaruh dalam menurunkan suhu tubuh dan mengendurkan tegangan saraf simpatis. Sebaliknya, mekanisme penyempitan pembuluh darah dan penegakkan rambut di permukaan kulit akan menahan panas tubuh di saat kondisi dingin.

Sebagai bagian dari pengatur homeostatis, paru-paru membuang uap air dan karbondioksida hasil metabolisme tubuh melalui rongga hidung atau mulut. Polusi udara, antara lain yang disebabkan oleh rokok, dapat merusak organ paru-paru.

H. Latihan

Bagaimana peran sistem ekskresi dalam osmoregulasi manusia?

1. Apa pendapat anda terhadap seseorang yang terkandung glukosa atau asam amino dalam urinya?
2. Apa yang terjadi pada ginjal seseorang bila ia meminum air dalam jumlah yang sangat banyak dalam satu waktu yang pendek?
3. Apa yang terjadi bila keringat keluar secara berlebihan?
4. Apa pengaruh dari minuman isotonik yang banyak diiklankan sekarang ini sebagai “pengganti keringat”, dan apakah benar manfaat yang dijanjikannya?
5. Mengapa paru-paru disebut juga menjalankan fungsi ekskresi?
6. Bagaimana gas karbondioksida dan uap air masuk ke dalam kantung alveolus sebelum dikeluarkan melalui hidung atau mulut?

Berilah tanda silang pada huruf di depan pilihan jawaban yang tepat!

1. Berikut ini adalah hubungan yang tepat antara osmoregulasi dengan sistem ekskresi:
 - A. Osmoregulasi bagian dari sistem ekskresi
 - B. Sistem ekskresi bagian dari osmoregulasi
 - C. Osmoregulasi adalah ekskresi
 - D. Ekskresi adalah osmoregulasi

2. Perpindahan air sebagai pelarut, dari bagian yang lebih sedikit zat terlarutnya (hipotonis) ke bagian yang lebih banyak zat terlarutnya (hipertonis) melalui selaput (membran) semipermeabel dikenal dengan istilah....
 - A. difusi
 - B. osmosis
 - C. tekanan osmotik
 - D. ekskresi
3. Proses pembentukan urin manusia melibatkan komponen-komponen ginjal secara berurutan, yaitu....
 - A. kapsula Bowman – tubulus – glomerulus – saluran pengumpul
 - B. saluran pengumpul – glomerulus – tubulus – kapsula Bowman
 - C. glomerulus – kapsula Bowman – tubulus – saluran pengumpul
 - D. tubulus – saluran pengumpul – kapsula Bowman – glomerulus
4. Urin yang keluar dari proses reabsorpsi di tubulus kontortus proksimal disebut sebagai....
 - A. urin primer
 - B. urin sekunder
 - C. ureter
 - D. uretra
5. Zat yang **tidak** normal terkandung dalam urin seseorang antara lain adalah....
 - A. urea
 - B. asam amino
 - C. metabolit bakteri
 - D. kelebihan obat
6. Kelenjar keringat berada di kulit pada lapisan....
 - A. zat tanduk
 - B. epidermis
 - C. hipodermis
 - D. dermis
7. Fungsi pendingin suhu tubuh dari mekanisme pengeluaran keringat terjadi ketika....
 - A. keringat yang keluar tubuh mengandung urea.
 - B. keringat yang keluar tubuh mengandung garam.
 - C. cairan keringat yang keluar menguap di permukaan tubuh.
 - D. cairan keringat yang keluar diserap kembali oleh tubuh.
8. Zat yang diekskresikan oleh paru-paru adalah....
 - A. CaCO_3 dan uap air
 - B. CO_2 dan uap air
 - C. CaCO_3 dan H_2O
 - D. Zat-zat kimia berbahaya
9. Proses difusi dan osmosis zat yang akan diekskresikan oleh paru-paru terjadi di bagian....
 - A. bronkus
 - B. bronkiolus

- C. *trachea*
- D. *alveolus*

10. Pasangan yang **tidak tepat** antara zat yang diekskresikan dari tubuh dengan bagian tubuh yang mengekskresinya yaitu....
- A. kulit dengan larutan garam
 - B. paru-paru dengan uap air
 - C. ginjal dengan urea
 - D. anus dengan feses

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: STRUKTUR, FUNGSI DAN KERJA ORGAN-ORGAN PADA SISTEM PENCERNAAN MANUSIA

A. Pengantar

Manusia adalah makhluk hidup heterotrof, artinya tidak bisa menghasilkan sumber energi dan membuat bahan organik sendiri seperti tumbuhan yang bersifat autotrof. Organisme heterotrof memerlukan mekanisme penguraian tubuh makhluk hidup yang dimakannya hingga kembali menjadi komponen-komponen organik dasar, yang bisa digunakan sebagai sumber energi atau bahan penyusun tubuhnya sendiri. Komponen organik dasar itu tentunya memiliki ukuran molekul yang cukup kecil untuk dapat diserap masuk ke dalam sistem transportasi yang akan menyampaikannya ke seluruh bagian tubuh yang membutuhkan. Proses penguraian makanan menjadi sari-sari makanan atau zat organik dasar yang dapat diserap, diedarkan dan digunakan kembali itulah yang disebut sebagai proses pencernaan.

Setelah mempelajari bagian ini peserta diklat diharapkan dapat mengidentifikasi dan menjelaskan adanya keterkaitan antara struktur dan fungsi organ penyusun jaringan sistem pencernaan makanan manusia. Peserta juga dapat mengaitkan sistem pencernaan dengan sistem peredaran darah dan sistem pernapasan. Selain itu, peserta juga diharapkan bisa menguraikan beberapa penyakit yang menyebabkan gangguan sistem pencernaan.

Dalam menggunakan bahan ajar ini peserta diklat diharapkan aktif berdiskusi dengan fasilitator dan sesama peserta untuk menyamakan persepsi, juga memantapkan pemahaman terhadap istilah-istilah serta kaitan antar sistem atau mekanisme dalam topik yang dibahas. Pertanyaan-pertanyaan yang diberikan di akhir pembahasan materi pokok dapat membantu peserta diklat untuk lebih mudah mengevaluasi pemahaman terhadap materi.

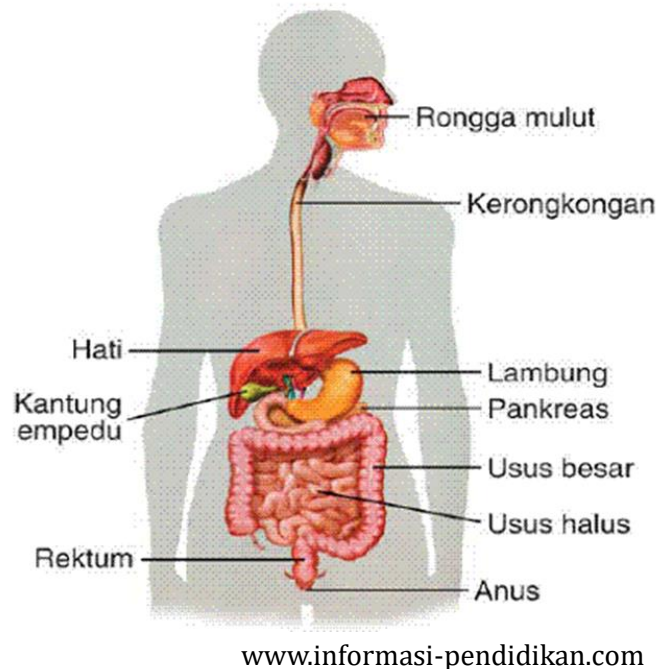
Akan lebih baik lagi bila peserta diberi media untuk diamati terlebih dahulu, misalnya menonton film proses pencernaan, melihat torso atau bahkan bila hanya ada carta yang menggambarkan susunan lengkap organ. Harus selalu diingat bahwa bila sedang mempelajari struktur dan fungsi alat tubuh manusia, pastikan peserta didik dapat memegang wilayah tempat organ itu berada untuk meningkatkan pemahaman, daya ingat dan pemahaman hubungan pembelajaran dengan kondisi disekitarnya atau hidupnya sehari-hari.

B. Tujuan

Kegiatan dalam pembelajaran ini bertujuan untuk membekali pengetahuan dan pemahaman guru agar mampu menyampaikan konsep keterkaitan antara struktur dan fungsi organ pada sistem pencernaan dalam pembelajaran di kelas. Setelah pembelajaran, peserta didik diharapkan dapat memahami cara kerja dan pentingnya sistem pencernaan dalam tubuh manusia.

C. Organ-organ Pencernaan

Manusia membutuhkan makanan yang diperoleh dari tumbuhan dan hewan. Oleh sebab itu, manusia digolongkan ke dalam kelompok omnivora. Pencernaan manusia dilakukan di luar sel, baik secara fisik maupun kimiawi menggunakan enzim-enzim pencernaan. Bisa dikatakan bahwa organ-organ sistem pencernaan manusia tersusun seperti selang panjang terbentang dari mulut hingga anus, dengan organ-organ tambahan penghasil enzim yang melekat di sekitarnya. Berikut ini diuraikan proses kronologis pada sistem pencernaan manusia yang melibatkan organ-organ penyusunnya.



Gambar 8. Organ pencernaan manusia

Mulut

Proses pencernaan manusia dimulai dalam rongga mulut. Dalam mulut ada seperangkat gigi yang menyobek, mengiris dan menumbuk makanan hingga lumut, dengan bantuan lidah untuk mengaduknya. Dalam mulut juga ada kelenjar penghasil air liur yang membasahi makanan dan membubuhi enzim amilase. Dengan enzim amilase, zat tepung dari makanan yang sudah bercampur air diurai menjadi molekul gula disakarida maltosa. Makanan lumut kemudian dibentuk menjadi bola-bola (bolus) yang siap ditelan masuk ke dalam kerongkongan.

Kerongkongan

Bolus makanan ditelan dengan masuk ke dalam pangkal kerongkongan (faring) dengan gerakan mendorong ke belakang (arah dorsal) oleh otot pangkal langit-langit mulut yang lembut. Gerakan otot mendorong ke belakang itu sekaligus menutup celah nasofaring, yang menghubungkan antara rongga hidung dan faring. Faring juga masih memiliki simpangan saluran terbuka dengan pangkal tenggorokan yang menuju ke paru-paru. Oleh karena itu, pada simpangan tersebut ada jaringan anak tekak (epiglottis) yang berfungsi sebagai portal penghalang makanan tersesat masuk ke tenggorokan. Selanjutnya bolus makanan masuk ke saluran kerongkongan menuju lambung dengan gerakan memijat perlahan ke depan (peristaltik). Kerongkongan adalah saluran sepanjang lebih kurang 25 cm, dan dipisahkan dengan organ lambung oleh otot yang melingkar erat sebagai katup, yaitu otot spingter. Normalnya, katup otot ini hanya terbuka beberapa detik ketika makanan mencapai ujung

posterior kerongkongan dan akan masuk ke dalam lambung. Bila otot springter ini terbuka sehingga isi lambung yang asam naik ke kerongkongan, akan terasa kerongkongan akan terasa panas. Otot springter juga akan dipaksa membuka bila ada tekanan kontraksi dari otot pembatas antara rongga dada dan rongga perut (diafragma), yaitu ketika seseorang akan muntah.

Lambung

Lambung adalah kantung pencernaan berdinding tebal berlapis-lapis, berbentuk huruf J, menyerong dari kiri atas ke kanan bawah. Bagian atas yang lebih besar disebut fundus dan bagian bawah yang menyempit disebut pilorus. Tiga lapis otot dinding lambung yang sejajar, melingkar dan menyerong berguna untuk membuat gerakan meremas-remas dan mengaduk makanan dalam lambung. Dinding dalam lambung yang berjonjot-jonjot juga menghasilkan asam klorida (HCl) kuat. Kondisi pH 2 akibat adanya asam klorida dapat membunuh kuman dalam makanan, menghentikan kerja enzim amilase dari ludah serta mengaktifkan kerja enzim pepsin yang mengurai protein menjadi pepton. Bagian dalam celah jonjot menghasilkan asam kuat dan enzim pepsin, sementara puncak jonjot menghasilkan lendir (mucus) yang melindungi lambung dari asam kuat tersebut. Infeksi oleh bakteri tahan asam *Helicobacter pylori* dapat menghentikan produksi lendir tersebut sehingga dinding dalam lambung luka terkena asam lambung, dan menimbulkan rasa perih atau panas. Perasaan tertekan (*stressed*) dapat memicu pengeluaran asam lambung berlebihan yang juga dapat melukai dinding lambung. Bubur kental makanan yang telah bercampur dengan asam dan enzim lambung disebut kim (*chyme*), dapat tersimpan selama 2 jam dalam lambung. Kim bergerak peristaltis sedikit demi sedikit ke ujung pilorus lambung menuju usus halus (intestine). Antara kantung lambung dan usus halus juga dibatasi oleh otot cincin springter, yang melindungi usus halus dari kondisi asam kuat lambung. Springter pilorus hanya membuka sesaat ketika kim akan masuk ke dalam usus halus.

Usus halus

Secara peristaltis, kim makanan kemudian menyusuri saluran pencernaan terpanjang, yaitu usus halus. Panjang usus halus manusia dewasa dapat mencapai 6 meter. Sepanjang sekitar 25 cm pertama dari usus halus disebut sebagai usus 12 jari atau duodenum. Di dalam duodenum ada saluran-saluran tempat masuknya cairan empedu yang diproduksi oleh hati, serta cairan basa natrium bikarbonat (NaHCO_3) yang dihasilkan oleh pankreas untuk menghilangkan kondisi asam dari lambung. Enzim-enzim pencernaan pada usus halus harus bekerja justru pada kondisi agak basa. Cairan empedu berfungsi untuk mengemulsi lemak makanan menjadi butir-butir kecil yang dapat tersebar dalam air, hingga mudah untuk terkena enzim lipase. Permukaan dalam usus halus berjonjot-jonjot (vili) dan tiap jonjotnya juga memiliki jonjot-jonjot lebih halus lagi seperti sikat (mikrovili), untuk memperluas bidang penyerapan zat sari-sari makanan. Dengan panjang sekitar 6 m dan jonjot yang berlapis, luas bidang penyerapan dinding usus halus bisa sebanding dengan luas sebuah lapangan tenis! Mikrovili mengeluarkan enzim amilase yang mengurai karbohidrat menjadi gula sederhana (antara lain glukosa dan fruktosa), enzim pepsin yang mengurai protein menjadi pepton, enzim tripsin yang mengurai pepton menjadi asam amino serta lipase yang mengurai lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Glukosa dan asam amino berdifusi ke dalam kapiler darah yang menempel di dinding usus halus, sementara asam lemak dan gliserol berdifusi ke dalam kapiler limfe yang disebut lakteal. Oleh pembuluh darah dan pembuluh limfe, sari-sari makanan tersebut diedarkan ke seluruh tubuh. Selanjutnya sisa makanan bergerak peristaltis menuju usus besar.

Hati, empedu dan pankreas

Sebagaimana yang telah diulas sebelumnya, di dalam bagian awal saluran usus halus, yaitu duodenum, kim makanan dicampur dengan zat-zat yang berasal dari tiga organ sumber, yaitu hati, empedu dan pankreas. Hati adalah organ pengolah dan penghasil zat kimia utama dalam tubuh, terletak di sebelah anterior kanan rongga perut manusia. Fungsi hati antara lain untuk memproduksi enzim-enzim, merombak sel darah merah mati, menampung vitamin A,D,E dan K yang berlebih, menyimpan cadangan gula dalam bentuk glikogen dan mengubahnya menjadi glukosa bila diperlukan, mengubah kolesterol dan asam amino menjadi glukosa dalam kondisi tubuh kehabisan glikogen, serta menetralisasi zat-zat kimia berbahaya hasil metabolisme tubuh sendiri maupun yang dari luar tubuh. Secara langsung, hati berkontribusi dalam pencernaan dengan menghasilkan cairan empedu dari perombakan sel darah merah. Cairan empedu tersebut kemudian ditampung dalam kantung empedu yang menempel pada hati. Kantung empedu dapat menampung hingga seliter cairan empedu. Ketika ada kim makanan yang masuk ke dalam duodenum, cairan empedu ditambahkan ke dalamnya untuk memecah lemak menjadi butiran-butiran yang teremulsi dalam air agar mudah diurai oleh enzim lipase. Sari-sari makanan yang telah berdifusi ke dalam kapiler pembuluh darah dinding usus halus kemudian dibawa ke hati melalui *vena porta hepatica*. Enzim-enzim dari hati antara lain menetralisasi sari makanan dari H_2O_2 hasil metabolisme protein maupun racun-racun yang mungkin ada serta menyimpan kelebihan asam lemak dan vitamin. Dalam hati juga terjadi perubahan glukosa yang berlebihan kadarnya menjadi glikogen (gula otot) dengan enzim insulin yang dihasilkan oleh pankreas. Secara tidak langsung, hati “memastikan keamanan” dari sari-sari makanan dalam darah yang masuk ke dalamnya, sebelum diedarkan ke seluruh tubuh. Pankreas adalah organ yang letaknya di sebelah posterior sebelah kiri dari hati. Pankreas berperan dalam pencernaan dengan mengalirkan cairan basa natrium bikarbonat ($NaHCO_3$) ke dalam kim yang memasuki duodenum untuk menetralkan kondisi asam dari lambung. Peran pankreas secara tidak langsung dalam pencernaan adalah menghasilkan hormon insulin untuk mengubah kelebihan glukosa dalam darah menjadi glikogen di hati.

Usus besar

Usus halus bertemu dengan ujung awal usus besar bagian sekum (*caecum*) yang memiliki bagian menjulur kecil seperti cacing, disebut usus buntu (*appendix*). Diameter usus besar dapat mencapai sekitar 6,5 cm, sedangkan panjangnya sekitar 1,5 m. Sisa makanan terus bergerak peristaltis memanjat sepanjang sekum, mencapai bagian mendatar jejunum dan akhirnya ke bagian menurun ilium (*ileum*). Penyerapan air dan mineral dari sisa makanan masih terjadi bila diperlukan melalui kapiler darah yang menempel di dinding usus besar. Dalam usus besar tidak lagi terjadi penguraian zat makanan oleh enzim dari tubuh, melainkan pembusukan oleh bakteri *Eschericia coli*. Ujung bagian ilium bersambung dengan rektum, yaitu saluran sepanjang sekitar 20 cm yang menampung sisa makanan yang sudah memadat dan “dibusukkan” oleh bakteri *Eschericia coli*. Melalui proses defekasi, sisa makanan tersebut kemudian dibuang keluar tubuh melalui anus.

D. Apa yang terjadi pada sari makanan di dalam sel?

Sari-sari makanan hasil pencernaan akan diantarkan oleh kapiler pembuluh darah pada sel-sel yang memerlukannya. Glukosa hasil sistem pencernaan dan oksigen yang diperoleh dari sistem pernapasan akan bereaksi kimia dalam sel menghasilkan energi, karbondioksida dan air. Energi yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan metabolisme lainnya dalam sel, antara lain pembuatan atau penyusunan asam amino, asam lemak dan gliserol menjadi organel sel, hormon atau enzim-enzim. Karbondioksida dan air akan diserap kapiler darah lalu berdifusi

masuk ke alveolus paru-paru, lalu dikeluarkan dari tubuh melalui sistem pernapasan. Semakin tinggi aktivitas seseorang, maka energi yang diperlukannya akan semakin besar. Glukosa dan oksigen yang diperlukan oleh seseorang yang beraktivitas tinggi akan sangat banyak dan proses pengubahannya menjadi energi akan menghasilkan karbondioksida dan air yang sangat banyak pula. Itulah sebabnya, semakin berat seseorang berolahraga maka makanan yang diperlukan akan semakin banyak dan pernapasannya akan semakin cepat.

E. Penyakit-penyakit yang mengganggu sistem pencernaan

Sistem pencernaan kita dapat terganggu oleh penyakit-penyakit berikut ini:

- *Penyakit-penyakit rongga mulut*, yaitu sariawan, karies gigi dan infeksi gigi (gingivitis)
- *Penyakit pencernaan akibat tekanan psikologis atau kondisi fisiologis*, misalnya sariawan, asam lambung yang berlebihan, kerja hati yang berlebihan karena kelelahan, gas berlebih dalam lambung karena kedinginan, sembelit, konstipasi (susah buang air besar) dan sebagainya.
- *Penyakit pencernaan akibat jenis makanan atau minuman*, misalnya diare akibat makanan pedas yang membuat gerak peristaltik lambung dan usus menjadi hiperaktif, makanan atau minuman yang merangsang produksi asam dan atau gas lambung yang banyak, misalnya kopi, buah-buahan tertentu, dan makanan yang mengandung minyak berlebihan.
- *Penyakit pencernaan akibat infeksi (gastroenteritis) oleh kuman yang terbawa dalam makanan atau minuman*, misalnya diare, muntaber, disentri, tipus dan kolera yang menyerang organ usus. Bakteri *Helicobacter pylori* yang tahan terhadap kondisi sangat asam juga dapat menimbulkan infeksi lambung.
- *Penyakit cacingan*, yaitu hidupnya cacing-cacing pemakan sari makanan (cacing gelang dan kremi) di usus dan hati (cacing pita) atau menghisap darah dari dinding usus (cacing tambang). Cacing masuk dalam bentuk telur ke dalam saluran pencernaan dari tangan dan makanan yang tercemar
- *Penyakit batu empedu*, akibat pola makan tinggi lemak dan kolesterol atau kelebihan mineral tertentu (misalnya kalsium).

F. Rangkuman

Tujuan dari pencernaan adalah menghasilkan sari makanan berupa zat-zat nutrisi yang dapat diserap oleh pembuluh darah dan pembuluh limfe, untuk kemudian diedarkan ke seluruh tubuh.

Pada manusia, terdapat sistem pencernaan ekstra seluler yaitu di dalam rangkaian organ-organ membentuk saluran panjang mulai dari rongga mulut hingga anus. Organ-organ tersebut adalah:

- Mulut
- Kerongkongan
- Lambung
- Usus halus
- Usus besar
- Anus

Selain organ-organ utama saluran pencernaan tersebut di atas, organ-organ hati, empedu dan pankreas yang juga memiliki peran langsung dan tidak langsung dalam proses pencernaan.

Glukosa, asam amino, asam lemak, gliserol, vitamin dan mineral diserap oleh pembuluh darah dan disampaikan pada tiap sel untuk diproses untuk menghasilkan energi, membentuk enzim dan hormon serta membangun komponen sel.

Penyakit-penyakit yang bisa mengganggu sistem pencernaan dapat disebabkan oleh kondisi fisiologis, jenis makanan yang kita makan maupun infeksi akibat kuman dari makanan atau minuman yang kita makan.

G. Latihan/Kasus/Tugas

1. Urutkanlah organ-organ yang terlibat dalam pencernaan manusia sejak awal proses hingga akhir!
2. Produk dari sistem pencernaan adalah....
 - a. Enzim-enzim untuk mencerna makanan
 - b. Molekul nutrisi yang diserap pembuluh darah
 - c. Hormon-hormon yang mengatur tubuh
 - d. Makanan yang kita makan
3. Hubungan manakah yang tidak benar?
 - a. Mulut – pencernaan karbohidrat
 - b. Kerongkongan – pencernaan protein
 - c. Lambung – penyimpan makanan
 - d. Hati – menghasilkan empedu
4. Sebagian besar hasil pencernaan akan diserap oleh tubuh di bagian...
 - a. Lapisan berlendir kerongkongan.
 - b. Bagian jonjot-jonjot dinding dalam lambung.
 - c. Bagian seperti sikat pada dinding dalam usus halus.
 - d. Permukaan dalam usus halus yang rata.
5. Proses apakah yang terjadi terhadap hasil pencernaan di dalam sel?
 - a. Glukosa bereaksi dengan karbondioksida menjadi energi.
 - b. Asam amino dan asam lemak disusun menjadi organel sel.
 - c. Glukosa direaksikan menjadi energi, oksigen dan air.
 - d. Asam lemak dan gliserol langsung diubah menjadi sumber energi.

H. Kunci Jawaban

1. Terdapat dalam rangkuman
2. b
3. a
4. c
5. b

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: PENTINGNYA PENCERNAAN BAGI PERNAPASAN, PEREDARAN DARAH DAN PENGGUNAAN ENERGI MAKANAN

A. Tujuan

Kegiatan dalam pembelajaran ini bertujuan untuk membekali peserta diklat pengetahuan dan pemahaman agar mampu menyampaikan konsep keterkaitan antara sistem pencernaan dengan sistem pernapasan, sistem peredaran darah, dan penggunaan energi makanan.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

Setelah mempelajari bagian ini peserta diklat diharapkan dapat menjelaskan dan memberikan contoh keterkaitan antara sistem pencernaan, pernapasan dan peredaran darah serta penggunaan energi makanan.

C. Uraian Materi

Sistem pencernaan saling bergantung dengan sistem transporasi. Organ-organ sistem pencernaan tersusun dari sel-sel otot-otot (kebanyakan otot polos) yang harus mendapatkan zat-zat hasil metabolisme lainnya untuk dapat hidup dan berkontraksi. Jaringan-jaringan penyusun organ-organ pencernaan bahkan tidak dapat menyerap sendiri begitu saja sari-sari makanan dari usus halus. Semua harus terdistribusi melalui sistem transporasi, yaitu diserap terlebih dahulu ke pembuluh darah dan limfe. Sebaliknya, hasil pencernaan yang buruk, misalnya terlalu banyak lemak, asam urat, vitamin, zat alkaloid tertentu atau bahkan racun yang terserap dalam pembuluh darah akan menghambat aliran darah atau bahkan membunuh jaringan darah.

Sistem pernapasan menjamin ketersediaan oksigen bagi sel-sel yang terlibat dalam sistem pencernaan. Bila tidak ada oksigen, sel-sel akan mati dan organ pencernaan secara keseluruhan juga akan mati. Sistem pernapasan yang tak berfungsi juga menyebabkan darah kelebihan karbonat akibat penumpukan buangan karbondioksida hasil metabolisme zat gula yang disuplai sistem pencernaan. Pencernaan tidak akan dapat terjadi. Hasil pencernaan berupa gula akan dioksidasi dalam sel tubuh dengan menggunakan gas oksigen yang dihirup sistem pernapasan. Semakin tinggi aktivitas tubuh, semakin banyak energi yang diperlukan, semakin banyak sari makanan hasil pencernaan yang digunakan, semakin tinggi aktivitas metabolisme sel yang memerlukan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida, sehingga semakin banyak kita harus menghirup dan mengeluarkan udara ketika bernapas. Kita akan semakin cepat bernapas, bahkan tersengal-sengal.

D. Aktivitas Pembelajaran

Langkah 1:

Diskusikan dalam kelompok mengenai dialog berikut ini dan tuliskanlah pertanyaan-pertanyaannya yang bisa muncul berikut jawabannya di atas kertas plano.

Rano: "Hah...hah....hah..." (terengah-engah, napasnya sangat cepat) "Horeee...!!! Aku menang lagi lomba lari denganmu, Bobi!"

Bobi: (juga terengah-engah, napasnya cepat) "Iya, larimu sangat cepat, Rano...! Apalagi saya memang tidak sarapan tadi pagi...Jadi lebih lemas!"

Rano: "Aku makan nasi goreng dengan tomat dan telur mata sapi tadi pagi. Minumnya teh susu kesenanganku. Malah tepat mau berangkat tadi aku juga minum sesendok madu lho! Jadi aku kenyang dan kuat. Jangan lupa untuk selalu mengisi perutmu, Bobi! Apalagi kalau mau banyak bergerak."

Bobi: "He...he...he...Iya ya...untung aku tidak pingsan...Ayo kita ke pinggir lapangan dulu, Roni... Kita istirahat sampai napas kita normal lagi!"

Contoh pertanyaan:

1. Mengapa makan bisa membuat kuat?
2. Mengapa sehabis berlari Rano dan Bobi terengah-engah, bernapas dengan cepat?
3. Bagaimana hubungan antara pencernaan dan pernapasan?

Langkah 2:

Presentasikan dan bahaslah hasil dari diskusi tiap-tiap kelompok di kelas.

Langkah 3:

Berdiskusilah kembali di tingkat kelas untuk mengidentifikasi makanan apa saja yang cocok untuk dikonsumsi oleh atlet dan kapan sebaiknya makanan atau minuman tersebut dimakan atau diminum.

Langkah 4:

Sepakati dan tulislah kesimpulan bersama kelas anda mengenai keterkaitan antara sistem pencernaan dengan sistem pernapasan.

E. Rangkuman

Sistem organ pencernaan, peredaran darah dan pernapasan saling berkaitan erat. Glukosa hasil pencernaan makanan akan diedarkan ke seluruh sel tubuh oleh sistem peredaran. Di dalam sel, glukosa dioksidasi menjadi energi yang menjadi sumber tenaga seluruh metabolisme sel. Gas oksigen yang diperoleh dari sistem pernapasan dan menghasilkan karbondioksida yang dikeluarkan juga oleh sistem pernapasan. Lalu lintas masuk dan keluarnya gas oksigen dan karbondioksida ke dalam dan keluar sel berada berada dalam sistem peredaran.

F. Latihan/Kasus/Tugas

Berdiskusilah kembali di tingkat kelas atau kelompok untuk mengidentifikasi penyakit diabetes melitus dihubungkan dengan sistem pencernaan, peredaran dan pernapasan.

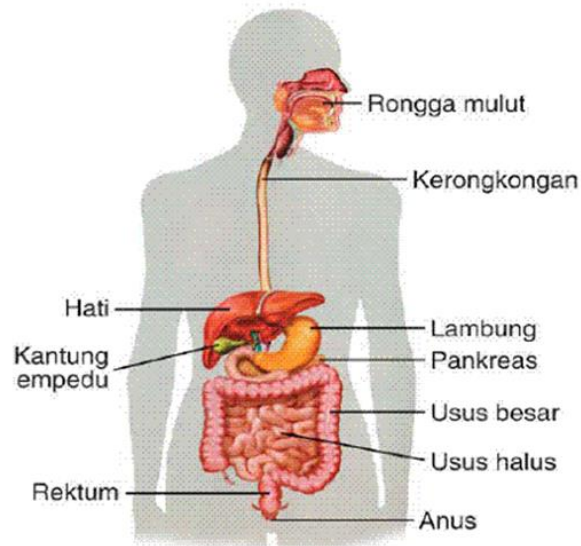
G. Kunci Jawaban

Hasil diskusi setidaknya harus terdiri dari: penyebab diabetes melitus dan gangguan gejala diabetes melitus terhadap sistem pencernaan, peredaran dan pencernaan.

SOAL EVALUASI

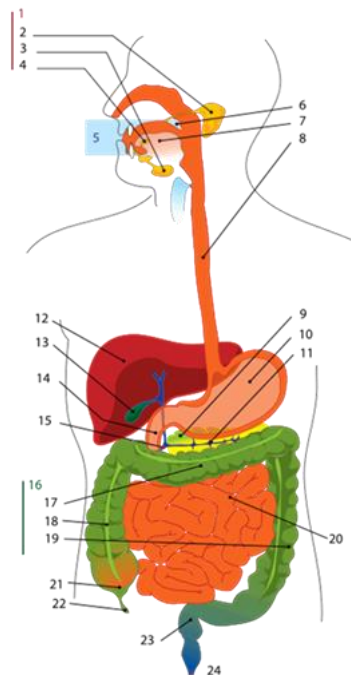
1. Kebutuhan kalori minimal bagi yang dibutuhkan setiap orang ditentukan oleh
 - a. Usia, berat badan, tinggi badan
 - b. Usia, jenis kelamin, aktivitas
 - c. Berat badan, tinggi badan, aktivitas
 - d. Usia, berat badan, aktivitas
2. Tumis buncis dalam menu makan siang terutama merupakan sumber...bagi tubuh.
 - a. Lemak
 - b. Vitamin
 - c. Karbohidrat
 - d. Protein
3. Makanan yang dapat menjadi bagian puncak dari piramida makanan seimbang antara lain....
 - a. Roti tawar
 - b. Mie goreng
 - c. Sayur bayam
 - d. Tempe goreng
4. Tujuan dari proses pencernaan adalah....
 - a. Mengubah ukuran dan bentuk fisik makanan sehingga bisa diserap tubuh
 - b. Mengubah jenis dan bentuk fisik makanan sehingga bisa diserap tubuh
 - c. Mengubah ukuran dan bentuk kimiawi makanan sehingga bisa diserap tubuh
 - d. Mengubah jenis dan bentuk kimiawi makanan hingga bisa diserap tubuh
5. Proses pencernaan yang terjadi dalam tubuh manusia terjadi secara fisik dan kimiawi. Contoh yang tepat terkait dengan pernyataan tersebut yaitu....
 - a. Dalam mulut terjadi pencernaan makanan secara fisik dan kimiawi.
 - b. Dalam kerongkongan terjadi pencernaan makanan secara fisik dan kimiawi
 - c. Dalam usus halus terjadi pencernaan makanan secara fisik dan kimiawi
 - d. Dalam usus besar terjadi pencernaan makanan secara fisik dan kimiawi.
6. Dua organ yang semuanya berfungsi dalam proses pencernaan lemak pada sistem pencernaan manusia yaitu....
 - a. Lambung dan pankreas
 - b. Lambung dan usus halus
 - c. Usus halus dan empedu
 - d. Usus halus dan usus besar
7. Berikut ini adalah bukti bahwa sistem pernapasan secara tidak langsung berkaitan dengan sistem pencernaan, kecuali....
 - a. Mengeluarkan oksigen hasil metabolisme glukosa
 - b. Mengeluarkan karbondioksida hasil metabolisme glukosa
 - c. Memasukkan oksigen untuk metabolisme glukosa
 - d. Mengeluarkan air hasil metabolisme glukosa

8. Perhatikan organ-organ yang membentuk saluran pencernaan manusia di bawah ini! Organ-organ yang tidak melakukan gerak peristaltik untuk memasukkan bolus makanan yang akan dicerna yaitu....
- Mulut dan kerongkongan
 - Kerongkongan dan lambung
 - Usus halus dan usus besar
 - Mulut dan anus



www.informasi-pendidikan.com

9. Perhatikan organ-organ sistem pencernaan berikut! Organ yang menghasilkan enzim dalam keadaan lingkungan asam ditandai dengan nomor...
- 2
 - 8
 - 10
 - 20



<http://hedisasrawan.blogspot.co.id>

10. Pilihan yang tepat yang merupakan hubungan antara makanan, enzim pencernaan dan hasil pencernaannya dari tabel berikut yaitu...

No.	Zat makanan	Tempat pencernaan	Enzim	Hasil cerna
A.	Karbohidrat	Mulut	Ptialin	Maltosa
B.	Protein	Lambung, usus halus	Pepsin	Asam amino
C.	Lemak	Lambung, usus halus	Lipase	Asam lemak dan gliserol
D.	Karbohidrat	Lambung, usus halus	Amilase	Glukosa

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, N.A., dkk., 2021, *Biology*, 12th edn, San Francisco:Benjamin Cummings.
- E. Jensen-Jarolim (ed.), 2014, *Comparative Medicine*, Wina: Springer-Verlag.
- Hendriyani, Y., 2000, *Osmoregulasi*, Bandung:PPPPPTK IPA.
- Kimball, J.W., 1995, *Biologi*, Jilid 2, Bandung:Erlangga
- Martini, Frederic., 2001, *Fundamentals of Anatomy & Physiology*, New Jersey:Prentice Hall

KUNCI JAWABAN EVALUASI

1. B
2. B
3. C
4. A
5. B
6. D
7. C
8. B
9. D
10. D

