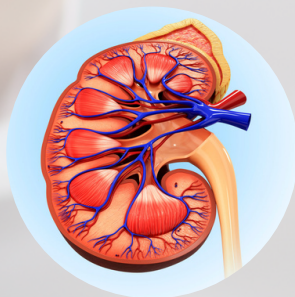
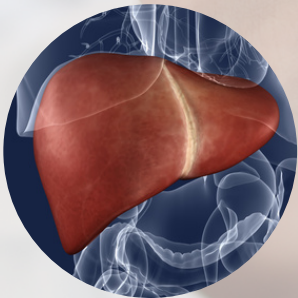
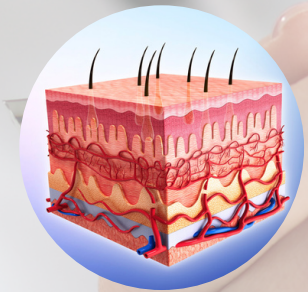


E-Modul Biologi

SISTEM EKSKRESI MANUSIA

Berbasis Socio-Scientific-Issue



Penulis:
DINA ITSMIDATUZZARQO

Kelas
XI
Semester 2

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT. atas rahmat dan hidayah-Nya, E-Modul berbasis *Socio-Scientific-Issue* (SSI) materi sistem ekskresi manusia ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pembelajaran biologi tidak akan lepas dari kegiatan, keterampilan, memahami, menganalisis serta melihat secara langsung. Menguasai pelajaran biologi dengan baik dan bisa menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari tentulah menjadi idaman. Namun seringkali menemui hambatan dalam mempelajarinya. Menurut *US-based Partnership for 21st Century Skills* (P21), pembelajaran abad ke-21 harus menekankan pada empat kompetensi yaitu berpikir kritis (*critical thinking*), kreativitas (*creativity*), komunikasi (*communication*), dan kolaborasi (*collaboration*) serta peserta didik dituntut untuk mampu menguasai teknologi informasi.

Untuk memenuhi hal tersebut, penyusun membuat bahan ajar berupa elektronik modul (e-modul) yang dipadukan dengan pembelajaran berbasis *Socio-Scientific-Issue* (SSI) untuk digunakan oleh peserta didik dalam memperkuat pemahamannya secara mandiri terhadap materi sistem ekskresi manusia.

E-modul berbasis *Socio-Scientific-Issue* (SSI) materi sistem ekskresi manusia ini tentu masih belum sempurna, maka dari itu kedepannya diharapkan akan terus konsisten dilakukan upaya dan inovasi agar pembuatan E-modul selanjutnya bisa lebih baik lagi. Semoga adanya E-modul ini dapat berkontribusi untuk kemajuan pendidikan di Indonesia.

Cirebon, Maret 2024

Penyusun

DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	i
Daftar Isi.....	ii
Daftar Gambar.....	iii
Daftar Tabel.....	iv
Pendahuluan.....	v
Peta Konsep.....	vi
Petunjuk Umum Penggunaan E-Modul.....	vii
Kegiatan Pembelajaran 1 : Struktur dan Fungsi Organ Sistem Ekskresi Manusia	1
A. Pengertian Sistem Ekskresi Manusia.....	1
B. Organ Sistem Ekskresi Manusia.....	2
Rangkuman.....	18
Ayo Kerjakan.....	19
Tes Formatif.....	21
Kegiatan Pembelajaran 2 : Gangguan dan Teknologi yang berhubungan dengan Sistem Ekskresi	22
A. Gangguan Sistem Ekskresi.....	22
B. Teknologi Sistem Ekskresi.....	27
Rangkuman.....	30
Ayo Kerjakan.....	31
Tes Formatif.....	34
Daftar Pustaka.....	35
Glosarium.....	37
Penilaian.....	40
Profil Penulis.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	3
Gambar 1.2	3
Gambar 1.3	5
Gambar 1.4	5
Gambar 1.5	7
Gambar 1.6	8
Gambar 1.7	11
Gambar 1.8	12
Gambar 1.9	13
Gambar 1.10	13
Gambar 1.11	14
Gambar 2.1	23
Gambar 2.2	24
Gambar 2.3	24
Gambar 2.4	25
Gambar 2.5	26
Gambar 2.6	26
Gambar 2.7	27
Gambar 2.8	28
Gambar 2.9	29
Gambar 2.10	29

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	17
------------------------	----

PENDAHULUAN

Identitas Modul

Mata Pelajaran : Biologi
Alokasi Waktu : 2 JP (2 x 45 menit)
Materi pembelajaran : Sistem Ekskresi

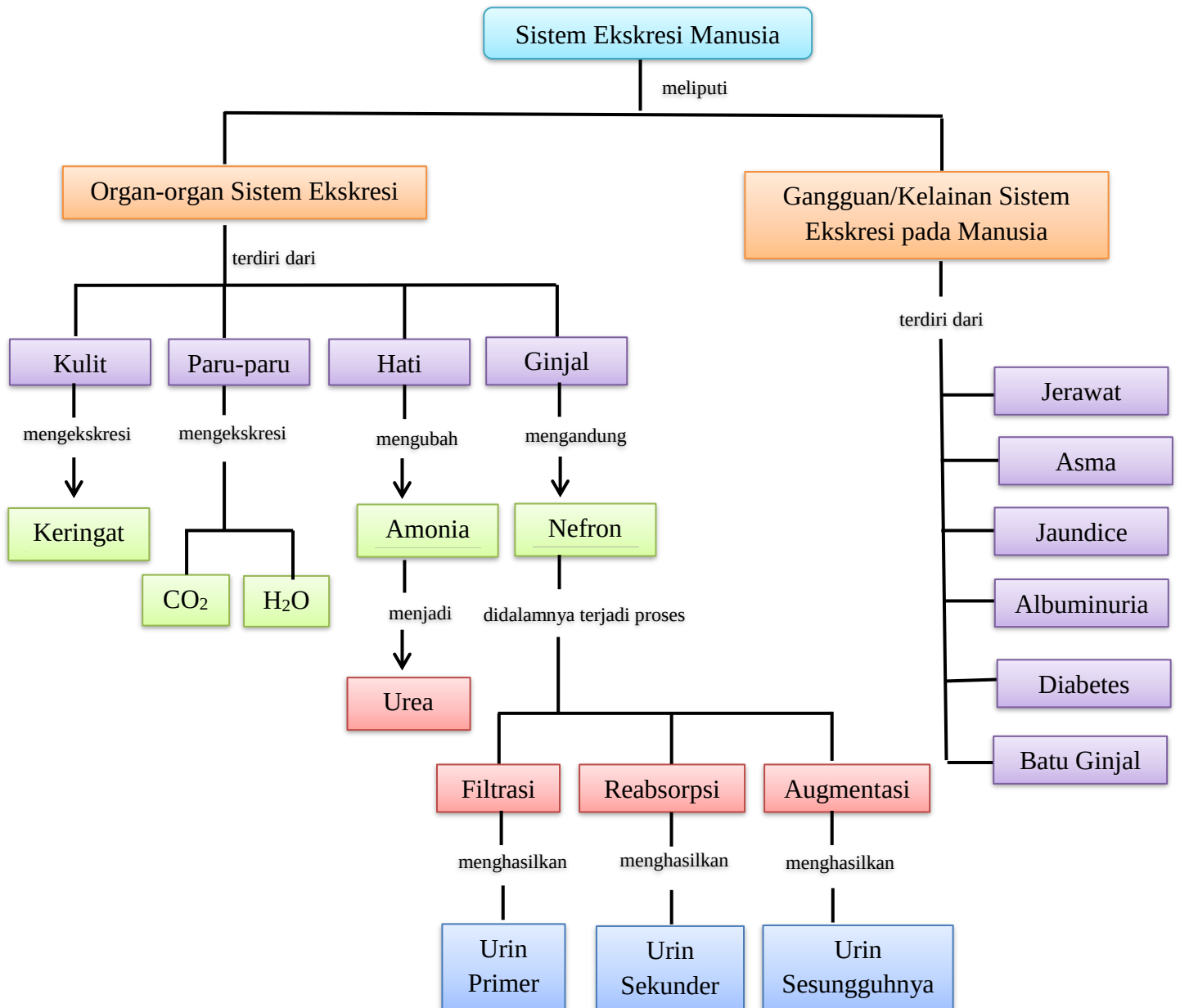
Pemetaan Kompetensi

	Kompetensi dasar	Indikator
3.9	Menganalisis hubungan antara struktur jaringan penyusun organ pada sistem ekskresi dalam kaitannya dengan bioproses dan gangguan fungsi yang dapat terjadi pada sistem ekskresi manusia.	1. Menyebutkan organ pada sistem ekskresi manusia. 2. Menganalisis hubungan antara struktur dan fungsi penyusun organ ekskresi pada manusia. 3. Menjelaskan mekanisme pembentukan urine pada manusia. 4. Menjelaskan faktor yang mempengaruhi produksi urine. 5. Menganalisis pengaruh pola hidup terhadap kelainan pada struktur dan fungsi organ yang menyebabkan gangguan pada sistem ekskresi manusia.
4.9	Menyajikan hasil analisis pengaruh pola hidup terhadap kelainan pada struktur dan fungsi organ yang menyebabkan gangguan pada sistem ekskresi serta kaitannya dengan teknologi.	Menyajikan hasil analisis kelainan dan penyakit yang menyebabkan gangguan pada sistem ekskresi.

Kata Kunci

- Sistem Ekskresi
- Kulit
- Paru-paru
- Hati
- Ginjal

PETA KONSEP SISTEM EKSRESI



PETUNJUK UMUM PENGGUNAAN E-MODUL



Supaya berhasil mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan, maka ikuti petunjuk-petunjuk berikut:

- Sebelum belajar silahkan untuk berdo'a dan mempersiapkan diri terlebih dahulu.
- E-Modul ini dapat diakses dengan menuliskan HTML atau link E-Modul di Browser yang ada di laptop, komputer atau smartphone kalian.
- Baca dan pahami seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran yang terdapat didalam e-modul ini secara berurutan dan cermat.
- Ikuti langkah-langkah belajar pada lembar kerja dengan runtut sesuai intruksi yang diberikan.
- Untuk menunjang proses belajar, kalian harus menggunakan koneksi internet.
- Kalian dapat menggunakan barcode yang tertera melalui google untuk mengakses *QR code* yang terdapat didalam E-modul.
- Setelah memahami materi dan belajar dengan mengerjakan lembar kerja dengan baik, silahkan melanjutkan dengan mengerjakan soal-soal yang ada didalam e-modul ini dengan baik. Kalian dapat mengerjakan soal-soal tersebut dengan meng-klik link soal yang akan mengarahkan langsung kehalaman google form atau anda dapat melakukan scan *QR code* yang sudah tertera.
- Apabila dalam menggunakan E-modul ini terdapat kendala, silahkan untuk bertanya kepada guru yang mengajar.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

STRUKTUR DAN FUNGSI ORGAN SISTEM EKSKRESI MANUSIA

TUJUAN PEMBELAJARAN

- 1) Mampu menyebutkan organ pada sistem ekskresi.
- 2) Mampu menganalisis hubungan antara struktur dan fungsi penyusun organ ekskresi pada manusia.
- 3) Mampu menjelaskan mekanisme pembentukan urine pada manusia.
- 4) Mampu menjelaskan faktor yang mempengaruhi produksi urine.

APERSEPSI

Benarkah vape lebih aman dibandingkan dengan rokok?



Kemukakan pendapatmu melalui link berikut ini.

<https://forms.gle/HYRoccBVVsxmY6Ab7>

URAIAN MATERI

A. Pengertian Sistem Ekskresi Manusia

Ekskresi adalah proses pengeluaran zat sisa metabolisme yang sudah terakumulasi dalam tubuh agar kesetimbangan tubuh tetap terjaga. Sistem ekskresi merupakan hal yang pokok dalam homeostasis karena sistem ekskresi tersebut membuang limbah metabolisme dan merespon terhadap ketidakseimbangan cairan tubuh dengan cara mengekskresikan ion-ion tertentu sesuai kebutuhan. Sistem ekskresi adalah sistem yang berperan dalam proses pembuangan zat-zat yang sudah tidak diperlukan (zat sisa) ataupun zat-zat yang membahayakan bagi tubuh dalam bentuk larutan. Ekskresi terutama berkaitan dengan pengeluaran-pengeluaran senyawa-senyawa nitrogen.

Makhluk hidup menghasilkan zat-zat sisa yang harus dikeluarkan. Zat ini dapat menjadi racun (toksik) jika tidak dikeluarkan oleh tubuh. Proses pengeluaran zat sisa dari tubuh antara lain sekresi, ekskresi, dan defekasi. **Sekresi** merupakan suatu proses pengeluaran zat yang berbentuk cairan oleh sel-sel dan kelenjar. **Ekskresi** merupakan proses pengeluaran zat sisa metabolisme dari tubuh yang sudah tidak dapat digunakan

lagi seperti pengeluaran urine, keringat, dan CO₂ dari tubuh. **Defekasi** merupakan proses pengeluaran feses dari tubuh.

Setiap hari tubuh kita menghasilkan kotoran dan zat-zat sisa dari berbagai proses tubuh. Agar tubuh kita tetap sehat dan terbebas dari penyakit, maka kotoran dan zat-zat sisa dalam tubuh kita harus dibuang melalui alat-alat ekskresi. Jadi, Sistem ekskresi adalah proses pengeluaran zat-zat sisa hasil metabolisme yang sudah tidak digunakan lagi oleh tubuh. Sedangkan kebalikan dari sistem ini adalah sistem sekresi yaitu proses pengeluaran zat-zat yang berguna bagi tubuh. Organ-organ sistem ekskresi manusia berupa Kulit, Paru-paru, Hati dan Ginjal.

B. Organ Sistem Ekskresi Manusia

Pada sistem ekskresi manusia, sisa-sisa metabolisme diserap dari darah, kemudian diproses dan akhirnya dikeluarkan lewat organ-organ ekskresi. Berikut akan di jelaskan Organ-organ ekskresi manusia, antara lain:

1. Kulit

Seluruh permukaan tubuh terbungkus oleh lapisan tipis yang sering kita sebut kulit. Kulit merupakan benteng pertahanan tubuh kita yang utama karena berada di lapisan anggota tubuh yang paling luar dan berhubungan langsung dengan lingkungan sekitar. Kulit (Integumen) menjadi organ terbesar dan terluas yang ada pada tubuh manusia. Selain menjadi organ yang terluas dan terbesar, kulit juga termasuk organ yang memiliki beberapa fungsi atau tugas yang dilakukan bagi tubuh manusia. Sebagai organ sistem ekskresi, kulit berfungsi untuk mengeluarkan keringat yang mengandung urea, air, dan garam-garam mineral sebagai bentuk regulasi suhu tubuh yang berkaitan dengan sistem koordinasi manusia (sistem saraf) dikarenakan kulit juga mengandung pembuluh darah.

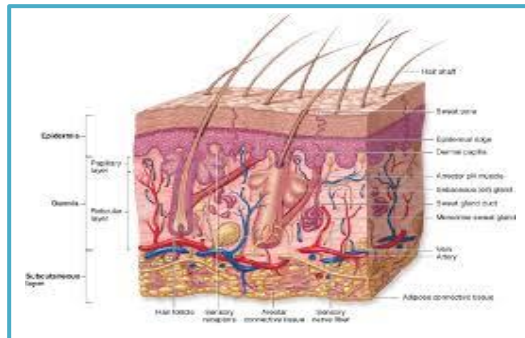
Tahukah kamu?

Menurut Sanjaya *et al.* (2023) Kulit adalah organ tubuh terbesar dengan total sekitar 15% dari total berat badan orang. Apabila direntangkan, luas kulit dapat mencapai 1,7 sampai 19 m pada orang dewasa.

Kontroversi Merkuri

a. Susunan Kulit

Kulit tersusun atas tiga lapisan, yaitu epidermis (lapisan luar/kulit ari), dermis (lapisan dalam/kulit jangat) dan hipodermis (jaringan ikat bawah kulit).

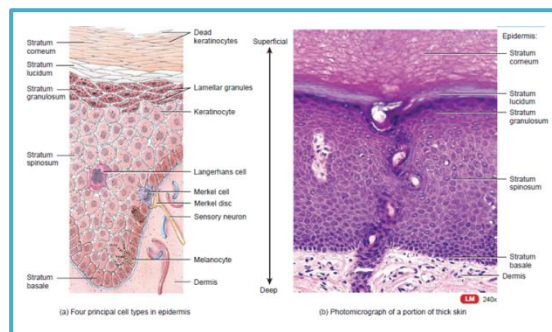


Gambar 1.1. Lapisan kulit

Sumber: Mescher AL., 2010

1) Epidermis

Lapisan epidermis terdiri atas stratum corneum, stratum lucidum, stratum granulosum, stratum spinosum, dan stratum basale. Stratum corneum tersusun dari sel-sel mati dan selalu mengelupas. Stratum lucidum tersusun atas sel-sel yang tidak berinti dan berfungsi mengganti stratum corneum. Stratum granulosum tersusun atas sel-sel yang berinti dan mengandung pigmen melanin. Stratum basale tersusun atas sel-sel yang selalu membentuk sel-sel baru ke arah luar.



Gambar 1.2. Lapisan-lapisan Epidermis

Sumber: Mescher AL., 2010

Lapisan epidermis kulit dari yang terluar hingga terdalam yaitu stratum corneum, stratum lucidum, stratum granulosum, stratum spinosum, dan stratum basale.

- *Stratum corneum*, merupakan lapisan terluar yang tersusun atas sel tanduk dan keratin yang terbuat dari keratinosit yang sudah mati. *Stratum corneum* tersusun atas 20-30 lapisan sel dan memiliki ketebalan yang bervariasi.

- *Stratum lucidum*, merupakan lapisan tipis dan transparan yang tersusun atas eleidin yang merupakan hasil transformasi dari keratohialin. *Stratum lucidum* tersusun atas 2-3 lapisan sel. Lapisan *stratum lucidum* terdapat pada kulit telapak tangan dan kaki.
- *Stratum granulosum*, tersusun atas 3-5 lapisan sel. Lapisan *stratum granulosum* terdiri atas sel-sel berbentuk seperti berlian yang memiliki *granula keratohialin* dan *granula lamela*.
- *Stratum spinosum*, tersusun dari beberapa lapis sel di atas *stratum basale*. Sel pada lapisan ini berbentuk polihedris dengan inti bulat/lonjong. Sel-sel *spinosum* saling terikat dengan filamen; filamen ini memiliki fungsi untuk mempertahankan kohesivitas (kerekatan) antar sel dan melawan efek abrasi. Dengan demikian, sel-sel *spinosum* ini banyak terdapat di daerah yang berpotensi mengalami gesekan seperti telapak kaki.
- *Stratum basale/germinativum*, merupakan lapisan paling bawah pada epidermis, tersusun dari selapis sel-sel pigmen basal, berbentuk silindris dan dalam sitoplasmanya terdapat melanin. Pada lapisan *basale* ini terdapat sel-sel mitosis yang aktif melakukan pembelahan sehingga menghasilkan banyak sel-sel baru setiap hari. Sel-sel tersebut akhirnya menumpuk dan mendesak lapisan di atasnya. Selain itu, pada lapisan ini juga terdapat sel-sel melanosit berisikan melamin berupa pigmen warna yang memberikan warna pada kulit.

Tahukah kamu?

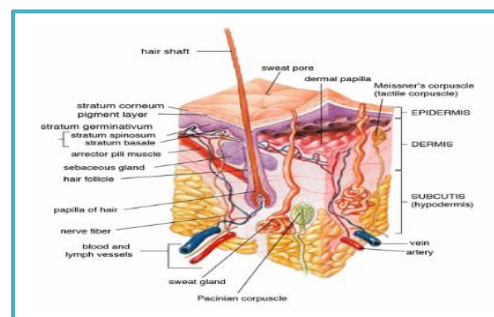
Sel-sel melanosit menghasilkan pigmen coklat tua bernama Melanin, dimana saat kulit terkena sinar matahari langsung maka produksi melanin akan meningkat.

2) Dermis

Dermis atau cutan (*cutaneus*) yaitu lapisan kulit yang terletak di bawah epidermis. Lapisan ini mengandung akar rambut, pembuluh darah dan limfe, kelenjar, dan serabut saraf. Kelenjar yang terdapat dalam lapisan ini adalah kelenjar keringat (*glandula sudorifera*) dan kelenjar minyak (*glandula*

sebacea). Kelenjar keringat menghasilkan keringat yang di dalamnya terlarut berbagai macam garam, terutama garam dapur. Keringat dialirkan melalui saluran kelenjar keringat dan dikeluarkan dari dalam tubuh melalui pori-pori. Di dalam kantong rambut terdapat akar rambut dan batang rambut. Kelenjar minyak berfungsi menghasilkan minyak yang berfungsi meminyaki rambut agar tidak kering dan kuat serta memelihara kulit tetap halus dan lembab berkat sebum yang dikeluarkan. Rambut dapat tumbuh terus karena mendapat sari-sari makanan pembuluh kapiler di bawah kantong rambut. Di dekat akar rambut terdapat otot penegak rambut.

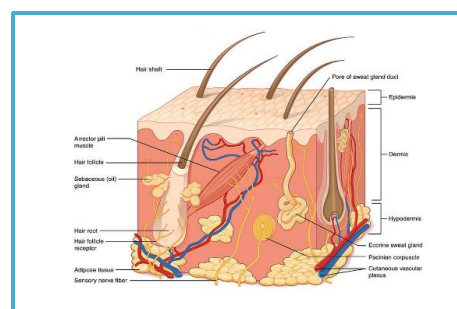
Dermis terdiri atas dua lapisan dengan batas yang tidak nyata, yaitu *stratum papilare* dan *stratum reticular*. *Stratum papilare*, yang merupakan bagian utama dari papila dermis, terdiri atas jaringan ikat longgar. Pada stratum ini didapati fibroblast, sel mast, makrofag, dan leukosit yang keluar dari pembuluh (ekstravasasi). Lapisan papila dermis berada langsung di bawah epidermis tersusun terutama dari sel-sel fibroblas yang dapat menghasilkan salah satu bentuk kolagen, yaitu suatu komponen dari jaringan ikat. Suatu bahan mirip gel, asam hialuronat, disekresikan oleh sel-sel jaringan ikat. Bahan ini mengelilingi protein dan menyebabkan kulit menjadi elastis dan memiliki turgor (tegangan). *Stratum retikulare*, yang lebih tebal dari stratum papilare dan tersusun atas jaringan ikat padat tak teratur (terutama kolagen tipe I).



Gambar 1.3. Lapisan kulit manusia

Sumber: Kalangi, 2013

3) Hipodermis



Gambar 1.4. Struktur Hipodermis

Sumber: Kalangi, 2013

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

b. Fungsi Kulit

Sebagai organ ekskresi, kulit berfungsi mengeluarkan keringat. Fungsi kulit yang lainnya antara lain melindungi tubuh terhadap gesekan, kuman, penyinaran, panas, dan zat kimia; mengatur suhu tubuh; menerima rangsang dari luar: serta mengurangi kehilangan air. Kelenjar keringat menyerap air dan garam, terutama garam dapur dan darah di pembuluh kapiler. Keringat yang dikeluarkan melalui pori-pori di permukaan kulit akan menyerap panas tubuh sehingga suhu tubuh menjadi tetap. Pada keadaan normal, keringat akan keluar dari tubuh sebanyak sekitar 50 ml setiap jam. Beberapa faktor yang dapat memacu pengeluaran keringat antara lain peningkatan aktivitas tubuh, peningkatan suhu lingkungan, dan guncangan emosi. Emosi akan merangsang saraf simpatis untuk memperkecil pengeluaran keringat dengan cara mempersempit pembuluh darah. Pengeluaran keringat yang berlebihan, misalnya karena terik matahari atau kegiatan tubuh yang berlebihan, dapat menyebabkan terjadi lapar garam. Kekurangan kadar garam darah dapat mengakibatkan kekejangan dan pingsan.

Dapat disimpulkan, fungsi kulit antara lain sebagai berikut:

- 1) Mengeluarkan keringat
- 2) Pelindung tubuh
- 3) Menyimpan kelebihan lemak
- 4) Mengatur suhu tubuh
- 5) Tempat pembuatan vitamin d dari pro vitamin d dengan bantuan sinar matahari yang mengandung ultraviolet.

2. Paru-paru

Paru-paru manusia berjumlah dua atau sepasang. Pada dasarnya fungsi utama paru-paru adalah sebagai alat pernapasan, namun peranan tersebut juga erat hubungannya dengan sistem ekskresi. Hal ini dikarenakan CO₂ dan air yang merupakan hasil proses metabolisme di jaringan yang diangkut melalui darah akhirnya akan dibawa ke paru-paru untuk dibuang dengan cara difusi di alveolus. Proses ini dapat berjalan dengan baik karena pada alveolus banyak bermuara kapiler yang memiliki selapis sel.

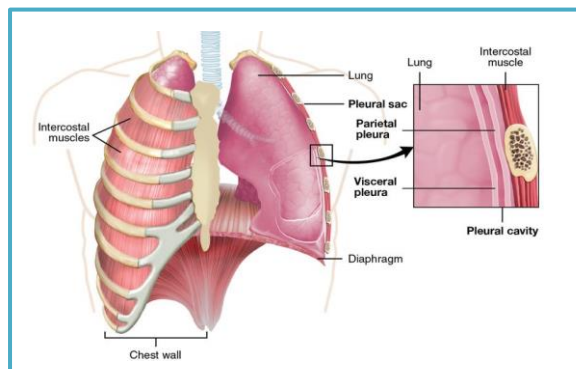
Untuk dapat memahami materi tentang mekanisme pengeluaran Karbondioksida dan Uap air serta menambah pengetahuan, kalian dapat simak video dibawah ini.



<https://youtu.be/I1iAsguIBFo?feature=shared>

a. Struktur Paru-paru

Manusia memiliki paru-paru yang berongga dan terdiri atas beberapa lobus. Manusia memiliki 3 lobus paru di sebelah kanan dan 2 lobus di sebelah kiri. Pada bagian luar paru-paru diselimuti oleh selaput tipis bernama pleura yang terdiri atas dua lapisan, yaitu pleura parietal dan pleura visceral. Bagian dalam paru-paru manusia kita dapat menemukan bronkus intrapulmonalis (bagian bronkus yang berada dalam paru-paru), bronkiolus, saluran alveolus, kantong alveolus, dan alveolus.



Gambar 1.5. Pleura pada Paru-paru

Sumber: Utami, 2023.

b. Fungsi Paru-paru

Paru-paru merupakan organ yang sangat vital bagi kehidupan manusia karena tanpa paru-paru manusia tidak dapat hidup. Dalam Sistem Ekskresi, paru-paru berfungsi untuk mengeluarkan Karbondioksida (CO_2) dan uap air (H_2O).

Di dalam paru-paru terjadi proses pertukaran antara gas oksigen dan karbondioksida. Setelah membebaskan oksigen, sel-sel darah merah menangkap karbondioksida sebagai hasil metabolisme tubuh yang akan dibawa ke paru-paru. Di paru-paru karbondioksida dan uap air dilepaskan dan dikeluarkan dari paru-paru melalui hidung.

Penguraian karbohidrat (glukosa) dan lemak kecuali menghasilkan energi akan menghasilkan zat sisa berupa CO_2 dan H_2O yang akan dikeluarkan lewat paru-paru. Seseorang yang berada dalam daerah dingin waktu ekspirasi akan

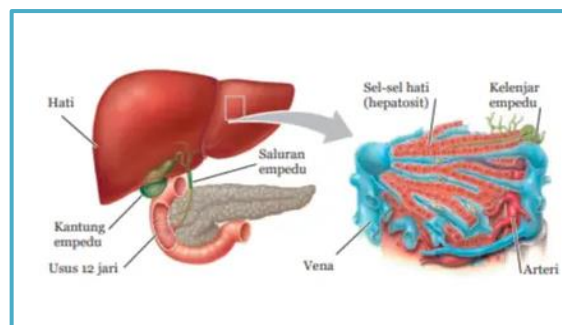
tampak menghembuskan uap. Uap tersebut sebenarnya merupakan karbondioksida dan uap air yang dikeluarkan saat terjadi pernafasan.

3. Hati

Tahukah kamu bahwa hati atau liver menjadi organ terbesar dan terberat yang ada di dalam tubuh manusia? Berat hati dapat mencapai 1,4 kg atau setara dengan 2% dari total berat tubuh manusia. Hati memegang peran yang sangat penting bagi tubuh kita, setidaknya untuk berjalannya 3 sistem, yaitu sistem peredaran darah, sistem pencernaan, dan sistem ekskresi. Sebagai salah satu organ dalam sistem ekskresi, hati berperan dalam proses detoksifikasi tubuh kita, yaitu pengeluaran berbagai macam racun-racun atau zat-zat berbahaya yang ada dalam tubuh kita, contohnya Ammonia. Maka dari itu, pada kegiatan belajar ini kita akan belajar lebih dalam mengenai hati dan bagaimana perannya dalam sistem ekskresi manusia.

Kontroversi Alkohol

Hati merupakan "kelenjar" terbesar yang terdapat dalam tubuh manusia. Letaknya di dalam rongga perut sebelah kanan atas. Berwarna merah tua dengan berat mencapai dua kilogram pada orang dewasa. Hati terbagi menjadi dua lobus, kanan dan kiri. Hati mendapat suplai darah dari pembuluh nadi (arteri hepatica) dan pembuluh gerbang (*vena porta*) dari usus. Hati dibungkus oleh selaput hati (*capsula hepatica*). Hati terdapat pembuluh darah dan empedu yang dipersatukan selaput jaringan ikat (*capsula glison*). Hati juga terdapat sel-sel perombak sel darah merah yang telah tua disebut histiosit.



Gambar 1.6. Struktur Hati

Sumber: Viandari, 2022.

Sebagai organ ekskresi hati menghasilkan empedu yang merupakan cairan jernih kehijauan, di dalamnya mengandung zat warna empedu (bilirubin), garam empedu, kolesterol dan juga bakteri serta obat-obatan. Zat warna empedu terbentuk dari

rombak eritrosit yang telah tua atau rusak akan ditangkap histiosit selanjutnya dirombak dan haemoglobinnya dilepas. Zat racun yang masuk ke dalam tubuh akan disaring terlebih dahulu di hati sebelum beredar ke seluruh tubuh. Hati menyerap zat racun seperti obat-obatan dan alkohol dari sistem peredaran darah. Hati mengeluarkan zat racun tersebut bersama dengan getah empedu.

a. Fungsi Hati

Secara fisiologis, fungsi utama dari hati adalah:

1) Membantu dalam metabolisme karbohidrat

Fungsi hati menjadi penting, karena hati mampu mengontrol kadar gula dalam darah. Misalnya, pada saat kadar gula dalam darah tinggi, maka hati dapat mengubah glukosa dalam darah menjadi glikogen yang kemudian disimpan dalam hati (Glikogenesis), lalu pada saat kadar gula darah menurun, maka cadangan glikogen di hati atau asam amino dapat diubah menjadi glukosa dan dilepaskan ke dalam darah (glukoneogenesis) hingga pada akhirnya kadar gula darah dipertahankan untuk tetap normal. Hati juga dapat membantu pemecahan fruktosa dan galaktosa menjadi glukosa serta glukosa menjadi lemak.

2) Membantu metabolisme lemak

Membantu proses Beta oksidasi, dimana hati mampu menghasilkan asam lemak dari Asetil Koenzim A. Mengubah kelebihan Asetil Koenzim A menjadi badan keton (Ketogenesis). Mensintesa lipoprotein-lipoprotein saat transport asam-asam lemak dan kolesterol dari dan ke dalam sel, mensintesa kolesterol dan fosfolipid juga menghancurkan kolesterol menjadi garam empedu, serta menyimpan lemak.

3) Membantu metabolisme Protein

Fungsi hati dalam metabolisme protein adalah dalam deaminasi (mengubah gugus amino, NH_2) asam-asam amino agar dapat digunakan sebagai energi atau diubah menjadi karbohidrat dan lemak. Mengubah amoniak (NH_3) yang merupakan substansi beracun menjadi urea dan dikeluarkan melalui urin (ammonia dihasilkan saat deaminase dan oleh bakteri-bakteri dalam usus), sintesis dari hampir seluruh protein plasma, seperti α dan β globulin, albumin, fibrinogen, dan protombin (bersama-sama dengan sel tiang, hati juga membentuk heparin) dan transaminasi transfer kelompok amino dari asam amino ke substansi (α -keto acid) dan senyawa lain.

4) Menetralkan obat-obatan dan hormone

Hati dapat berfungsi sebagai penetralisir racun, yakni pada obat-obatan seperti penisilin, ampicilin, erythromisin, dan sulfonamide juga dapat mengubah sifat-sifat kimia atau mengeluarkan hormon steroid, seperti aldosteron dan estrogen serta tiroksin.

5) Mensekresikan cairan empedu

Bilirubin, yang berasal dari *heme* pada saat perombakan sel darah merah, diserap oleh hati dari darah dan dikeluarkan ke empedu. Sebagian besar dari bilirubin di cairan empedu di metabolisme di usus oleh bakteri-bakteri dan dikeluarkan di feses. Dalam proses konjugasi yang berlangsung di dalam

retikulum endoplasma sel hati tersebut, mekanisme yang terjadi adalah melekatnya asam glukuronat (secara enzimatis) kepada salah satu atau kedua gugus asam propionat dari bilirubin. Hasil konjugasi (yang kita sebut sebagai bilirubin terkonjugasi) ini, sebagian besar berada dalam bentuk diglukuronida (80%), dan sebagian kecil dalam bentuk monoglukuronida.

Penempelan gugus glukuronida pada gugus propionat terjadi melalui suatu ikatan ester, sehingga proses yang terjadi disebut proses esterifikasi. Proses esterifikasi tersebut dikatalisis oleh suatu enzim yang disebut bilirubin uridin- difosfat glukuronil transferase (lazimnya disebut enzim glukuronil transferase saja), yang berlokasi di retikulum endoplasmik sel hati. Akibat konjugasi tersebut, terjadi perubahan sifat bilirubin. Perbedaan yang paling mencolok antara bilirubin terkonjugasi dan tidak terkonjugasi adalah sifat kelarutannya dalam air dan lemak. Bilirubin tidak terkonjugasi bersifat tidak larut dalam air, tapi mempunyai afinitas tinggi terhadap lemak. Karena sifat inilah, bilirubin tak terkonjugasi tidak akan diekskresikan ke urin. Sifat yang sebaliknya terdapat pada bilirubin terkonjugasi.

Karena kelarutannya yang tinggi pada lemak, bilirubin tidak terkonjugasi dapat larut di dalam lapisan lemak dari membran sel. Peningkatan dari bilirubin tidak terkonjugasi dapat menimbulkan efek yang sangat tidak kita inginkan, berupa kerusakan jaringan otak. Hal ini terjadi karena otak merupakan jaringan yang banyak mengandung lemak.

6) Mensintesis garam-garam empedu

Garam-garam encer digunakan oleh usus kecil untuk mengemulsi dan menyerap lemak, fosfolipid, Kolesterol, dan lipoprotein.

7) Sebagai tempat penyimpanan

Selain glikogen, hati juga digunakan sebagai tempat menyimpan vitamin (A, B12, D, E, K) serta mineral (Fe dan Co). Sel-sel hati terdiri dari sebuah protein yang disebut apoferritin yang bergabung dengan Fe membentuk Ferritin sehingga Fe dapat disimpan di hati. Fe juga dapat dilepaskan jika kadarnya di darah turun.

8) Menghasilkan kolesterol tubuh

Hati menghasilkan sekitar separuh kolesterol tubuh, sisanya berasal dari makanan. Sekitar 80% kolesterol yang dibuat di hati digunakan untuk membuat empedu. Kolesterol merupakan bagian penting dari setiap selaput sel dan diperlukan untuk membuat hormon-hormon tertentu (termasuk hormon estrogen, testosteron dan hormon adrenal).

b. Proses Pembentukan Empedu

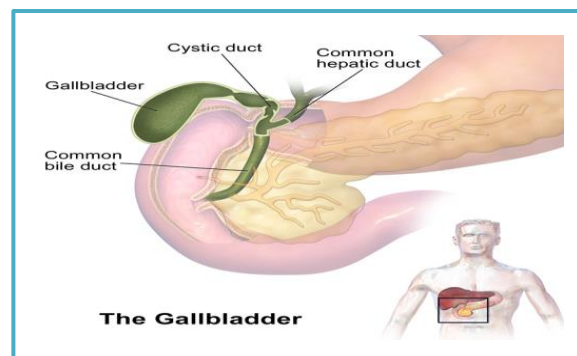
Empedu sebagian besar adalah hasil dari excretory dan sebagian adalah sekresi dari pencernaan. Garam-garam empedu termasuk ke dalam kelompok garam natrium dan kalium dari asam empedu yang berkonjugasi dengan glisin atau taurin suatu derivat atau turunan dari sistin, mempunyai peranan sebagai pengemulsi, penghancuran dari molekul-molekul besar lemak menjadi suspensi dari lemak dengan diameter 1mm dan absorpsi dari lemak, tergantung dari

sistem pencernaannya. Terutama setelah garam-garam empedu bergabung dengan lemak dan membentuk Micelles (agregat dari asam lemak, kolesterol dan monogliserida), kompleks yang larut dalam air sehingga lemak dapat lebih mudah terserap dalam sistem pencernaan (efek hidrotrofik). Ukuran lemak yang sangat kecil sehingga mempunyai luas permukaan yang lebar sehingga kerja enzim lipase dari pankreas yang penting dalam pencernaan lemak dapat berjalan dengan baik. Kolesterol larut dalam empedu karena adanya garam-garam empedu dan lesitin.

Untuk dapat memahami materi tentang pembentukan empedu, simak video dibawah ini.



<https://youtu.be/0Ga6E634w-k?si=1VcCixrHHQ-MbJ45>



Gambar 1.7. Struktur kantong empedu

Sumber: Meilstrup, 1994.

Zat-zat yang dibentuk dalam empedu antara lain adalah Bilirubin, yang juga dikenal sebagai pigmen empedu, merupakan hasil dari metabolisme hem. Hem, yang merupakan bagian nonprotein dari hemoglobin, akan mengalami perubahan lagi menjadi biliverdin, lalu bilirubin. Keseluruhan proses perubahan ini berlangsung di hati. Sekitar 70-80% bilirubin diperoleh dari pemecahan hem yang berasal dari hemoglobin ini, dan 20-25% berasal dari protein hem lain seperti mioglobin, sitokrom (yang mengandung hem) dan katalase. Sebagian kecil diperoleh dari penghancuran sel eritroid muda (akibat eritropoesis yang tidak efektif).

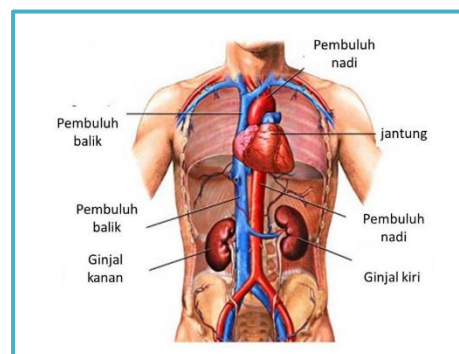
Dalam metabolismenya, struktur bilirubin yang dihasilkan dari perubahan-perubahan hemoglobin itu bersifat tidak larut dalam air, tetapi sangat larut dalam lemak. Karena sifat tidak larut dalam air ini, maka di dalam plasma darah, bilirubin harus diangkut dengan bantuan suatu pembawa (karier), dan karier fisiologis tersebut adalah albumin serum. Bilirubin dalam bentuk ikatan bilirubin-albumin akan beredar di dalam sirkulasi darah, untuk kemudian masuk ke dalam sel hati. Pada permukaan sinusoid hati, bilirubin tidak terkonjugasi akan melepaskan diri dari ikatannya dengan albumin, dan masuk melalui membran sel hati dengan cara difusi (facilitated diffusion). Di dalam sel hati (hepatosit), bilirubin diikat oleh 2 protein intraseluler utama dalam sitoplasma, protein sitosolik Y (misalnya, ligandin atau glutathione 5-

transferase B) dan protein sitosolik z (dikenal juga sebagai fatty acid-binding protein [FABP]).

Agar bilirubin dapat diekskresikan ke dalam empedu (untuk kemudian dikeluarkan ke usus), terlebih dulu ia harus dibuat dapat larut dalam air. Untuk mencapai maksud tersebut, maka di dalam sel parenkim hati, sebagian besar bilirubin akan dikonjugasikan dengan asam glukuronat. Dua asam empedu utama (primer) yang dibentuk dalam hati adalah asam kolat dan asam kenodeoksikolat. Dalam usus besar, bakteri mengubah asam kenodeoksikolat dan asam deoksikolat menjadi asam litokolat. Karena asam deoksikolat dan asam litokolat di bentuk oleh kerja bakteri, asam deoksikolat dan asam litokolat dinamakan asam empedu sekunder. Konjugasi asam-asam terjadi dalam empedu dan konjugatnya, misalnya asam glikokolat dan asam taurokolat membentuk garam natrium dan garam kalium dalam empedu hati yang bersifat alkali.

4. Ginjal

Ginjal atau ren disebut juga buah pinggang karena buahnya seperti biji buah kacang merah. Ginjal terletak di kanan dan kiri tulang pinggang, yaitu dalam rongga perut pada dinding tubuh dorsal. Ginjal berjumlah 2 buah, berwarna merah keunguan, dan yang kiri terletak agak tinggi dari kanan. Lapisan ginjal bagian luar disebut kulit ginjal atau korteks, sedangkan lapisan dalam disebut sumsum ginjal atau medulla. Lapisan paling dalam berupa rongga ginjal disebut pelvis renalis.



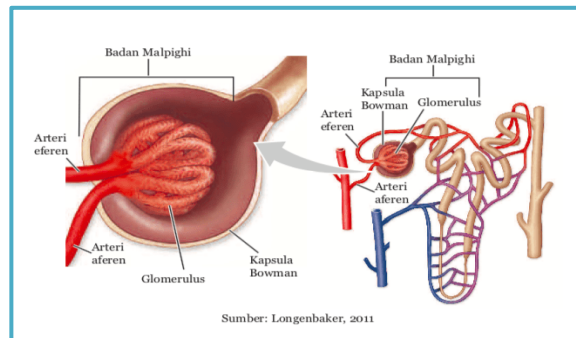
Gambar 1.8. Letak Ginjal

Sumber: Colvy, 2010.

Saluran struktural dan fungsional ginjal yang terkecil disebut nefron. Tiap nefron terdiri atas badan malpighi yang tersusun dari kapsul bowman, glomerulus yang terdapat di bagian korteks, serta tubulus-tubulus yaitu tubulus kontortus proksimal, tubulus kontortus distal, tubulus pengumpul dan lengkung henle yang terdapat di bagian medulla. Lengkung henle ialah bagian saluran ginjal yang melengkung pada daerah medulla dan berhubungan dengan tubulus proksimal maupun tubulus di daerah korteks. Pada orang dewasa panjang seluruh tubulus kurang lebih 7,5 sampai 15 km.

Ginjal dilindungi oleh lemak, dan selain itu terdapat arteri ginjal yang menyerupai darah. Ginjal mengendalikan potensial air pada darah yang melewatinya.

Substansi yang menyebabkan ketidak seimbangan potensial air pada darah akan dipisahkan dari darah dan diekskresikan dalam bentuk urine. Contoh: sisa nitrogen hasil pemecahan asam amino dan asam nukleat.



Gambar 1.9. Nefron

Sumber: Colvy, 2010.

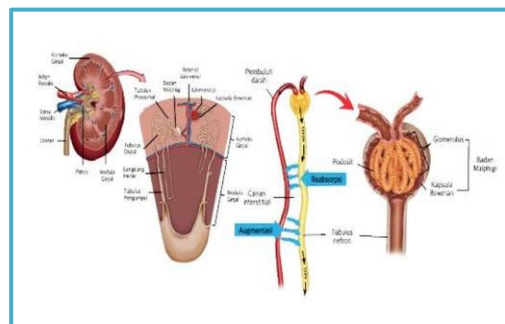
a. Mekanisme pembentukan urin manusia

Urine adalah produk dari Ginjal. Pengeluaran urine berperan dalam membuang segala macam zat-zat hasil metabolisme tubuh yang tidak lagi diperlukan. Setiap hari tidak kurang dari 600-2500 ml urine kita keluarkan. Karakteristik urine yang sehat dan normal ialah berwarna kuning pucat/kuning keemasan dengan bau yang khas.

Tahukah kamu?

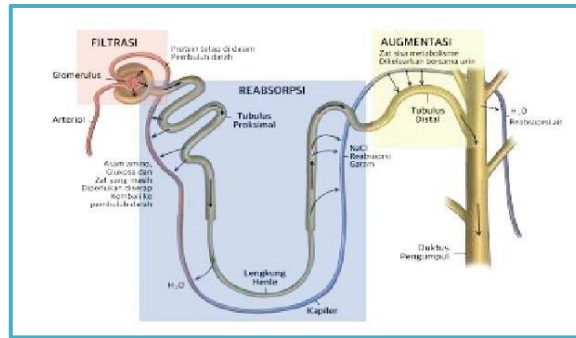
Kandungan urine terdiri atas 95% air dan 5% zat padat berupa urea, elektrolit, kreatin, dan asam urat.

Ada tiga proses dasar saat ginjal membentuk urine, yaitu filtrasi (penyaringan), reabsorpsi (penyerapan kembali), dan augmentasi (penambahan zat-zat yang tidak lagi diperlukan tubuh) (Urry, *et al.*, 2020). Nefron merupakan tempat dari ketiga tahapan tersebut berjalan (Soewolo, *et al.*, 2005), mulai dari filtrasi di dalam glomerulus, reabsorpsi di dalam tubulus kontortus proksimal, lengkung henle, tubulus kontortus distal, dan duktus koligen, serta augmentasi di dalam tubulus kontortus distal.



Gambar 1.10. Struktur ginjal yang mendukung proses pengeluaran zat sisa metabolisme

Sumber: Solihat, *et al.*, 2022.



Gambar 1.11. Proses pertukaran zat pada pembentukan urin di ginjal
Sumber: Solihat, *et al.*, 2022.

1) Filtrasi (Penyaringan)

Filtrasi atau penyaringan menjadi tahapan pertama dalam produksi urine di dalam Ginjal. Filtrasi terjadi pada kapiler glomerulus pada kapsul Bowman. Glomerulus merupakan kumpulan pembuluh darah arteriola aferen. Glomerulus bekerja layaknya sebuah saringan karena didalamnya terdapat sel-sel endotelium kapiler yang berpori (podosit) sehingga mempermudah proses penyaringan zat-zat yang ada didalam darah. Beberapa faktor yang mempermudah proses penyaringan adalah tekanan hidrolis dan permeabilitas yang tinggi pada glomerulus.

Selain penyaringan, di glomerulus terjadi pula pengikatan kembali sel-sel darah, keping darah, dan sebagian besar protein plasma. Darah yang masuk ke dalam glomerulus melalui arteriola aferen akan disaring plasma darahnya, sehingga air dan zat terlarut dalam darah yang berukuran kecil akan meninggalkan pembuluh darah menuju kapsula bowman sedangkan protein dan sel-sel darah tidak akan keluar dan kembali menuju pembuluh darah arteriola eferen. Hal ini bisa terjadi akibat dukungan membran sel glomerulus yang sifatnya permeabel terhadap air dan zat-zat terlarut dalam darah yang berukuran kecil serta tekanan yang relatif tinggi dari pembuluh darah arteriola aferen (Urry, *et al.*, 2020). Hasil dari proses filtrasi dinamakan **filtrat glomerulus** atau **urine primer** dimana masih terdapat air, asam amino, glukosa, natrium, kalium, serta garam-garam mineral lainnya.

2) Reabsorpsi (Penyerapan kembali)

Reabsorpsi atau penyerapan kembali merupakan proses untuk mengambil kembali ion-ion, air, dan zat-zat lain yang masih diperlukan oleh tubuh dari filtrat glomerulus atau urine primer. Filtrat dari glomerulus akan berjalan menuju Tubulus Kontortus Proksimal sampai lengkung henle. Proses penyerapan ini sangat diperlukan oleh tubuh sebagai upaya dalam mempertahankan kondisi keseimbangan cairan dalam tubuh. Zat-zat seperti air, asam amino, natrium, glukosa, dan zat lainnya berupa ion anorganik seperti Na, K, Ca, Cl, HCO₃, dan HPO akan terserap dan menuju cairan interstisial di luar Tubulus Kontortus Proksimal sebelum akhirnya berdifusi

masuk ke dalam kapiler peritubular yang mengelilingi Tubulus Kontortus Proksimal. Cairan Interstisial merupakan cairan diluar sel yang ada di sekitar nefron, Zat-zat yang telah diserap akan menuju cairan interstisial sebelum akhirnya menuju Kapiler Peritubular yang terhubung dengan pembuluh darah vena renalis.

Proses reabsorpsi akan berlanjut di dalam lengkung henle, yaitu bagian dari nefron yang menyerupai lengkungan menurun dan menaik. Membran dari lengkung henle inilah yang berperan bagaimana air dan garam-garam dapat terserap kembali. Saat berada dalam segmen lengkung henle yang mengarah turun, permeabilitas membran terhadap air akan jauh lebih besar dibandingkan terhadap garam-garam mineral. Akibat air akan terserap dalam jumlah besar. Namun, kondisi berbeda terjadi pada segmen lengkung henle yang mengarah naik dimana membrannya tidak permeabel terhadap air (Urry, *et al.*, 2020). Akibat garam-garam mineral (NaCl) yang masih diperlukan tubuh akan terserap dalam jumlah banyak dan menuju cairan interstisial. Walaupun Lengkung Henle terkesan hanya menyerap air dan garam-garam mineral, namun perannya sangat diperlukan dalam proses pembentukan urine secara keseluruhan. Hasil dari proses reabsorpsi dinamakan filtrat **urine sekunder**. Pada urin sekunder, zat-zat yang masih diperlukan tidak akan ditemukan lagi. Sebaliknya, konsentrasi zat-zat sisa metabolisme yang bersifat racun bertambah, misalnya ureum dari 0,03 dalam urin primer dapat mencapai 2% dalam urin sekunder.

Ketika tubuh dalam kondisi dehidrasi, laju proses reabsorpsi air akan semakin meningkat, khususnya dalam duktus koligen yang dipengaruhi oleh hormon ADH (Urry, *et al.*, 2020). Hormon ADH (*Antidiuretic Hormone*) akan bekerja dengan menaikkan atau menurunkan tingkat permeabilitas air. Ketika ginjal berusaha untuk menyerap kembali air, permeabilitas air dalam dinding duktus koligen akan meningkat sehingga konsentrasi filtrat yang dihasilkan akan semakin pekat karena kandungan air di dalamnya semakin berkurang.

Volume urin manusia hanya 1% dari filtrat glomerulus. Oleh karena itu, 99% filtrat glomerulus akan direabsorpsi secara aktif pada tubulus kontortus proksimal dan terjadi penambahan zat-zat sisa serta urea pada tubulus kontortus distal.

Substansi yang masih berguna seperti glukosa dan asam amino dikembalikan ke darah. Sisa sampah kelebihan garam, dan bahan lain pada filtrat dikeluarkan dalam urin. Tiap hari tabung ginjal mereabsorpsi lebih dari 178 liter air, 1200 g garam, dan 150 g glukosa. Sebagian besar dari zat-zat ini direabsorpsi beberapa kali.

3) Augmentasi (Pengumpulan)

Augmentasi merupakan proses menjadikan urine sekunder menjadi urine yang siap untuk dikeluarkan dimana sisa-sisa vitamin, obat-obatan, toksin dari Hati, dan zat-zat lain (seperti kreatinin, K, dan H⁺) yang berlebih dari pembuluh darah di sekitar Tubulus Kontortus Distal serta tidak

diperlukan lagi oleh tubuh akan ditambahkan kedalam filtrat urine di dalam Tubulus Kontortus Distal. Proses penyerapan air dan zat-zat lainnya (seperti Na, Cl, dan HCO) sebenarnya juga masih terjadi dalam Tubulus Kontortus Distal, namun hal itu sepenuhnya dikontrol oleh hormon ADH. Saat tubuh kekurangan cairan, maka tubuh akan berusaha untuk lebih banyak menyimpan air. Sel-sel Tubulus Kontortus Distal dapat bersifat sangat permeabel terhadap air apabila banyak hormon ADH yang dihasilkan, sehingga urine yang nantinya dikeluarkan akan jauh lebih pekat (Urry, *et al.* , 2020). Hasil dari proses Augmentasi akan didapatkan urine yang siap dikeluarkan dari tubuh (**urine sesungguhnya**) menuju ureter, kandung kemih, dan uretra.

Augmentasi adalah proses penambahan zat sisa dan urea yang mulai terjadi di tubulus kontortus distal. Komposisi urin yang dikeluarkan lewat ureter adalah 96% air, 1,5% garam, 2,5% urea, dan sisa substansi lain, misalnya pigmen empedu yang berfungsi memberi warna dan bau pada urin.

Urin atau air seni atau air kencing adalah cairan sisa yang diekskresikan oleh ginjal yang kemudian akan dikeluarkan dari dalam tubuh melalui proses urinasi. Ekskresi urin diperlukan untuk membuang molekul-molekul sisa dalam darah yang disaring oleh ginjal dan untuk menjaga homeostasis cairan tubuh. Namun, ada juga beberapa spesies yang menggunakan urin sebagai sarana komunikasi olfaktori.

Urin terdiri dari air dengan bahan terlarut berupa sisa metabolisme (seperti urea), garam terlarut, dan materi organik. Cairan dan materi pembentuk urin berasal dari darah atau cairan interstisial. Komposisi urin berubah sepanjang proses reabsorpsi ketika molekul yang penting bagi tubuh, misal glukosa, diserap kembali ke dalam tubuh melalui molekul pembawa. Cairan yang tersisa mengandung urea dalam kadar yang tinggi dan berbagai senyawa yang berlebih atau berpotensi racun yang akan dibuang keluar tubuh. Materi yang terkandung di dalam urin dapat diketahui melalui urinalisis. Urea yang dikandung oleh urin dapat menjadi sumber nitrogen yang baik untuk tumbuhan dan dapat digunakan untuk mempercepat pembentukan kompos.

Komposisi urin yang normal bervariasi serta bergantung pada beberapa faktor, misalnya makanan kaya protein akan menghasilkan lebih banyak urea di dalam urin. Hal itu terjadi karena adanya deaminasi protein di hati pada pembentukan urea berikutnya. Bahkan setelah makan, gula dapat muncul pada urin orang yang normal. Jika kondisi lainnya konstan, maka asupan makanan yang kaya cairan dapat meningkatkan volume air dalam darah sehingga akan lebih banyak urin yang diekskresikan. Kondisi ini juga terjadi dalam cuaca dingin ketika ekskresi keringat berkurang. Demikian pula jika

Untuk lebih memahami materi tentang mekanisme pembentukan urine, kalian dapat simak video berikut ini.



<https://youtu.be/qpw945e3wZo?si=kQt0oFqNYKelKDy->

kamu mengonsumsi makanan asin, maka garam-garam berlebih akan diekskresikan ke dalam urin.

Komposisi rata-rata urin untuk orang normal dalam gram per 100 ml dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.1. Komposisi rata-rata urin untuk orang normal

Molekul	g/100 ml
Air	96 g
Garam mineral (NaCl)	1.8 g
Urea	2 g
Zat nitrogen lain	0,2 g

b. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi urin

Jumlah urine yang dikeluarkan oleh kita untuk setiap harinya tidak akan sama. Banyak sedikitnya urin seseorang yang dikeluarkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antaralain sebagai berikut.

1) Jumlah air yang diminum

Apabila kita banyak minum, maka konsentrasi protein darah akan menurun, sehingga tekanan koloid protein juga menurun. Hal ini menyebabkan tekanan filtrasi menjadi kurang efektif.

2) Saraf

Rangsangan saraf renalis menyebabkan penyempitan pembuluh darah yang menuju glomerulus, akibatnya air dan darah ke glomerulus berkurang, sehingga tekanan juga menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan proses filtrasi menjadi kurang efektif.

3) Hormon Antidiuretik (ADH)

ADH adalah hormone yang mempengaruhi penyerapan air oleh dinding tubulus. Hormon ini dihasilkan oleh hipofisis posterior. Apabila kadar ADH dalam darah naik atau berlebih, maka penyerapan air oleh dinding tubulus meningkat. Hal ini menyebabkan jumlah urin yang terbentuk sedikit. Sebaliknya apabila kadar ADH dalam darah turun atau berkurang, maka penyerapan air oleh dinding tubulus akan menurun. Hal ini menyebabkan jumlah urin yang terbentuk akan banyak.

4) Kadar garam

Kadar garam yang harus berlebih/tinggi dikeluarkan dari darah supaya tekanan osmotiknya tetap.

5) Penyakit Diabetes Melitus

Seseorang yang menderita diabetes melitus (kencing manis), pengeluaran glukosa diikuti pula oleh kenaikan volume urin.

6) Suhu

Jika suhu internal dan eksternal naik di atas normal, maka kecepatan respirasi meningkat. Ini menyebabkan pembuluh kutaneus melebar sehingga cairan tubuh berdifusi dari kapiler ke permukaan kulit. Saat volume air dalam tubuh menurun, ADH diekskresikan sehingga reabsorpsi

air meningkat. Disamping itu, peningkatan suhu merangsang pembuluh abdominal mengerut sehingga aliran darah di glomerulus dan filtrasi turun. Meningkatnya reabsorpsi dan berkurangnya aliran darah di glomerulus mengurangi volume urin. Itulah sebabnya jika cuaca panas, kita jarang buang air.

c. Fungsi Ginjal

Ginjal memiliki beberapa fungsi, antara lain:

- 1) Menyaring dan membersihkan darah dari zat-zat sisa metabolisme tubuh.
- 2) Mengekskresikan zat yang jumlahnya berlebihan.
- 3) Reabsorpsi (penyerapan kembali) elektrolit tertentu yang dilakukan oleh bagian tubulus ginjal.
- 4) Menjaga keseimbangan asam basa dalam tubuh manusia.
- 5) Menghasilkan zat hormon yang berperan membentuk dan mematangkan sel-sel darah merah (SDM) di sumsum tulang.

Rangkuman

1. Sistem ekskresi adalah sistem yang berperan dalam proses pembuangan zat-zat yang sudah tidak diperlukan (zat sisa) ataupun zat-zat yang membahayakan bagi tubuh dalam bentuk larutan. Adapun organ sistem ekskresi antaralain Kulit, Paru-paru, Hati dan Ginjal.
2. Kulit sebagai organ ekskresi mengeluarkan lemak dan keringat yang mengandung air, garam, urea, serta ion-ion seperti Na^+ . paru-paru sebagai organ ekskresi berperan dalam mengeluarkan karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) yang dihasilkan dari respirasi. Hati berfungsi memecah beberapa senyawa yang bersifat racun (detoksifikasi), serta menghasilkan ammonia, urea, dan asam urat yang akan diekskresikan ke dalam urine. Ginjal terletak di kanan dan kiri tulang pinggang yaitu di dalam rongga perut pada dinding tubuh dorsal dan berfungsi dalam pembentukan urine.
3. Di dalam ginjal terjadi serangkaian proses pembentukan urine, yaitu filtrasi (penyaringan), reabsorpsi (penyerapan kembali, dan augmentasi (pengumpulan).
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengeluaran urin yaitu jumlah air yang diminum, saraf, hormone antidiuretic (ADH), kadar garam, penyakit diabetes melitus, dan suhu.

AYO KERJAKAN



PENDEKATAN & ANALISIS MASALAH

Bukalah link dibawah ini dan bacalah artikel yang sudah tertera!

1. <https://www.fwd.co.id/id/fwdmax/passionstory-financial-literacy/rokok-vs-vape-mana-yang-lebih-bahaya/>
2. <https://www.rspondokindah.co.id/id/news/rokok-elektrik-substitusi-rokok-yang-kontroversial->



DISKUSI DAN KLARIFIKASI MASALAH

1. Mengapa akhir-akhir ini banyak berita kontroversi mengenai vape?
2. Mengapa mayoritas masyarakat menganggap bahwa vape lebih aman dibandingkan dengan rokok?
3. Menurut anda, apakah vape lebih aman dibandingkan dengan rokok? Berikan alasannya!

Jawab :

<https://forms.gle/3z4tGWnCSxWfokj56>



MELANJUTKAN ISU-ISU SOSIAL

Untuk lebih memahami issue terkait vape, simaklah video berikut!



Sumber: Alodokter

https://youtu.be/u6OvRQkTlSE?si=QZpPqRZgojh_TXsaE



Sumber: GridHEALTH https://youtu.be/J-a_z_RPgo?si=B8wllc0rxbTOHbkr



EVALUASI

Bacalah artikel dibawah ini!

<https://health.grid.id/read/353675790/pro-kontra-vape-hasil-studi-menjawabnya-dengan-lugas-beserta-fakta-dan-data?page=all>

Setelah membaca artikel tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Bagaimana hasil studi ilmiah tentang vape berdasarkan artikel tersebut?
2. Apakah vape bisa menjadi solusi terbaik untuk menggantikan rokok?
3. Gangguan apa saja yang dapat terjadi jika kita mengkonsumsi rokok atau vape?

Jawab : <https://forms.gle/qPpzyxjaZxSdZUyv9>



METAREFLEKSI

Setelah mempelajari materi pada hari ini, apa yang dapat anda simpulkan mengenai kasus yang telah dibahas?

Jawab : <https://forms.gle/oVyCNnFEbJ4V7mEq5>

TES FORMATIF

Tes formatif dalam E-modul ini berisikan soal-soal yang diharapkan dapat mengukur pemahaman kalian dalam materi sistem ekskresi. Tes formatif sendiri berisikan soal-soal pilihan ganda berjumlah 10 soal.

➤ **Petunjuk Pengerjaan Soal Tes formatif**

1. Persiapkan diri kalian dengan baik. Pastikan smartphone/laptop serta koneksi Internet yang akan kalian gunakan dalam mengerjakan soal ini berfungsi dengan baik.
2. Setelah link tes formatif terbuka, pastikan untuk menulis identitas diri terlebih dahulu secara lengkap dan benar.
3. Tes formatif dilaksanakan ketika pembelajaran berlangsung.
4. Pengerjaan soal tes formatif dilakukan secara individu. Dilarang untuk melihat catatan, uraian materi di E-modul, atau mengakses jawaban di Internet selama mengerjakan tes formatif.
5. Harap untuk memeriksa & membaca soal dengan teliti. Bila ada gangguan/kendala teknis lainnya, silahkan untuk menghubungi guru kalian.
6. Pastikan untuk memeriksa seluruh soal yang telah anda kerjakan sebelum submit tes evaluasi. Pastikan tidak ada soal yang tidak terjawab.
7. Jangan lupa berdoa sebelum dan sesudah mengerjakan soal tes evaluasi agar diberikan kelancaran & hasil yang memuaskan.

-SELAMAT MENGERJAKAN-

Klik link google form berikut untuk mengerjakan soal latihan kegiatan pembelajaran 1 (<https://bit.ly/TessFormatif1>) atau kamu dapat mengaksesnya melalui scan QR code dibawah ini.



KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

GANGGUAN DAN TEKNOLOGI YANG BERHUBUNGAN DENGAN SISTEM EKSKRESI MANUSIA

TUJUAN PEMBELAJARAN

Peserta didik diharapkan mampu menganalisis pengaruh pola hidup terhadap kelainan pada struktur dan fungsi organ yang menyebabkan gangguan pada sistem ekskresi serta kaitannya dengan teknologi.

URAIAN MATERI

A. Gangguan Sistem Ekskresi

Sistem ekskresi dapat mengalami berbagai gangguan atau kelainan. Baik karena infeksi bakteri, kebiasaan buruk, maupun karena gangguan fisiologis. Berbagai gangguan atau kelainan pada sistem ekskresi tersebut antaralain Jerawat, asma, penyakit kuning, albuminuria, diabetes, dan batu ginjal.

1. Jerawat (Acne)

Jerawat adalah penyakit kulit karena adanya penumpukan minyak yang menyebabkan pori-pori kulit wajah tersumbat sehingga memicu aktivitas bakteri dan peradangan pada kulit (Sifatullah & Zulkarnain, 2021; Nurjanah *et al.*, 2018). Jerawat menjadi permasalahan yang sebagian besar orang pernah mengalaminya. Penumpukan kotoran dan sel-sel kulit mati dikarenakan kurangnya perawatan akan membuat saluran kelenjar minyak tersumbat sehingga mudah terkena infeksi bakteri *Propionibacterium acnes* sehingga jerawat dapat muncul (Wardani, 2020). Perlakuan pada jerawat yang kurang baik seperti memencet dan memijat dengan benda-benda yang tidak steril justru akan membuat jerawat semakin meradang, membesar, dan terasa sedikit nyeri sehingga tidak jarang memunculkan bekas atau yang biasa dikenal dengan bopeng. Beberapa penanganan dan

Tahukah kamu?

Jerawat banyak mui usia remaja sebab terjadi perubahan hormonal dan fisik. Selain itu, perempuan lebih beresiko untuk berjerawat dibanding laki-laki. Mengapa demikian? Kamu dapat mengakses link atau scan QR code berikut ini untuk mengetahui jawabannya.

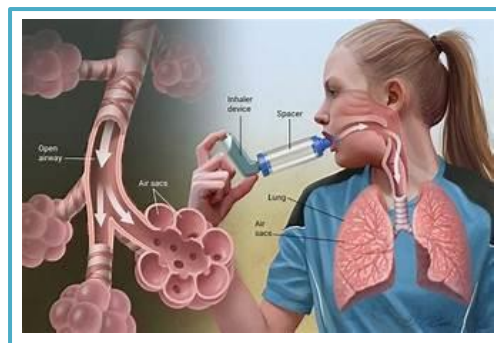


<https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20220928145637-277-853783/terungkap-ternyata-ini-alasan-wanita-lebih-berjerawat-daripada-pria>

pengobatan yang dilakukan untuk meredakan jerawat ialah rutin membersihkan kulit yang berjerawat, pemberian beberapa obat seperti antibiotik dan salicylic acid, dan tindakan penanganan lainnya seperti laser dan subsisi minor apabila diperlukan.

2. Asma

Asma adalah gangguan inflamasi kronik saluran nafas. Hal ini menyebabkan peningkatan hiperresponsif (respon yang berlebihan) jalan nafas yang ditandai dengan wheezing, sulit bernafas, dada terasa berat, dan batuk, terutama terjadi malam hari atau menjelang pagi hari (Rosfadilla, *et al.*, 2022). Gejala-gejala yang dirasakan oleh pengidap asma diantaranya ialah merasakan dada yang tertekan, batuk-batuk, sesak napas, serta napas yang berat dan mengeluarkan suara "ngik- ngik. Beberapa penyebab penyakit asma yang telah diketahui ialah infeksi (akibat virus, bakteri, atau jamur), perubahan cuaca, alergi, serta faktor keturunan. Zat-zat tersebut akan membuat dinding saluran pernapasan mengalami peradangan, sehingga terjadilah produksi lendir lengket dan kental yang berlebih oleh kelenjar-kelenjar mukosa khususnya yang ada pada bronkus (Kemenkes, 2019). Selain itu, terjadi pengencangan otot-otot yang ada pada saluran pernapasan yang membuat saluran pernapasan semakin menyempit dan membuat pengidap asma semakin sulit bernapas.



Gambar 2.1. Penderita Asma

Sumber: medicoplus.com

3. Penyakit Kuning (*Jaundice*)

Penyakit Kuning ialah kondisi dimana beberapa bagian tubuh (mayoritas pada mata dan kulit menunjukkan perubahan warna menjadi menguning. Kelainan ini disebabkan oleh adanya kadar bilirubin yang berlebih di dalam darah sehingga terjadi penumpukan yang menimbulkan gejala perubahan warna menjadi agak menguning (Pratiwi, *et al.*, 2017). Seperti yang kita ketahui bahwa hati berperan dalam merombak sel-sel darah merah yang telah tua atau rusak dengan merombaknya dan menghasilkan hasil samping berupa bilirubin. Bilirubin sendiri menjadi faktor yang memberikan warna (pigmen) pada urine dan feces yang dikeluarkan dari dalam tubuh manusia.

Penyakit ini lebih sering terdengar menderita pada bayi yang baru lahir. Kondisi ini dapat terbilang normal karena organ hati pada bayi belum

berkembang sepenuhnya serta proses perombakan sel darah merah yang berlangsung lebih cepat karena masa hidup sel-sel darah merah (eritrosit) pada bayi lebih pendek (70-90 hari) (Pratiwi, *et al.*, 2017). Beberapa penanganan serta pengobatan yang dapat dilakukan ialah pencegahan teralalu cepatnya proses perombakan sel darah merah dan melakukan terapi dengan sinar atau fototerapi, khususnya pada kasus penyakit kuning yang dialami oleh bayi yang baru saja lahir dengan umur 4-5 hari.



Gambar 2.2. Kondisi Bayi yang Mengalami Penyakit Kuning

Sumber: rsudkelet.co.id

Fototerapi merupakan penanganan dengan menggunakan terapi sinar dengan intensitas tinggi yang bertujuan untuk menurunkan kadar bilirubin dalam darah dengan mempermudah proses ekskresinya sehingga bilirubin dapat mudah dipecah dan larut di dalam air (Indrayani & Riani, 2019). Bayi yang melakukan foto terapi diletakkan di bawah lampu terapi sinar dengan menggunakan penutup mata dan mengubah posisi bayi setiap 3 jam sekali. Tidak ada rentang waktu khusus berapa lama fototerapi dapat dilakukan, namun yang perlu diperhatikan adalah beberapa efek samping yang dapat ditimbulkan. Beberapa efek samping yang dapat timbul menurut Dewi, *et al.*, (2016) ialah mengalami dehidrasi, diare, sampai kemungkinan kerusakan retina.

4. Albuminuria

Albuminuria atau proteinuria adalah kondisi urine atau air kencing mengandung jumlah albumin yang tidak normal. Kondisi ini disebut juga dengan ginjal bocor. Albumin merupakan salah satu jenis protein dalam darah. Kondisi ini bukanlah penyakit, tetapi merupakan gejala yang bisa menandakan penyakit tertentu.



Gambar 2.3. Test Albumin

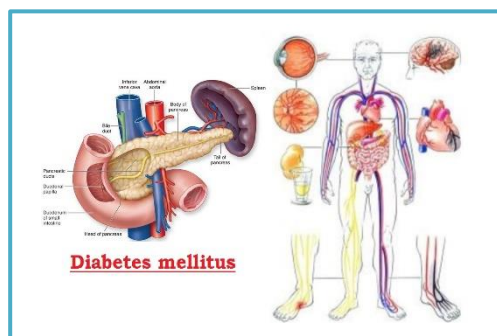
Sumber: alodokter.com

Organ ginjal yang sehat tidak membiarkan jumlah protein keluar terlalu banyak melalui filter ginjal. Namun, filter yang rusak akibat penyakit ginjal dapat membuat protein seperti albumin bocor dari darah ke dalam urine. Kondisi yang kerap disebut ginjal bocor ini sering kali merupakan gejala sakit ginjal, terutama jika Anda mengalami proteinuria berat di mana urine mengandung protein sebanyak 2 – 3 gram per hari. Pada penyakit albuminuria, terjadi kegagalan proses filtrasi (penyaringan) oleh ginjal. Terutama filtrasi protein (albumin). Akibatnya protein lolos dalam proses filtrasi dan ditemukan dalam urine. Beberapa penyebabnya adalah hipertensi, diabetes, lupus, preeklamsia, atau infeksi ginjal. Risiko terjadinya albuminuria juga meningkat pada orang yang obesitas, berusia di atas 65 tahun, dan hamil di usia 40 tahun ke atas.

5. Diabetes

Diabetes merupakan suatu penyakit kronis pada sistem endokrin dengan ciri-ciri utama berupa kadar glukosa dalam darah yang tinggi diikuti gangguan metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein dikarenakan tubuh tidak mampu untuk menghasilkan jumlah hormon insulin yang cukup menggunakan insulin yang diproduksi secara efektif, ataupun keduanya sekaligus (Budianto, *et al.*, 2022).

Diabetes Melitus (DM) merupakan sekelompok kelainan heterogen yang ditandai oleh kenaikan kadar glukosa dalam darah atau hiperglikemia. Dalam kondisi normal sejumlah glukosa dari makanan akan bersirkulasi didalam darah, kadar glukosa dalam darah diatur oleh insulin yaitu hormon yang diproduksi oleh pankreas berfungsi untuk mengontrol kadar glukosa dalam darah dengan cara mengatur pembentukan dan penyimpanan glukosa (Mustofa, *et al.*, 2022). Diabetes Melitus dapat disebabkan karena pada proses perombakan glukosa menjadi glikogen terganggu atau berkurang. Akibatnya, kadar gula dalam darah meningkat dan tidak dapat di reabsorbsi seluruhnya. Glukosa yang tidak dapat di reabsorbsi di ekskresikan bersama dengan urine.



Gambar 2.4. Diabetes mellitus

Sumber: medicoinfo.org

Diabetes insipidus terjadi saat ginjal memproduksi urine secara berlebihan. Kondisi ini disebabkan oleh masalah pada vasopressin (AVP) atau hormon diuretik (ADH). Otak memproduksi vasopressin untuk menghambat

produksi urine sehingga tubuh dapat menahan air. Jika produksi hormon ini terganggu, ginjal akan terus menghasilkan urine hingga mencapai kapasitas maksimalnya. Ginjal normalnya menghasilkan 1–2 liter urine dalam sehari, tapi pengidap diabetes insipidus bisa mengeluarkan urine sebanyak 3–20 liter per hari. Diabetes insipidus dan diabetes melitus sama-sama menimbulkan gejala sering minum dan sering buang air kecil. Namun, tidak seperti diabetes melitus, diabetes insipidus tidak terkait dengan kadar gula dalam darah. Proses munculnya kondisi ini juga tidak terkait dengan pola makan atau gaya hidup seperti diabetes melitus pada umumnya.

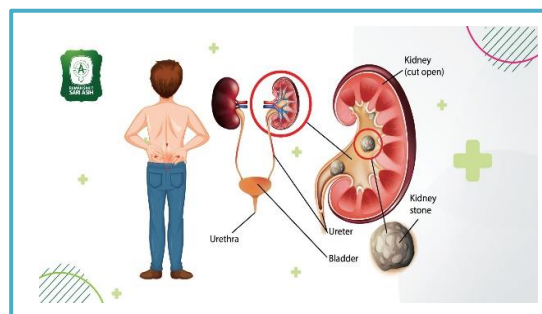


Gambar 2.5. Diabetes insipidus

Sumber: alodokter.com

6. Batu ginjal

Batu ginjal atau *Nephrolithiasis* ialah kondisi dimana terdapat bentukan berupa kristal endapan yang memblokir saluran-saluran dalam ginjal sehingga mengakibatkan proses pengeluaran urine menjadi terhambat dan membengkakkan ginjal (Khan, *et al.*, 2019). Kristal endapan tersebut dapat berupa endapan kalsium, oksalat, asam urat, atau sitrat yang sebenarnya merupakan zat yang normal ditemukan di dalam darah. Lokasi ditemukannya kristal endapan ini juga tidak selalu pada ginjal, namun juga dapat ditemukan di ureter dan kandung kemih.



Gambar 2.6. Ilustrasi penyakit batu ginjal

Sumber: sariasih.com

Terbentuknya batu di dalam ginjal dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kurang minum air putih, mengonsumsi obat tertentu, atau menderita suatu penyakit, seperti infeksi dan asam urat. Gejala batu ginjal biasanya tidak akan dirasakan penderitanya jika batu ginjal masih berukuran sangat kecil atau

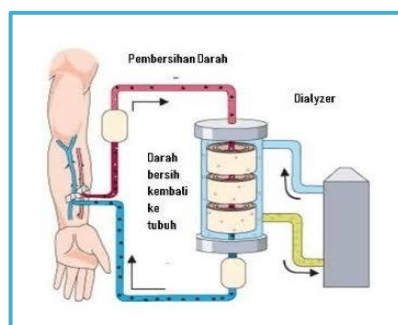
belum menyumbat saluran kemih. Namun jika batu berukuran besar dan sudah menyebabkan sumbatan, akan menimbulkan gejala berupa rasa nyeri. Gejala batu ginjal yang bisa muncul apabila batu bergesekan dengan saluran kemih adalah rasa nyeri yang menetap pada perut bagian samping, punggung bagian bawah, selangkangan atau bahkan testis, rasa mual, muntah, warna urine menjadi kemerahan atau lebih gelap, dan rasa sakit ketika berkemih.

Penyakit batu ginjal diketahui tidak menimbulkan adanya gejala awal yang dirasakan penderitanya, namun seiring berjalannya waktu timbullah rasa sakit dan nyeri yang parah saat buang air kecil serta adanya darah dalam urine yang dikeluarkan. Sebenarnya kristal endapan yang terbentuk bisa bervariasi ukurannya dan mayoritas dapat keluar dengan sendirinya di dalam urine. Namun pada kasus penyakit batu ginjal dengan kristal endapan yang berukuran sedang sampai besar, diperlukan penanganan khusus dalam upaya mengeluarkannya dari dalam tubuh (Aleign & Petros, 2018).

Penanganan dan mekanisme pengobatan penyakit ini bervariasi tergantung pada ukuran batu kristal endapan yang terbentuk. Batu ginjal yang berukuran kecil relatif tidak memerlukan penanganan yang khusus, yaitu hanya meminum banyak air kurang lebih sebanyak 4 sampai 5 liter per hari (Khan, *et al.*, 2019). Namun, untuk batu ginjal dengan ukuran yang sedang ataupun cukup besar pasti memerlukan penanganan khusus dikarenakan tidak dapat dengan mudah untuk keluar dari dalam tubuh melalui urine. Beberapa penanganan yang dipergunakan sebagai upaya untuk mengeluarkan batu tersebut ialah terapi *Lithotripsy* menggunakan gelombang suara tertentu untuk memecah batu yang tadinya berukuran besar menjadi bagian-bagian kecil dan tindakan operasi pengeluaran batu ginjal, meliputi prosedur *Nephrolithotomy* untuk mengeluarkan batu yang terbentuk di dalam dan sekitar ginjal atau prosedur *Ureteroscopy* untuk mengeluarkan batu yang terbentuk di sekitar ureter dan kandung kemih.

B. Teknologi Sistem Ekskresi

1. Hemodialisis (Cuci Darah)



Gambar 2.7. Kerja mesin ginjal

Sumber: Cahyaningsih, 2009.

Ada beberapa penyakit yang disebabkan karena terganggunya fungsi ginjal. Infeksi yang paling umum terjadi disebabkan oleh peradangan pada ginjal, gangguan aliran urin, atau kurangnya jumlah darah yang mengalir menuju ginjal.

Berbagai kelainan tersebut tentunya dapat mengurangi efiseiensi fungsi ginjal dan dapat menyebabkan gagal ginjal. Jika hal ini terjadi, tentunya urea dan zat toksik lain yang terakumulasi dalam darah akan berbahaya bagi tubuh dan dapat berujung pada kematian. Pada kasus yang lebih serius, penggunaan mesin ginjal buatan (mesin dialisis atau cuci darah) dapat digunakan untuk membersihkan darah. Mesin ginjal buatan ini bekerja dengan prinsip dialisis, sama seperti pada proses yang terjadi pada ginjal. Dialisis adalah proses pemisahan molekul kecil dari molekul yang lebih besar dengan menggunakan membran semi permeable.

Mesin ginjal menerima darah lewat saluran yang dihubungkan ke pembuluh arteri di lengan. Di dalam mesin, darah mengalir melalui saluran dialisis yang terbuat dari bahan selulosa (semipermeable). Saluran ini akan melakukan molekul kecil, termasuk urea untuk melewati membrane. Darah 'bersih' akan mengalir kembali ke tubuh pasien lewat saluran yang dihibungkan ke pembuluh vena pada lengan yang sama.

Cairan pada saluran dialisis ini dikondisikan serupa dengan plasma darah (larutan dialisis), kecuali beberapa zat sisa yang hanya sedikit dijumpai di dalam plasma. Dengan demikian, zat sisa yang memang sudah tidak berguna lagi akan didifusikan ke luar darah dan dibawa keluar dari tubuh dengan mesin ini.

2. Transplantasi ginjal

Transplantasi ginjal atau cangkok ginjal adalah prosedur bedah untuk mengganti organ ginjal yang telah rusak berat akibat gagal ginjal. Ginjal yang dicangkok dapat berasal dari donor yang masih hidup atau sudah meninggal dunia. Saat fungsi ginjal menurun, seperti pada gagal ginjal, zat yang seharusnya dibuang akan menumpuk di dalam tubuh dan menimbulkan gangguan kesehatan. Itulah sebabnya orang yang ginjalnya sudah tidak bekerja dengan baik perlu mendapatkan terapi yang bisa menggantikan fungsi ginjal. Pada tahap awal gagal ginjal, fungsi ginjal mungkin masih bisa dibantu dengan cuci darah dan continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD) atau cuci darah lewat perut. Namun, jika fungsi ginjal sudah sangat menurun, cuci darah maupun CAPD tidak dapat menanggung semua kerja ginjal.



Gambar 2.8. Transplantasi ginjal

Sumber: alodokter.com

3. ESWL (*Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy*)

Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) adalah prosedur untuk mengatasi penyakit batu ginjal dengan menggunakan gelombang kejut. Dengan ESWL, batu ginjal dapat dibuang tanpa melalui prosedur bedah. ESWL dilakukan dengan memfokuskan gelombang kejut di sekitar ginjal, untuk menghancurkan batu ginjal menjadi pecahan yang lebih kecil. Batu ginjal yang telah hancur kemudian akan keluar bersama urine. ESWL efektif dalam menghancurkan batu ginjal yang berdiameter kurang dari 2 cm. Jika batu ginjal berdiameter lebih dari 2 cm, pasien akan disarankan untuk menjalani prosedur lain.

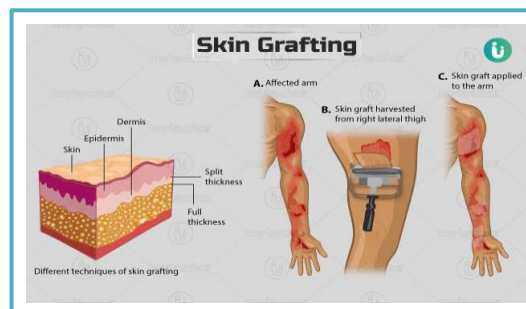


Gambar 2.9. ESWL

Sumber: alodokter.com

4. *Skin grafting* (cangkok kulit)

Skin grafting (cangkok kulit) merupakan tindakan memindahkan sebagian atau seluruh ketebalan kulit dari donor ke resipien yang membutuhkan. Cangkok kulit bertujuan untuk penanganan luka bakar yang parah, dengan area luka yang luas.



Gambar 2.10. Skin Grafting

Sumber: Pandey, 2020.

Rangkuman

Sistem ekskresi dapat mengalami berbagai gangguan atau kelainan. Berbagai gangguan atau kelainan pada sistem ekskresi tersebut antarlain Jerawat, asma, penyakit kuning, albuminuria, diabetes, dan batu ginjal. Adapun teknologi sistem eksresi yaitu hemodialisis, transplantasi ginjal, ESWL (*Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy*), *Skin grafting* (cangkok kulit).

AYO KERJAKAN



PENDEKATAN & ANALISIS MASALAH

Bukalah link dibawah ini dan bacalah artikel yang sudah tertera!

Transplantasi Ginjal Babi ke Manusia



Sumber: <https://sejawat.co.id/article/detail/transplantasi-ginjal-babi-ke-manusia-sukses-dilaksanakan-akan-jadi-terobosan-terbaru>



KLARIFIKASI MASALAH

Operasi transplantasi ginjal babi ke manusia menuai pujian oleh banyak orang sebagai terobosan medis yang dapat mempersingkat waktu tunggu transplantasi dan mengubah kehidupan pasien di seluruh dunia. Namun terlepas dari keberhasilan tersebut, beberapa orang mempertanyakan apakah prosedur tersebut etis? Beberapa pihak mempertanyakan masalah moral terkait keselamatan pasien, hak-hak hewan, dan masalah agama.

Bacalah artikel dibawah ini!

Sumber : <https://www.bbc.com/indonesia/dunia-59962171>

Setelah membaca artikel tersebut, analisislah dampak transplantasi ginjal tersebut dari segi kesehatan, hukum, etika, dan moral untuk mengklarifikasi kasus diatas.

Bidang	Uraian
Kesehatan	
Hukum	
Etika	
Moral	

Jawab:

<https://forms.gle/yA9fcG62Pp24Pvk46>



MELANJUTKAN ISU-ISU SOSIAL

Untuk lebih memahami issue terkait transplantasi ginjal, simaklah video berikut!



Sumber: Tvone

https://youtu.be/Usbqd_4knvY?si=9xVdsfyMS6ogVPG7



Sumber: Kumparan

https://youtu.be/2PE9DHWHaEE?si=0H_Bdo0dWKsW7



DISKUSI DAN EVALUASI

Setelah mengetahui kontroversi transplantasi ginjal babi ke manusia,, Diskusikanlah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Jelaskan mengapa transplantasi ginjal babi ke manusia ini harus dilakukan!
2. Apakah transplantasi ginjal babi ke manusia merupakan solusi terbaik untuk menyembuhkan penyakit gagal ginjal?
3. Resiko apa saja yang akan terjadi dalam transplantasi ginjal babi ke manusia?

Jawab :

<https://forms.gle/CQS4snUb4iFsm8d86>



METAREFLEKSI

Setelah mempelajari materi ini, apa yang dapat anda simpulkan mengenai kasus yang telah dibahas?

Jawab :

<https://forms.gle/zZAuAvE9utxNigy8>

TES FORMATIF

Tes formatif dalam E-modul ini berisikan soal-soal yang diharapkan dapat mengukur pemahaman kalian dalam materi sistem ekskresi. Tes formatif sendiri berisikan soal-soal pilihan ganda berjumlah 10 soal.

➤ **Petunjuk Pengerjaan Soal Tes formatif**

1. Persiapkan diri kalian dengan baik. Pastikan smartphone/laptop serta koneksi Internet yang akan kalian gunakan dalam mengerjakan soal ini berfungsi dengan baik.
2. Setelah link tes formatif terbuka, pastikan untuk menulis identitas diri terlebih dahulu secara lengkap dan benar.
3. Tes formatif dilaksanakan ketika pembelajaran berlangsung.
4. Pengerjaan soal tes formatif dilakukan secara individu. Dilarang untuk melihat catatan, uraian materi di E-modul, atau mengakses jawaban di Internet selama mengerjakan tes formatif.
5. Harap untuk memeriksa & membaca soal dengan teliti. Bila ada gangguan/kendala teknis lainnya, silahkan untuk menghubungi guru kalian.
6. Pastikan untuk memeriksa seluruh soal yang telah anda kerjakan sebelum submit tes evaluasi. Pastikan tidak ada soal yang tidak terjawab.
7. Jangan lupa berdoa sebelum dan sesudah mengerjakan soal tes evaluasi agar diberikan kelancaran & hasil yang memuaskan.

-SELAMAT MENGERJAKAN-

Klik link google form berikut untuk mengerjakan soal latihan kegiatan pembelajaran 1 (<https://bit.ly/Tessformatif2>) atau kamu dapat mengaksesnya melalui scan *QR code* dibawah ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Alelign, T. & Petros, B. (2018). Kidney Stone Disease An Update on Current Concepts. *Hindawi Journal*, 1(2): 1-12.
- Budianto, R. E., Linawati, N. M., Arijana, I. G. K. N., Wahyuniadi, I. A. I., & Wiryawan, I. G. N. S. (2022). Potensi Senyawa Fitokimia pada Tanaman dalam Menurunkan Kadar Glukosa Darah pada Diabetes Melitus. *Jurnal Sains & Kesehatan (J. Sains Kes.)*, 4 (5) : 548-556.
- Cahyaningsih, N. D. (2009). *Hemodialisis (cuci darah) panduan Praktis perawatan Gagal Ginjal*. Makassar: Mitra Cendikia.
- Campbell, N.A., & Reece, J. B. (2008). *Biologi Edisi 8 Jilid 3*. Jakarta: Erlangga.
- Colvy, J. (2010). *Ilmu Gizi dan Diet (Hubungannya dengan penyakit-penyakit untuk Perawat dan Dokter.)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Dewi, A.K.S., Kardana, I.M., & Suarta, K. (2016). Efektivitas Fototerapi Terhadap Penurunan Kadar Bilirubin Total pada Hiperbilirubinemia Neonatal di RSUP Sanglah. *Jurnal Sari Pediatri*, 18(2): 81-86.
- Indrayani, T. & Riani, A. (2019). Hubungan Fototerapi Dengan Penurunan Kadar Bilirubin Total pada Bayi Baru Lahir di RS Aulia Jagakarsa Jakarta Selatan Tahun 2019. *Dinamika Kesehatan Jurnal Kebidanan dan Keperawatan*, 10(1): 448-460.
- Irnaningtyas. (2013). *Biologi untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Kalangi, S. J. R. (2013). Histofisiologi Kulit. *Jurnal Biomedik (JBM)*, 5 (3): S12-S20.
- Khan, F., Haider, M.F., Singh, M.K., Sharma, P., Kumar, T., & Neda, E.N. (2019). A Comprehensive Review on Kidney Stones, Its Diagnosis and Treatment with Allopathic and Ayurvedic Medicines. *Medical Crave Journal*, 7(4): 69-74.
- Meilstrup, J. W. (1994). *Imaging Atlas of the Normal Gallbladder and Its Variants*. Boca Raton: CRC Press.
- Mescher, A.L. (2010). *Junqueira's basic Histology Text & Atlas*. New York: McGraw Hill Medical.
- Mustofa, E. E., Purwono, J., & Ludiana. (2022). Penerapan senam kaki terhadap kadar glukosa darah pada pasien diabetes melitus di wilayah kerja puskesmas purwosari kec. Metro utara tahun 2021. *Jurnal Cendikia Muda*, 2(1) : 78-86.
- Nurjanah, N., Aprilia, B. E., Fransiskayana, A., Rahmawati, M., & Nurhayati, T. (2018). Senyawa bioaktif rumput laut dan ampas teh sebagaiantibakteri dalam

- formula masker wajah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(2): 304-316. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i2.23086>.
- Pandey, Ayush. (2020). Skin Grafting. Diakses pada 15 Maret 2024, dari <https://www.myupchar.com/en/surgery/skin-grafting>
- Pratiwi, E., Soekarso, T., Adam, K., & Setiawaty, V. (2017). Identifikasi Virus Hepatitis A pada Sindrom Penyakit Kuning Akut di Beberapa Provinsi di Indonesia Tahun 2013. *Global Medical & Health Communication Journal*, 5(3): 199-204.
- Rahardian, R. & Ananda, A. (2018). *Minibook: master Biologi*. Jakarta: PT. Wahyu Media.
- Rosfadilla, P. & Tarigan, A. P. S. (2022). Asma bronkial eksaserbasi ringan-sedang pada pasien perempuan usia 46 tahun. *Averrous: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Malikussaleh*, 8(1) : 17-22.
- Sanjaya, G. R. W., Linawati, N. M., Arijana, I. K. N., Wahyuniari, I. A. I., Wiryawan, I. G. N. S. (2023). Flavonoid dalam Penyembuhan Luka Bakar pada Kulit. *Jurnal Sains dan Kesehatan (J. Sains Kes.)*. 5(2), 243-249.
- Sifatullah, N. & Zulkarnain. (2021). Jerawat (Acne vulgaris): Review Penyakit Infeksi Pada Kulit. *Prosiding Biologi Achieving the Sustainable Development Goals with Biodiversity in Confronting Climate Change*. 19-23.
- Soewolo, Basoeki, S., & Yudani, T. (2005). *Fisiologi Manusia*. Malang: Penerbit Universitas Negeri Malang Press.
- Solihat, R., Rustandi, E., Herpiandi, W., & Nursani, Z. (2022). *Biologi*. Jakarta: Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., & Orr, R.B. (2020). *Twelfth Edition Campbell Biology*. New York: Pearson Inc.
- Utami, Silmi Nurul. (2023). *Pleura struktur yang melindungi paru-paru*. Diakses pada 27 Februari 2024, dari <https://www.kompas.com/skola/read/2023/02/07/190000769/pleura-struktur-yang-melindungi-paru-paru>.
- Viandari, Eka, (2022). Memahami Fungsi hati pada manusia dan bagian hati yang bekerja. Diakses pada 27 Februari 2024, dari <https://www.quipper.com/id/blog/mapel/biologi/fungsi-hati/>
- Wardani, H.N. (2020). Potensi Ekstrak Daun Sirsak Dalam Mengatasi Kulit Wajah Berjerawat. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 2(4): 563-570.

GLOSARIUM

- Ammonia (NH₃):** Suatu zat bersifat toksik/beracun bagi tubuh yang merupakan produk sampingan dari proses deaminasi kelebihan asam amino di dalam tubuh
- Asam Amino :** Senyawa penyusun protein yang memiliki satu gugus karboksil dan satu gugus amino
Augmentasi: Proses ketiga dalam mekanisme pembentukan urine dimana terjadi penambahan berbagai macam zat-zat yang tidak lagi diperlukan oleh tubuh, seperti sisa-sisa vitamin dan obat-obatan dari cairan interstisial ke dalam tubulus kontortus distal
- Badan Malphigi :** Sebuah struktur yang terdiri atas glomerulus dan kapsula bowman pada ginjal
- Bilirubin :** Suatu zat hasil samping proses perombakan eritrosit yang telah tua atau rusak dan mengandung pigmen warna kuning keemasan.
- Cairan interstisial :** Cairan di luar sel yang ada di sekitar nefron
- Dermis :** Lapisan kulit di bawah epidermis yang tersusun atas jaringan ikat tidak beraturan dan merupakan tempat bagi rambut dan kelenjar- kelenjar kulit
- Detoksifikasi :** Proses di dalam tubuh untuk membuang atau menetralkan racun atau zat-zat yang bersifat toksik bagi tubuh
- Diabetes Melitus:** Penyakit kronik yang ditandai dengan tingginya kadar gula (glukosa) di dalam darah seseorang
Diuresis: Kondisi volume urine yang jauh lebih banyak dari pada normal
- Diuretik :** Zat-zat yang dapat menyebabkan terjadinya fenomena diuresis
- Ekskresi :** Proses di dalam tubuh yang secara alami akan mengeluarkan berbagai macam zat sisa metabolisme dari dalam tubuh
Elastisitas: Kemampuan suatu bagian ataupun organ untuk dapat kembali ke ukurannya semula
- Epidermis :** Lapisan kulit bagian atas yang tersusun atas jaringan epitel pipih berlapis banyak
- Filtrasi :** Proses pertama dalam mekanisme pembentukan urine berupa penyaringan berbagai zat-zat yang terlarut dalam darah
- Filtrat :** Hasil dari proses filtrasi pada mekanisme pembentukan urine di dalam ginjal

- Glomerulus** : Bagian dari nefron berupa anyaman dan kumpulan kapiler darah percabangan arteri renalis yang memasok darah dan berperan dalam tahapan filtrasi
- Hemodialisis** : Upaya pembersihan dan pembuangan zat-zat sisa metabolisme melalui sebuah mesin akibat ginjal yang tidak lagi berfungsi
- Hepatosit** : Sel-sel berinti yang menyusun organ hati Hilus: Lekukan ke arah dalam pada ginjal yang juga merupakan tempat masuk dan keluarnya pembuluh darah pada ginjal
- Hiperresponsif** : Kondisi dimana organ merespon sesuatu secara berlebihan (biasanya mekanisme pertahanan organ terhadap berbagai bakteri atau mikroorganisme asing yang masuk) Hipertensi: Tekanan darah lebih tinggi dari normal
- Homeostasis** : Kondisi keseimbangan yang dijaga oleh tubuh Hormon ADH: Sebuah hormon yang berperan penting dalam keseimbangan jumlah cairan di dalam tubuh dengan mengurangi konsentrasi air di dalam urine
- Integumen (Kulit)** : Bagian yang menutupi seluruh permukaan tubuh
- Kapsula Bowman:**Selaput yang menyelimuti glomerulus ginjal Katabolisme: Proses pemecahan molekul-molekul organik yang menghasilkan energi yang dapat dipergunakan oleh tubuh Keratinisasi: Proses pengerasan atau penandukan akibat adanya zat bernama keratin
- Keratohialin** : Molekul-molekul yang merupakan cikal bakal keratin Korteks: Daerah luar pada ginjal yang terlihat berwarna merah terang dan berada di lapisan antara kapsul ginjal dan medulla
- Lithotripsy** : Upaya dalam memecah batu ginjal yang terbentuk dengan menggunakan gelombang suara tertentu sehingga batu ginjal yang tadinya berukuran cukup besar dapat menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan lebih mudah untuk keluar. Lobulus: Bagian-bagian yang lebih kecil dari setiap lobus
- Lobus** : Bagian-bagian/belahan-belahan pada organ tubuh (misalnya paru-paru dan hati)
- Makrofag** : Suatu jenis sel yang bertanggung jawab dalam mekanisme pertahanan tubuh dengan mendeteksi, menelan, dan menghancurkan segala bentuk partikel asing yang ada di dalam tubuh
- Medula** : Daerah dalam pada ginjal yang terlihat berwarna merah lebih gelap dibandingkan daerah korteks dan terdapat bentukan piramida di dalamnya Melanosit: Sel-sel yang memberikan warna pada kulit, khususnya warna coklat

- Nefrolithiasis** : Penyakit yang ditandai dengan adanya endapan berupa kristal kalsium, oksalat, ataupun asam urat yang dalam ukuran tertentu dapat menyumbat saluran pengeluaran urine, baik pada ginjal atau pada bagian lainnya, seperti ureter dan kandung kemih
- Nefron** : Unit fungsional yang ada pada ginjal
- Reabsorpsi** : Proses penyerapan kembali berbagai zat-zat yang masih diperlukan kembali oleh tubuh dari dalam tubulus kontortus proksimal menuju cairan interstisial dan dikembalikan ke kapiler peritubular yang mengelilingi tubulus kontortus proksimal
- Sebum** : Zat minyak berwarna kekuningan yang merupakan produk dari kelenjar minyak pada kulit Stratum: Nama lain dari lapisan-lapisan yang menyusun suatu lapisan
- Urea ($\text{CH}_2\text{NH}_2\text{O}$)** : Suatu zat hasil perubahan bentuk dari Ammonia yang kurang berbahaya dan mudah larut dalam air sehingga aman dikeluarkan melalui urine

PENILAIAN

A. AYO KERJAKAN

Penilaian ini adalah sebagai pedoman dalam menilai tugas ayo kerjakan, dimana tugas ini berdasarkan pada pembelajaran Socio-scientific-issue (SSI). Gunakan rubrik berikut ini untuk menilai tugas tersebut dan tentukan skor berdasarkan rumus berikut.

Kriteria Penilaian	Skala Penilaian		
	10	15	20
Ringkasan masalah, pertanyaan dan isu	Tidak berusaha atau gagal dalam mengidentifikasi dan meringkas masalah secara akurat	Merangkum dengan baik, meskipun terdapat beberapa aspek yang salah atau membingungkan	Mengidentifikasi masalah dengan jelas, aspek implisit masalah dipertimbangkan. Mengidentifikasi faktor-faktor penting yang tidak terpisahkan untuk menganalisis masalah
Mempertimbangkan konteks dan asumsi	Menganalisis masalah dengan ruang lingkup dan konteks yang tidak jelas. Tidak mempertimbangkan pertanyaan, asumsi dan menyikapi etika yang mendasari masalah.	Menganalisis masalah dengan ruang lingkup yang jelas. Mengidentifikasi pengaruh konteks terhadap solusi masalah. Mempertimbangkan pertanyaan, asumsi, tetapi kurang mempertimbangkan prinsip-prinsip yang mendasari masalah	Menganalisis masalah dengan ruang lingkup dan konteks yang jelas dengan dukungan referensi yang relevan. Mengidentifikasi pengaruh konteks terhadap solusi masalah, Mempertimbangkan pertanyaan, asumsi serta prinsip-prinsip yang mendasari masalah
Berkomunikasi	Menyajikan dengan pernyataan sendiri tetapi hasil adopsi tidak mendukung, tidak didukung dengan argumen yang kuat. Gagal dalam membenarkan pendapat (tidak jelas)	Menyajikan dengan pernyataan sendiri dengan argumen yang kuat dan konsisten. Membenarkan hipotesis sendiri tanpa mengesampingkan pandangan lain.	Menyajikan dengan pernyataan sendiri dengan argumen yang kuat dan konsisten. Tepat mengidentifikasi didukung dengan pengalaman dan informasi.

Analisis data pendukung bukti	Tidak ada data dan bukti pendukung reverensi yang dipilih. Menolak bukti tanpa argumen yang jelas. Bukti yang disajikan tidak berhubungan dengan topik	Menunjukkan keterampilan yang memadai dalam memilih dan mengevaluasi reverensi untuk memenuhi kebutuhan informasi. Menggunakan bukti selektif	Data pendukung dan bukti referensi dengan analisis yang akurat. Mengakui keterbatasan bukti yang disajikan.
Menggunakan perspektif dan dugaan lainnya	Memandang masalah dari perspektif tunggal dan gagal untuk mendiskusikan perspektif orang lain. Alternatif tidak terintegrasi dan tidak jelas. Tidak ada bukti penilaian argumen.	Mulai berhubungan pandangan alternatif. Mengintegrasikan dari beberapa sudut pandang, namun masih terbatas	Membahas perspektif dari berbagai sudut pandang dan berbagai sumber untuk memenuhi syarat analisis. Pemanfaatan contoh dan argumen. Bukti dari refleksi dan penilaian argumen sangat lengkap.
Mengkaji kesimpulan, implikasi dan konsekuensi	Gagal untuk mengidentifikasi kesimpulan, implikasi, dan konsekuensi, atau kesimpulan terlalu sederhana atau ringkas	Kesimpulan mempertimbangkan bukti konsekuensi memperluas satu masalah, Persentase implikasi yang dapat mempengaruhi orang lain atau masalah. Menyajikan kesimpulan terkait konsekuensi	Mengidentifikasi dan membahas kesimpulan, implikasi dan konsekuensi, mempertimbangkan konteks, asumsi dan bukti. Memenuhi syarat pernyataan sendiri.
Berkomunikasi efektif	Dibanyak tempat bahasa mengaburkan makna, tata bahasa, sintaksis, atau kesalahan lainnya berulang. Gaya bahasa tidak konsisten dan tidak relevan. beberapa menggunakan rujukan dari sumber yang tidak benar	Penyajian tugas menggunakan bahasa yang efektif meskipun ada beberapa pemakaian yang sulit dimengerti. Menggunakan sumber yang benar	Penyajian tugas menggunakan bahasa yang efektif. Analisis masalah dan ide-ide terorganisasi dengan baik, penyampaiannya fasih dan mudah dipahami. Semua sumber yang digunakan memberikan daya dukung argumen

			dan bukti
--	--	--	-----------

Skor Maksimal : 140

$$\text{Skor Perolehan} = \frac{\text{Jumlah perolehan skor}}{\text{Skor maksimal}} \times 100$$

B. PILIHAN GANDA

Berapa skor yang kalian dapatkan dari “Soal Latihan & Tes Evaluasi”? cocokkan jawaban kalian dengan kunci jawaban yang telah disediakan pada bagian akhir E-modul ini. Gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan materi yang kalian dapatkan.

Jawaban	Skor
Benar	1
Salah	0

Rumus penilaian

$$\text{Tingkat Penguasaan (TP)} = \frac{\text{Jumlah perolehan skor}}{\text{Jumlah soal}} \times 100$$

Nilai	Kategori
$TP \geq 85\%$	Baik sekali
$75\% \leq TP < 85\%$	Baik
$65\% \leq TP < 75\%$	Cukup
$TP < 65\%$	Kurang

Jika kalian memperoleh tingkat penguasaan 75% atau lebih, maka kalian telah menyelesaikan pembelajaran pada materi tersebut. **Great job!** Kalian telah menyelesaikan materi dengan baik. Namun, apabila kalian memperoleh tingkat penguasaan kurang dari 75%, kalian harus mengulangi mempelajari materi lebih mendalam lagi, dan menanyakan kepada guru, terutama pada bagian yang kalian belum fahami. **Never give up, you can do it!**

PROFIL PENULIS



Dina Itsmidatuzzarqo lahir pada tanggal 26 Mei 2002 di Cirebon, Jawa Barat. Penulis bertempat tinggal di Dusun Manis Desa Mertapada Wetan, Kec. Astanajapura, Kab. Cirebon, Jawa Barat, Indonesia.

Jenjang Pendidikan yang pernah ditempuh oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. SDN 2 Mertapadawetan (2008-2014)
2. MTs Agama Islam Mertapada (2014-2017)
3. MA Agama Islam Mertapada (2017-2020)

Saat ini penulis sedang menempuh pendidikan strata-1 (S1) di Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Syekh Nurjati Cirebon, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Jurusan Tadris Biologi.

