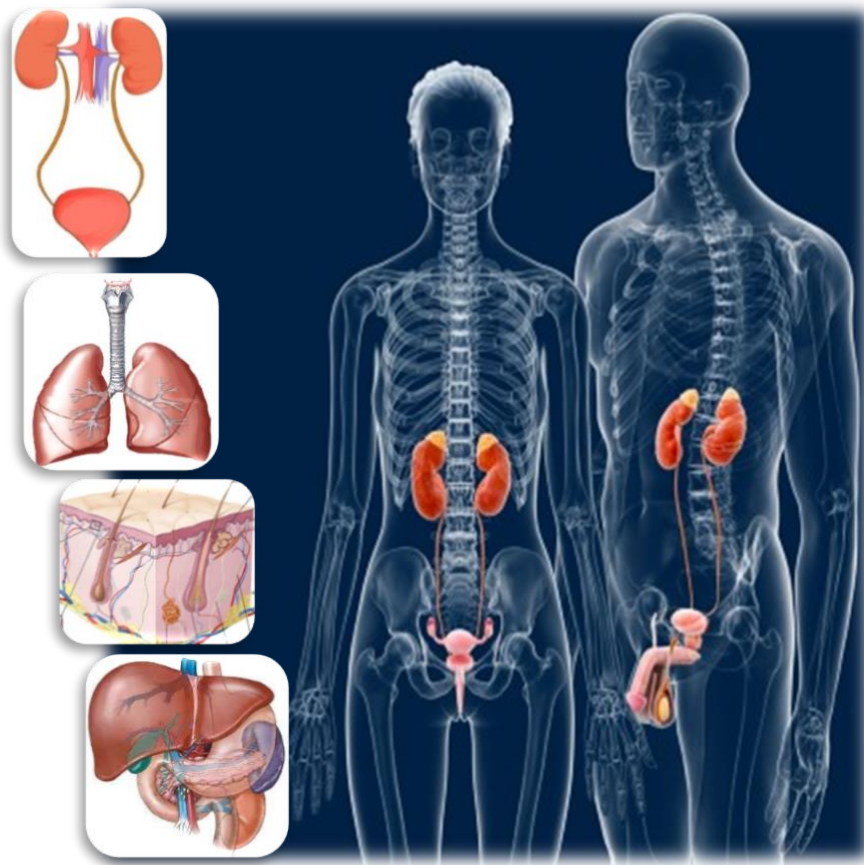


MODUL

SISTEM EKSKRESI PADA MANUSIA



Disusun oleh :
Dr. Irdalisa, S.Si., M. Pd

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan pada Allah SWT atas berkat, rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan modul pembelajaran dengan kajian materi tentang “Sistem Ekskresi Pada Manusia”. Tujuan pembuatan modul pembelajaran ini adalah sebagai bahan belajar yang disusun berbasis *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (TPACK) dapat digunakan untuk membantu mahasiswa dalam proses pembelajaran. Modul pembelajaran ini terdiri dari beberapa komponen penting, antara lain: tujuan pembelajaran, indikator pencapaian kompetensi, uraian materi, kegiatan praktikum, rangkuman, glosarium dan latihan soal.

Dengan keterbatasan dalam modul pembelajaran ini, saya mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca dan penulis khususnya.

Jakarta, Agustus 2021

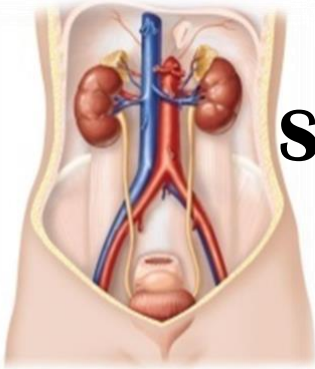
Penulis

TUJUAN PEMBELAJARAN

Pada materi ini memperjelas keterkaitan struktur, fungsi, dan proses serta kelainan atau penyakit pada sistem ekskresi manusia.

INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI

1. Dapat mendeskripsikan mekanisme kerja ginjal, hati, kulit, dan paru-paru dalam sistem ekskresi.
2. Dapat memperjelas beberapa penyakit yang dapat mengganggu kerja ginjal, hati dan paru-paru.
3. Dapat memperjelas beberapa gangguan dan penyakit pada kulit.



SISTEM EKSKRESI PADA MANUSIA

Kapankah kamu berkeringat? Bila suhu udara dingin ataukah panas, atau setelah berolah raga? Kapankah kamu merasa lebih sering buang air kecil ? bila suhu udara dingin ataukah panas?

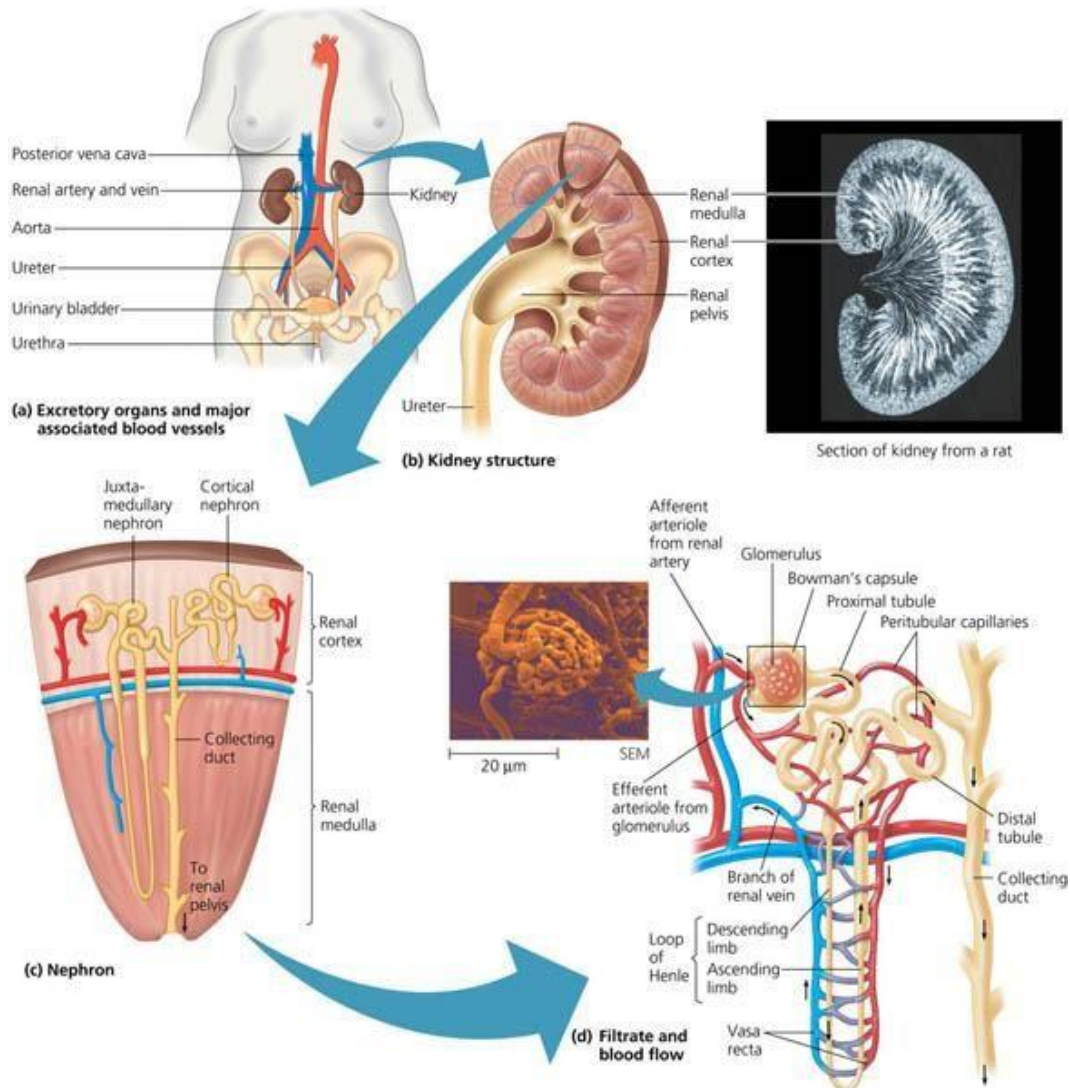
Ada zat-zat sisa metabolisme yang harus dikeluarkan dari tubuh karena apabila zat tersebut tidak dikeluarkan maka akan menjadi racun bagi tubuh. Proses pengeluaran sisa-sisa metabolisme yang sudah tidak diperlukan lagi oleh tubuh ini disebut dengan ekskresi. Zat sisa metabolisme yang harus dikeluarkan oleh tubuh adalah CO_2 , air, garam-garam dan senyawa nitrogen yang disebut *urea*.

Sistem ekskresi manusia terdiri atas alat-alat ekskresi. Organ-organ ekskresi manusia berupa ginjal, kulit, hati, dan paru-paru.

1. GINJAL

a. Letak Ginjal

Ginjal terletak di bagian belakang cavum abdominalis di belakang peritonium, yang melekat pada dinding belakang abdomen (Gambar 1). Bentuk ginjal seperti biji kacang, jumlahnya ada dua buah kiri dan kanan, ginjal kiri lebih besar dari ginjal kanan dan pada umumnya ginjal laki-laki lebih panjang dari ginjal wanita. Setiap ginjal orang dewasa beratnya kira-kira 150 gram dan kira-kira seukuran kepalan tangan.



Gambar 1. Penampang Melintang Ginjal dan Nefron (Campbell *et al.*, 2010)

b. Fungsi Ginjal.

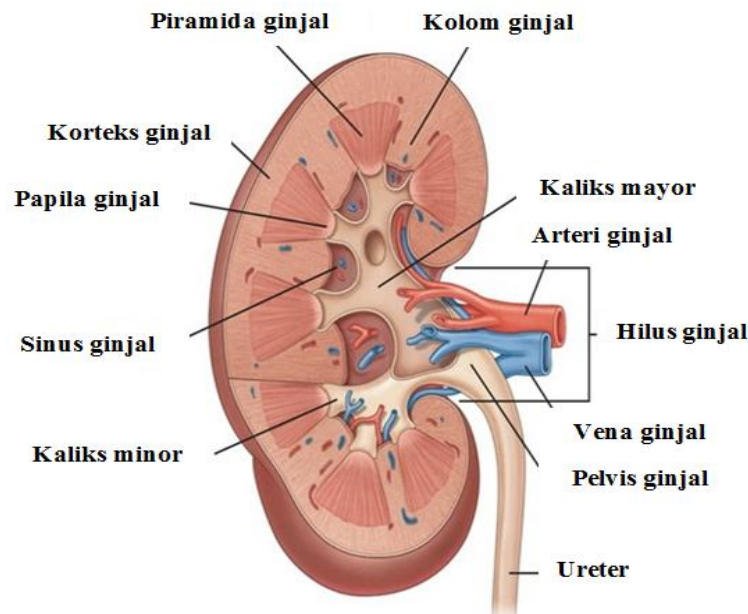
Ginjal memiliki beberapa fungsi :

- 1) Membuang sisa metabolisme seperti urea, asam urat, kreatinin, keratin, obat-obatan, dan zat lain yang bersifat racun.
- 2) Menjaga keseimbangan air dalam tubuh dengan mengatur volume plasma darah dan volume air.
- 3) Mengatur kandungan elektrolit dengan menyaring zat-zat kimia yang masih berguna bagi tubuh (nutrium, fosfor ,dan kalium) dan mengembalikannya ke saluran peredaran darah.

- 4) Menjaga asam basa cairan darah dengan mengatur pH plasma dan cairan tubuh dengan mengekskresikan urin yang bersifat basa atau asam.
- 5) Menjaga tekanan osmosis dengan cara mengatur ekskresi garam-garam, yaitu membuang jumlah garam yang berlebihan dan menahan garam apabila jumlahnya berkurang.
- 6) Menjalankan fungsi sebagai hormon dengan menghasilkan zat-zat berikut :
 1. Eritropoietin (EPO) yang merangsang sumsum tulang membuat sel-sel darah merah (Eritrosit)
 2. Renin membantu tekanan darah
 3. Kalsitriol merupakan bentuk aktif vitamin D yang membantu penyerapan kalsium dan menjaga keseimbangan kimia dalam tubuh.

c. Struktur Ginjal

Ginjal memiliki berat sekitar 0,5% dari berat tubuh yang menyusun kurang dari 1% masa tubuh manusia. Ginjal menerima sekitar 25% darah yang keluar dari jantung. Ginjal tersusun atas tiga bagian, yaitu korteks, medula, dan pelvis (Gambar 2). Korteks merupakan bagian luar ginjal. Bagian dalam ginjal disebut medula. Pelvis merupakan bagian dalam dengan terkecil pada ginjal. Masing-masing ginjal manusia mengandung kira-kira sejuta nefron dengan panjang total tubulus sebesar 80 km. Setiap nefron terdiri dari badan malpighi dan saluran nefron. Nefron yaitu unit fungsional terkecil pada ginjal. Badan malpighi mengandung glomerulus yang diselubungi oleh kapsul bowman. Glomerulus berupa anyaman pembuluh kapiler darah, sedangkan kapsul bowman berbentuk cawan berdinding tebal yang mengelilingi glomerulus. Glomerulus ini berhubungan dengan arteriola aferen (lebar) dan arteriola eferen (sempit). Oleh karena itu, glomerulus turut berperan mengatur tekanan darah. Fungsi utama glomerulus sebagai penyaring atau filtrasi cairan darah. Saluran ginjal terdiri dari kapsul bowman, tubulus proksimal, lengkung henle, dan tubulus distal.



Gambar 2. Penampang Melintang Ginjal dan Nefron (Drake *et al.*, 2012)

Pada bagian medula terdapat piramida ginjal dan piala ginjal yang mengandung pembuluh-pembuluh yang berfungsi untuk mengumpulkan hasil ekskresi. Pembuluh-pembuluh tersebut berhubungan dengan ureter yang bermuara pada kantong kemih. Kantong kemih berfungsi sebagai tempat penampungan urin sementara. Jika kantong kemih telah mengandung banyak urin, maka dinding kantong akan tertekan sehingga merengangnya otot melingkar pada pangkal kantong kemih sehingga akan timbul rasa ingin buang air kecil. Urine kemudian akan dikeluarkan melalui uretra.

Untuk mempelajari lebih lanjut mengenai struktur ginjal dapat melalui link berikut ini : <https://www.youtube.com/watch?v=8LJrejmrU>

d. Proses Pembentukan Urine

Proses pembentukan urine terjadi di dalam nefron. Proses pembentukan urine meliputi filtrasi (penyaringan zat-zat sisa yang beracun), reabsorpsi (penyerapan kembali), dan augmentasi (pengeluaran zat sisa yang tidak diperlukan lagi oleh tubuh).

✓ Filtrasi

Pembentukan urine diawali dengan filtrasi yang terjadi di glomerulus. Filtrasi berlangsung pada saat darah masuk ke nefron melalui arteriola aferen. Pada

saat melalui arteriola aferen ini, tekanan darah relative cukup tinggi, sedangkan tekanan darah di arteriola eferen relative cukup rendah. Kondisi ini terjadi karena diameter arteriola aferen lebih besar dan ukurannya lebih pendek dibandingkan dengan arteriola eferen. Keadaan inilah yang menyebabkan terjadinya filtrasi. Pada saat itu, berliter-liter darah didorong ke ruang glomerulus yang berukuran kecil lalu ke dalam lumen kapsula Bowman.

Di glomerulus terdapat sel-sel endothelium kapiler yang berpori (podosit), membran basiler, dan epitel kapsul Bowman, yang dapat mempermudah proses filtrasi yaitu tekanan hidrostatik dan tekanan osmotik. Kapiler yang berpori dan sel-sel kapsula yang terspesialisasi bersifat permeabel terhadap air dan zat-zat terlarut kecil tetapi tidak terhadap sel darah atau molekul besar seperti protein plasma. Pada proses filtrasi ini sel-sel darah, trombosit, dan sebagian besar protein plasma disaring dan diikat agar tidak turut dikeluarkan. Sementara itu, zat-zat kecil terlarut dalam plasma seperti glukosa, asam amino, natrium, kalium, klorida bikarbonat, garam lain, dan urea melewati saringan dan menjadi bagian dari endapan. Hasil saringan tersebut merupakan urine primer (filtrate glomerulus).

Jadi, urine primer komposisinya masih serupa dengan darah tetapi tidak mengandung protein dan tidak mengandung elemen selular di antaranya sel darah merah. Cairan filtrasi dari glomerulus ini akan masuk ke tubulus dan mengalami reabsorpsi.

✓ Reabsorpsi

Proses reabsorpsi adalah proses penyerapan kembali zat-zat yang masih berguna bagi tubuh. Pada proses ini terjadi reabsorpsi zat-zat berikut:

a). Reabsorpsi air

Pada keadaan normal, sekitar 99% air yang menembus membrane filtrasi akan diabsorpsi sebelum mencapai ureter. Reabsorpsi di tubulus kontroktus proksimal dilakukan secara pasif melalui proses osmosis yang disebut reabsorpsi obligat. Sebaliknya, reabsorpsi air di tubulus kontroktus distal dilakukan secara aktif yang disebut dengan reabsorpsi fakultatif. Reabsorpsi fakultatif terjadi tergantung pada kebutuhan yang dipengaruhi oleh hormon antidiuretik (ADH) yang disekresikan oleh kelenjar hipofisis. Jika tubuh terlalu banyak mengandung air, air tidak direabsorpsi. Tetapi jika kandungan air dalam

tubuh sedikit, maka terjadilah reabsorpsi. Apabila sekresi hormon antidiuretik dari kelenjar hipofisis sangat berkurang, maka reabsorpsi air akan dihambat.

b). Reabsorpsi zat tertentu

Reabsorpsi zat-zat tertentu dapat terjadi secara transport aktif dan difusi. Zat-zat yang mengalami transport aktif pada tubulus proksimal yaitu ion Na^+ , K^+ , PO_4^- , NO_3^- , glukosa, dan asam amino. Ion-ion khususnya ion Na^+ mengalami difusi dari sel tubulus menuju pembuluh kapiler. Difusi ini terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi ion di dalam dan di luar sel tubulus. Difusi tersebut dapat meningkat karena permeabilitas sel tubulus yang tinggi terhadap ion natrium.

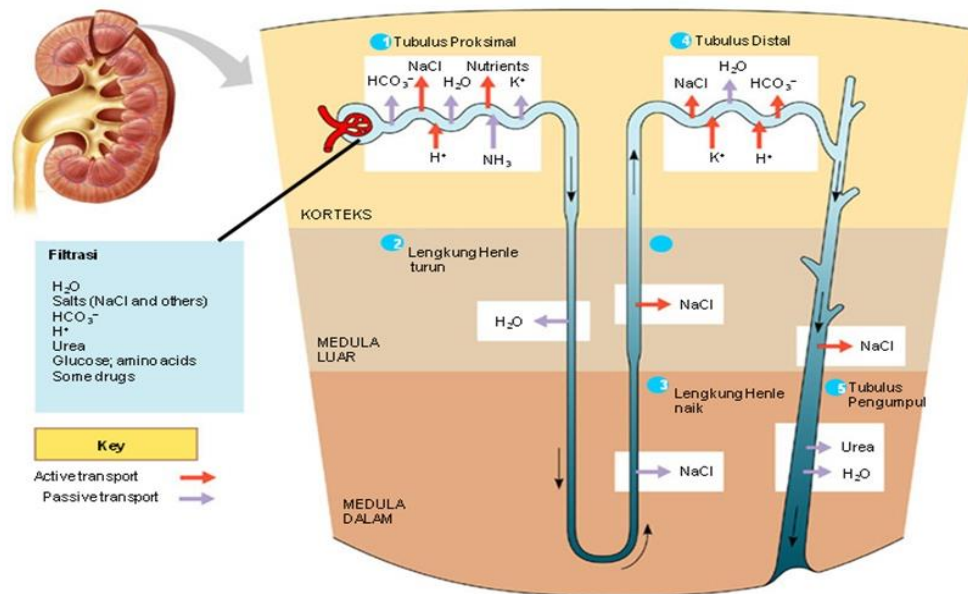
c). Reabsorpsi zat yang penting bagi tubuh

Zat-zat penting bagi tubuh yang secara aktif direabsorpsi yaitu protein, asam amino, glukosa, asam asetoasetat. Zat-zat tersebut direabsorpsi secara aktif di tubulus proksimal sehingga tidak akan ditemukan lagi di lengkung Henle. Setelah terjadi reabsorpsi, maka tubulus akan menghasilkan urine sekunder. Pada urine sekunder ini zat-zat yang masih diperlukan tidak akan ditemukan lagi. Sebaliknya, konsentrasi zat-zat sisa metabolisme yang bersifat racun akan bertambah, misalnya ureum dari 0,03% dalam urine primer dapat mencapai 2% dalam urine sekunder.

✓ Augmentasi

Augmentasi adalah proses penambahan zat-zat yang tidak diperlukan oleh tubuh ke dalam tubulus kontroktus distal. Peristiwa ini juga disebut sekresi tubular. Sel-sel tubulus mensekresi ion hydrogen (NH_3^-) dan ion kalium (K^+) ke dalam lumen tubulus melalui proses difusi. Ion-ion ini kemudian menyatu dengan urine sekunder. Penambahan ion hidrogen sangat penting untuk menjaga keseimbangan pH dalam darah.

Untuk mempelajari lebih lanjut mengenai proses pembentukan urin dapat melalui link berikut ini : <https://www.youtube.com/watch?v=zVzgswdRRHA>



Gambar 3. Proses Pembentukan Urin (Aryadora, 2012)

e. Urin dan Komposisinya

Mikturasi merupakan refleks yang dapat dikendalikan dan dapat ditahan oleh pusat persarafan dari manusia. Gerakan oleh kontraksi otot abdominal yang menambah tekanan di dalam rongga dan berbagai organ yang menekan kandung kemih membantu mengosongkannya. Rata-rata dalam satu hari 1-2 liter, tetapi berbeda sesuai dengan jumlah cairan yang masuk. Urin berwarna bening orange, pucat tanpa endapan, baunya tajam dengan pH rata-rata 6. Komposisi urin terdiri dari kira-kira 95% air, zat-zat nitrogen dari hasil metabolisme protein asam urea, (natrium, kalsium, NH₃, bikarbonat, fosfat, dan sulfat), elektrolit, toksin, hormon, pigmen empedu (bilirubin dan urobilin), amoniak dan kreatinin. Pigmen empedu ini berfungsi memberi warna dan bau pada urine.

Jika pH dalam darah mulai turun, sekresi ion hidrogen akan meningkat sampai berada pada keadaan pH normal (7,3-7,4) dan urine yang dihasilkan memiliki pH sekitar 4,5-7,5. Urine yang terbentuk akan disimpan sementara di kantong kemih. Setelah itu, urine akan dikeluarkan dari tubuh melalui uretra.

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI JUMLAH DAN TERBENTUKNYA URINE**1. Cuaca**

Apabila cuaca panas, cairan tubuh lebih banyak dikeluarkan dalam bentuk keringat sedangkan apabila cuaca dingin cairan tubuh akan dikeluarkan dalam bentuk urine.

2. Jumlah air yang diminum

Apabila banyak minum air, maka jumlah urin yang dikeluarkan juga meningkat.

3. Hormon Antidiuretik (ADH)

Hormon ADH menjadi faktor internal yang berperan dalam menentukan jumlah pengeluaran urin. Target hormon ADH adalah tubulus distal dan saluran pengumpul. ADH menyebabkan perubahan-perubahan yang menjadikan epitelium lebih permeabel terhadap air. Peningkatan reabsorpsi air yang dihasilkan akan memekatkan urin, mengurangi volume urin, dan menurunkan osmolaritas darah kembali ke 300 mOsm/L.

4. Psikologis

Psikologis sangat berpengaruh terhadap pengeluaran urin. Orang yang sedang cemas, aktivitas metabolismenya akan lebih cepat sehingga akan lebih sering mengeluarkan urine.

5. Alkohol dan kafein

Alkohol dapat menghambat pelepasan ADH. Seseorang yang banyak minum alkohol dan kafein maka jumlah urin akan meningkat.

GANGGUAN DAN PENYAKIT GINJAL**1. Batu Ginjal**

Batu ginjal merupakan massa yang keras seperti batu yang terbentuk di sepanjang saluran kemih. Proses pembentukan batu ini disebut urolitiasis. Batu ginjal sekitar 80% terdiri dari kalsium dan sisanya berupa asam urat, sistin, dan mineral struvit yang menyebabkan nyeri di perut bagian bawah. Apabila batu ginjal menyumbat ureter, pelvis ginjal, maupun tubulus dapat menyebabkan nyeri

pungggung. Urine tersebut dapat menjadi sarang bakteri dan dapat menyebabkan infeksi.

2. Diabetes Melitus (DM)

Diabetes mellitus disebabkan oleh kurangnya produksi insulin (DM tipe I) atau kurangnya sensitifitas jaringan tubuh terhadap insulin (DM tipe II). Diabetes melitus ditandai dengan gejala adanya poliuria (sering buang air kecil dalam jumlah banyak). Gejala yang lain berupa polidipsia (rasa haus terus menerus) dan poliphagia (mudah lapar). Gejala awal yang biasa digunakan untuk indikasi yaitu kadar gula darah yang tinggi. Jika kadar gula darah sampai di atas 160-180 mg/dl, maka glukosa akan turut dikeluarkan dalam urine.

3. Gagal Ginjal Kronis

Gagal ginjal kronis yaitu keadaan ginjal yang mengalami kerusakan permanen sehingga ginjal tidak dapat menjalankan fungsinya. Gagal ginjal ditandai dengan edema (pembengkakan) di seluruh tubuh, hipertensi, dan kadar kreatinin < 25. Dalam beberapa kasus serius, penderita gagal ginjal akan disarankan untuk melakukan tindakan haemodialisis (pencucian darah) atau transplantasi ginjal.

4. Nefritis

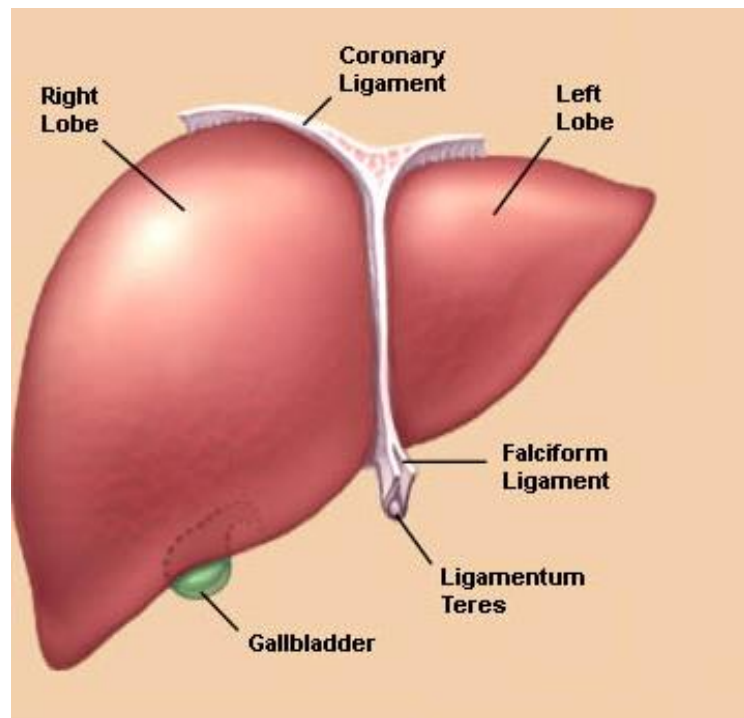
Nefritis atau peradangan ginjal merupakan salah satu penyakit ginjal yang ditandai adanya albumin dalam urine (albuminuria). Apabila urine penderita diperiksa secara mikroskopik maka akan tampak sel-sel darah merah, sel-sel darah putih, serta serpihan granular.

5. Glomerulonefritis

Glomerulonefritis merupakan peradangan ginjal khususnya bagian glomerulus. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi bakteri *Streptococcus*. Peradangan pada glomerulus mengakibatkan terganggunya proses filtrasi. Penyakit ini ditandai dengan adanya protein dalam darah (proteinuria), adanya darah dalam urine (hematuria), serta hipertensi.

2. HATI

Hati adalah organ yang paling besar di dalam tubuh manusia, warnanya coklat dan beratnya lebih kurang 1,5 kg yang terletak di bagian atas dalam rongga abdomen di sebelah kanan bawah diafragma. Ada dua lapisan utama hati yaitu permukaan atas berbentuk cembung terletak di bawah diafragma dan permukaan bawahnya tidak rata dan memperlihatkan lekukan fisura transversus.



Gambar 4. Hati Pada Manusia (Campbell *et al.*, 2010)

Hati mempunyai dua jenis peredaran darah yaitu vena porta dan arteri hepatica. Hati menghasilkan empedu sekitar 1 liter empedu setiap hari. Empedu dibentuk di sela-sela kecil di dalam hati. Empedu mengalir melalui saluran hepatica kiri dan kanan dari kedua lobus hati. Empedu mengandung garam-garam empedu sebagai pengemulsi untuk membantu dalam digesti dan absorpsi lipid. Kantong empedu menampung sekitar 50 ml empedu. Empedu disekresikan dalam dua tahap oleh hati yaitu disekresikan oleh sel-sel hepatosit hati yang mengandung sejumlah besar asam empedu, kolesterol, dan zat-zat organik lain. Lalu empedu disekresikan ke dalam kanalikuli biliaris. Produksi empedu terintegrasi dengan tugas hati yang

lain seperti penghancuran sel darah merah yang tidak berfungsi lagi. Produk sampingan penguraian sel darah merah berupa pigmen-pigmen empedu akan dibuang dari tubuh bersama feses.

a. Fungsi Hati

Hati mempunyai fungsi sebagai berikut :

- ✓ Hati sebagai tempat menyimpan energi

Hati menyimpan energi dalam bentuk glikogen. Glikogen dibentuk dari suatu jenis zat gula yang disebut glukosa. Ketika kadar gula dalam darah tinggi, melalui proses glikogenesis, hati mengkombinasi molekul-molekul glukosa yang tersusun dalam rantai yang panjang menjadi glikogen. Ketika kadar glukosa dalam darah lebih rendah dari kebutuhan tubuh, hati mengubah glikogen menjadi glukosa.

- ✓ Hati menyimpan vitamin-vitamin

Hati mengambil vitamin dari aliran darah yang diangkut oleh pembuluh portal hepatic. Hati kemudian mengumpulkan dan menyimpan persediaan vitamin A, B, D, E, dan K. Vitamin ini dapat disimpan hingga dua sampai empat tahun.

- ✓ Hati sebagai pabrik kimia tubuh

Beberapa protein penting yang ditemukan di dalam darah dihasilkan oleh hati. Salah satu dari protein ini yaitu albumin. Albumin berfungsi membantu ketersediaan kalsium dan unsur-unsur penting lain dalam aliran darah. Albumin juga membantu pergerakan air dari aliran darah ke jaringan tubuh. Selain albumin, hati juga memproduksi globin. Globin turut membentuk hemoglobin yang merupakan pembawa oksigen dalam sel darah merah. Jenis protein lain yang ditemukan dalam hati yaitu globulin. Globulin yaitu sekelompok protein yang didalamnya terdapat antibodi. Globulin ini berperan sebagai sistem pelengkap dari sistem kekebalan tubuh yang berkombinasi dengan antibodi melawan mikroorganisme yang menyerang tubuh. Selain itu, globulin juga merupakan komponen kunci dari membrane sel yang mengangkut lemak dalam aliran darah ke dalam jaringan tubuh. Zat kimia lain yang dihasilkan oleh hati yaitu fibrinogen dan prothrombin. Zat kimia ini

membantu menyembuhkan luka dan membantu darah membentuk zat pembeku dan kolesterol.

- ✓ Hati sebagai pembersih atau detoksifikasi

Hati membantu membersihkan zat-zat beracun, seperti obat dan alkohol dari aliran darah dengan cara menyerap zat-zat berbahaya tersebut lalu menetralkannya menggunakan cairan empedu.

- ✓ Hati memproduksi cairan empedu

Fungsi hati dalam sistem ekskresi yaitu menghasilkan empedu secara terus-menerus. Hati setiap harinya mampu menghasilkan empedu 800-1.000 ml. empedu mengandung air, asam empedu, garam empedu, kolesterol, fosfolipid (lesitin), zat warna empedu (pigmen bilirubin, biliverdin), dan beberapa ion. Empedu berasal dari penghancuran hemoglobin dari eritrosit yang telah tua. Hemoglobin akan diuraikan menjadi hemin, zat besi, dan globin. Zat besi dan globin akan disimpan di dalam hati, kemudian dikirim ke sumsum tulang merah untuk pembentukan antibody atau hemoglobin baru. Sementara itu, hemin akan dirombak menjadi bilirubin dan biliverdin. Bilirubin dan biliverdin ini merupakan zat warna bagi empedu dan mengandung warna hijau biru. Zat warna tersebut di dalam usus akan mengalami oksidasi menjadi urobilin sehingga warna feses dan urine menjadi kekuningan. Empedu ini berperan mencerna dan mengabsorpsi lemak dalam usus, mengaktifkan lipase, mengubah zat yang tidak larut dalam air menjadi zat yang larut dalam air, serta membentuk urea dan amoniak

b. Struktur Hati

Hati terdiri atas dua lobus utama, yaitu lobus kiri dan kanan, dengan posisi sedikit saling menindih. Lobus kanan memiliki dua lobus yang salah satunya berukuran lebih kecil (Gambar 4). Setiap lobus terdiri dari banyak lobulus. Lobulus merupakan unsur terkecil yang menyusun hati. Struktur lobulus berbentuk persegi enam, dengan panjang 1 mm.

Bagian luar hati diselaputi oleh kapsula hepatica. Dalam jaringan hati terdapat beberapa pembuluh darah, yaitu arteri hepatica dan vena portal hepatica. Arteri hepatica mengangkut 30% darah dari jumlah total darah di hati. Darah ini

berasal dari percabangan aorta sehingga darah yang diangkut merupakan darah kaya oksigen. Darah yang diangkut vena portal hepatica mengangkut 70% dari jumlah total darah yang ada di hati. Darah ini mengangkut sari-sari makanan dari usus halus. Pembuluh yang mengangkut darah keluar dari hati yaitu vena hepatica.

Pertemuan antara pembuluh arteri hepatica dan vena portal hepatica membentuk sinusoid. Pada sinusoid terjadi spesialisasi sel yang membentuk sel kupffer. Sel ini bertugas memfagositosis organisme asing atau zat-zat berbahaya.

Untuk mempelajari lebih lanjut mengenai hati dapat melalui link berikut ini : https://www.youtube.com/watch?v=a_zNtHI9Io0

PENYAKIT DAN GANGGUAN PADA HATI

1. Hepatitis atau Radang Hati

Hepatitis adalah peradangan pada hati atau liver. Penyakit ini bisa disebabkan oleh infeksi virus, bisa juga oleh penyakit atau kondisi lain seperti kebiasaan mengonsumsi alkohol, penggunaan obat-obatan tertentu maupun penyakit autoimun. Hepatitis yang disebabkan oleh infeksi virus terdiri dari hepatitis A, B, C, D dan E.

2. Sirosis Hati (Pengerasan Organ Hati)

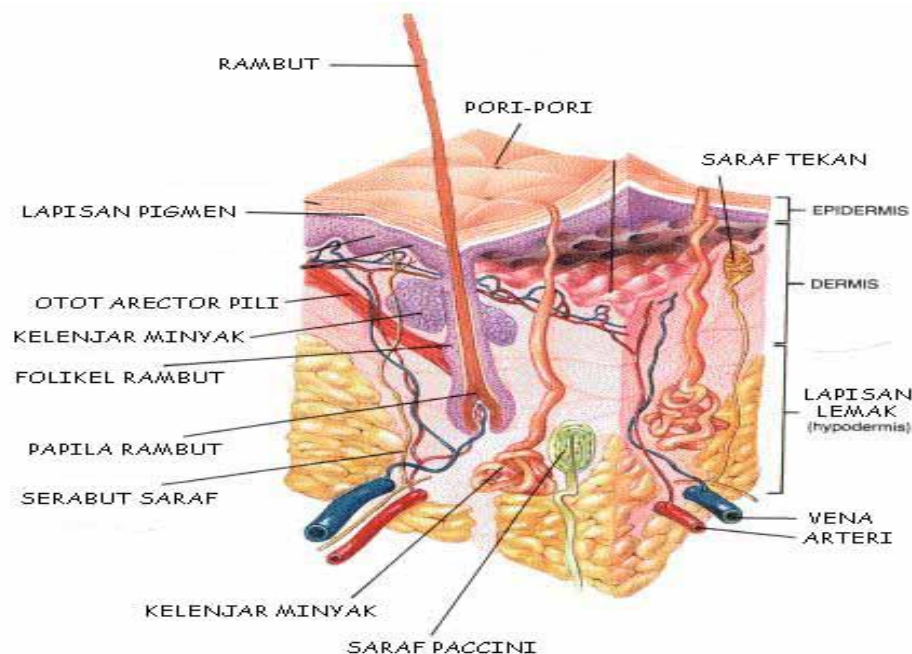
Sirosis adalah penyakit hati kronik yang mengakibatkan kerusakan sel hati dan sel tersebut digantikan oleh jaringan parut sehingga terjadi penurunan jumlah jaringan hati normal. Peningkatan jaringan parut menimbulkan distorsi struktur hati yang normal sehingga terjadi gangguan aliran darah melalui hati dan terjadi gangguan fungsi hati. Gejalanya :

- a) Kembung, banyak angin di perut, nyeri pada daerah ulu hati.
- b) Perut mengeras dan membesar, serta
- c) Demam, meriang, dan tubuh sulit digerakkan.

3. KULIT

Kulit merupakan lapisan terluar yang membungkus seluruh permukaan tubuh manusia. Pada permukaan kulit bermuara kelenjar keringat dan kelenjar mukosa. Kelenjar keringat mengekskresikan zat-zat sisa. Zat-zat sisa yang dikeluarkan melalui pori-pori kulit berupa keringat. Keringat tersusun dari air dan garam-garam mineral terutama garam dapur (NaCl) yang merupakan hasil metabolisme protein.

Kulit memiliki daya regenerasi yang besar. Jika sel kulit terluka maka sel-sel dalam dermis melawan infeksi lokal kapiler dan jaringan ikat yang bergenerasi sehingga terbentuk parut



Gambar 5. Penampang Kulit Manusia (Syahril, 2012)

a. Fungsi Kulit

Kulit mempunyai fungsi sebagai berikut :

- ✓ Proteksi

Kulit berfungsi melindungi organ tubuh dari kontak mekanis yang dapat menyebabkan cedera. Kulit melindungi tubuh dari kontak yang berupa sengatan panas. Sel-sel melanosit yang terdapat pada kulit mempunyai fungsi penting dalam melindungi tubuh dari bahaya paparan sinar UV. Sementara itu,

produksi keringat dan minyak pada kulit membuat lapisan kulit bersifat asam. Kondisi ini berfungsi melindungi tubuh dari infeksi jamur dan bakteri.

✓ Absorpsi

Kulit yang sehat memiliki kemampuan untuk menyerap larutan yang mudah menguap. Kulit memiliki fungsi penting dalam proses respirasi jaringan. Hal ini karena sifat permeabilitas kulit terhadap O₂, CO₂, dan uap air.

✓ Regulator Suhu

Kulit melakukan fungsi ini dengan cara memproduksi keringat dan mengkonstruksikan pembuluh darah dalam kulit.

✓ Penentu Warna Kulit

Warna kulit salah satunya ditentukan oleh kandungan melanosit pada kulit.

✓ Pembentukan Vitamin D

Vitamin D dibentuk dari provitamin D dengan bantuan sinar matahari.

✓ Ekskresi

Sebagai alat ekskresi kulit berfungsi mengeluarkan keringat. Kelenjar keringat menyerap air dan garam dari darah di pembuluh kapiler. Keringat yang dikeluarkan melalui pori-pori kulit akan menyerap panas tubuh sehingga suhu tubuh tetap stabil. Pada keadaan normal, tubuh mengeluarkan keringat sebanyak 50 ml setiap jam. Beberapa factor yang dapat memacu pengeluaran keringat antara lain aktivitas tubuh yang meningkat, suhu lingkungan yang tinggi, dan keadaan emosi. Emosi dapat merangsang saraf simpatetik untuk memperkecil pengeluaran keringat dengan cara mempersempit pembuluh darah. Pengeluaran keringat yang berlebihan karena terik matahari atau aktivitas tubuh yang tinggi, dapat menyebabkan tubuh kekurangan garam. Jika kadar garam dalam darah menurun dapat mengakibatkan kekejangan bahkan pingsan.

b. Struktur Kulit

Kulit merupakan organ terbesar dalam tubuh. Luas kulit sekitar 2 m². ketebalan pada setiap bagian tubuh berbeda-beda (0,5-5 mm) dan rata-rata ketebalannya 1-2 mm. berdasarkan strukturnya kulit terdiri dari tiga lapisan, yaitu epidermis (kulit ari), dermis (kulit jangat), dan hipodermis (jaringan ikat bawah kulit) (Gambar 5).

1. Epidermis

Epidermis merupakan lapisan terluar dari kulit yang selalu mengelupas (kulit mati) yang mengandung pigmen. Epidermis terdiri atas beberapa lapis berikut :

a) Stratum korneum (lapisan tanduk)

Stratum korneum merupakan lapisan kulit yang paling luar, tersusun atas sel-sel mati yang bersifat keras, tahan terhadap air, dan selalu mengelupas (deskuamasi). Lapisan ini akan mengalami pembaruan selama proses keratinisasi (pembentukan zat tanduk/keratin).

b) Stratum lusidum

Stratum lusidum tersusun atas sel-sel yang tidak berinti dan berfungsi mengganti stratum korneum.

c) Stratum granulosum

Stratum granulosum tersusun atas sel-sel yang berinti dan mengandung pigmen melanin.

d) Stratum germinativum

Stratum germinativum tersusun atas sel-sel yang selalu membentuk sel-sel baru ke arah luar.

2. Dermis

Dermis terletak di bawah epidermis. Lapisan ini mengandung akar rambut, pembuluh darah, kelenjar, dan saraf. Kelenjar kulit mempunyai lobulus yang bergulung-gulung dengan saluran keluar lurus merupakan jalan untuk mengeluarkan berbagai zat dari badan. Kelenjar kulit ada dua jenis yaitu sebagai berikut:

1. Kelenjar Sudorifera (kelenjar keringat)

Kelenjar keringat tersebar luas pada sebagian besar permukaan tubuh. Saluran keringat dilapisi oleh sel-sel kubus bertingkat. Dibeberapa daerah tubuh seperti aksila, areola mamal, dan daerah sirkumanal, kelenjar keringat lebih besar daripada yang bertempat di telapak tangan. Kelenjar tersebut dari jenis apokrin yang memproduksi sekresi yang lebih pekat.

2. Kelenjar Sebacea (kelenjar minyak)

Kelenjar sebacea berhubungan dengan folikel rambut. Kelenjar sebacea bermuara melalui saluran-saluran ke dalam ruang antara folikel rambut dengan batang rambut untuk melumasi rambut dan kulit yang berdekatan.

Kelenjar keringat menghasilkan keringat yang di dalamnya terlarut berbagai garam, terutama NaCl. 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 menghasilkan minyak yang berfungsi meminyaki rambut agar tidak kering. Rambut dapat tumbuh terus karena mendapat sari-sari makanan dari pembuluh kapiler di bawah kantong rambut. Di dekat akar rambut terdapat otot penegak rambut.

3. Hipodermis

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

Untuk mempelajari lebih lanjut mengenai kulit dapat melalui link berikut ini : <https://www.youtube.com/watch?v=2MsbUulBpzY>

GANGGUAN DAN PENYAKIT PADA KULIT

1. Xerosis

Xerosis merupakan keadaan kulit yang tampak kering dan kasar. Keadaan ini terjadi pada seluruh tubuh terutama pada tungkai bawah yang disebabkan oleh kelembapan kulit yang rendah. Xerosis ini mencerminkan adanya kelainan pada proses maturasi dari epidermis sehingga akan menghasilkan suatu permukaan kulit yang tidak rata. Kelainan ini ditandai adanya rasa gatal sehingga terjadi peradangan pada permukaan kulit. Peradangan ini disebabkan adanya kelainan dalam lapisan tanduk.

2. Lentigo

Lentigo ditandai adanya bercak-bercak hiperpigmentasi pada kulit, berwarna coklat hitam. Jika bercak ini terdapat pada kulit yang terkena sinar matahari disebut solar lentigo. Apabila bercak ini terdapat pada orang tua maka bercak

tersebut tidak dapat hilang. Akan tetapi jika bercak tersebut muncul pada kulit orang muda, maka dapat hilang jika tidak terkena sinar matahari. Lentigo yang muncul pada orang muda disebut *freckles*.

3. Kanker Kulit

Kanker kulit merupakan pertumbuhan sel-sel kulit yang bersifat ganas. Kanker ini dapat disebabkan oleh :

- a) Terpaparnya bahan-bahan tertentu secara kumulatif
- b) Menurunnya daya tahan kulit
- c) Berkurangnya melanosit

4. Eksim atau dermatitis

Eksim ditandai dengan kulit yang meradang dan iritasi. Radang ini biasa terjadi di bagian tangan dan kaki. Eksim pada orang yang berkulit putih akan tampak berwarna merah muda lalu berubah menjadi cokelat. Sementara itu, eksim pada kulit gelap akan tampak lebih gelap sehingga memengaruhi pigmen kulit. Eksim ini apabila dibiarkan dapat menimbulkan rasa gatal dan memicu terjadinya infeksi. Oleh karena itu, eksim perlu diobati untuk menghilangkan rasa gatal.

5. Scabies

Scabies merupakan penyakit yang disebabkan oleh reaksi alergi terhadap tungau. Penyakit ini ditandai dengan timbulnya rasa gatal di malam hari, tampak lepuh-lepuh kecil, dan terjadi abrasi yang dikarenakan garukan dan goresan pada ruam. Penyakit ini dapat menular melalui kontak kulit, tidur seranjang, dan menggunakan handuk yang sama dengan orang yang terinfeksi.

6. Kusta atau lepra

Kusta merupakan penyakit infeksi kronis pada kulit yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium leprae*. Penyakit ini apabila tidak segera ditangani dapat menyebabkan kerusakan pada kulit, saraf, anggota gerak, dan mata.

7. Jerawat

Jerawat merupakan kondisi abnormal pada kulit akibat dari produksi kelenjar minyak yang berlebih. Berlebihnya produksi kelenjar minyak ini menyebabkan terjadinya penyumbatan saluran folikel rambut dan pori-pori kulit. Kondisi ini menyebabkan kulit menjadi meradang. Bagian tubuh yang mudah terkena jerawat yaitu wajah, dada, dan punggung.

4. PARU-PARU

Manusia memiliki sepasang paru-paru yang terletak di rongga dada. Paru-paru ini mempunyai fungsi utama sebagai alat pernapasan. Paru-paru mengekskresikan zat sisa metabolisme berupa karbon dioksida (CO_2) dan uap air (H_2O) sehingga organ ini juga berperan sebagai alat ekskresi. Karbon dioksida dan uap air berdifusi di dalam alveolus kemudian dikeluarkan melalui lubang hidung.

Oksigen dari luar akan berdifusi dari alveolus ke dalam kapiler darah lalu diedarkan ke seluruh tubuh. Di dalam jaringan oksigen diperlukan untuk proses metabolisme, dan sisa metabolisme berupa karbondioksida dan uap air masuk ke dalam darah lalu dibawa ke jantung. Dari jantung darah yang membawa cukup banyak gas karbondioksida dibawa menuju paru-paru, lalu sampai di alveoli. Gas karbondioksida akan dikeluarkan melalui proses difusi. Lapisan epitel pada alveolus selalu lembab, baik oksigen maupun karbondioksida dapat larut dalam cairan ini. Pada saat kita melakukan ekspirasi, gas karbondioksida dan uap air akan dikeluarkan dari paru-paru.

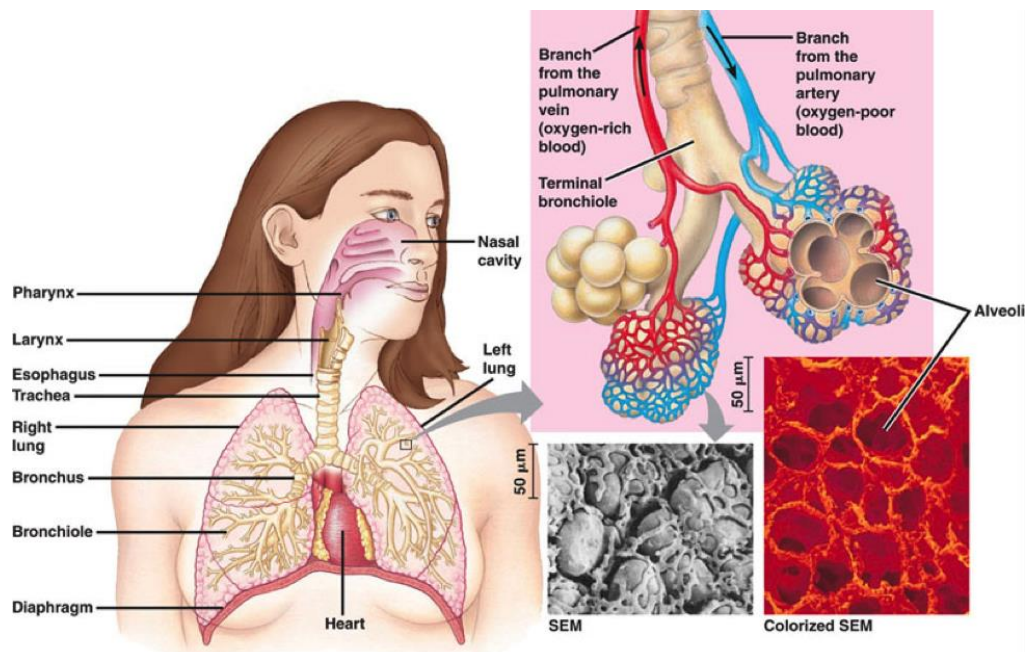
a. Struktur paru-paru

Paru-paru terletak di dalam rongga dada bagian atas. Paru-paru berjumlah sepasang, kiri dan kanan. Paru-paru sebelah kanan terdiri atas tiga kelompok alveolus dan merupakan tiga belahan (3 lobus). Paru-paru sebelah kiri terdiri atas dua kelompok alveolus dan merupakan dua belahan paru-paru (2 lobus).

Paru-paru dibungkus oleh selaput tipis rangkap dua yang disebut saluran pleura. Saluran pleura berfungsi sebagai pelumas paru-paru. Cairan pleura mencegah terjadinya gesekan antara paru-paru dan dinding dada saat bernapas. Di dalam paru-paru, bronkus sebelah kanan bercabang tiga, sedangkan bronkus sebelah kiri bercabang dua, sama jumlahnya dengan jumlah lobus paru-paru. Cabang bronkus disebut bronkiolus. Oksigen masuk ke paru-paru (alveolus), darah pada alveolus mengikat O_2 dan mengangkutnya ke sel-sel jaringan. Dalam jaringan, darah mengikat CO_2 untuk dikeluarkan bersama H_2O yang dikeluarkan dalam bentuk uap air.

Ion H^+ yang bersifat racun diikat oleh Hb, sedangkan HCO_3^- keluar dari sel darah merah dan masuk ke dalam plasma darah. Kedudukan HCO_3^- digantikan oleh ion Cl^- (klorida) dari plasma darah.

Struktur paru-paru dapat dilihat pada link youtube berikut:
<https://www.youtube.com/watch?v=YNI0i6S3X14>



Gambar 6. Penampang Paru-Paru Manusia (Campbell *et al.*, 2010)

PENYAKIT DAN GANGGUAN PADA PARU-PARU

- 1) Bronkitis yaitu peradangan bronkus.
- 2) Pneumonia, disebabkan karena infeksi di dalam alveolus, membran paru mengalami peradangan dan berlubang sehingga cairan dan bahkan eritrosit dan leukosit masuk ke dalam alveoli.
- 3) Atektasis, yaitu alveoli mengempis (kolaps) yang disebabkan oleh obstruksi saluran napas dan berkurangnya surfaktan pada cairan yang melapisi alveoli.
- 4) Asma, ditandai dengan kontraksi spastik dari otot polos bronkiolus yang menyebabkan kesukaran bernapas karena hipersensivitas bronkiolus terhadap benda-benda asing di udara.
- 5) TBC disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* yang ditandai terbentuknya bintik kecil pada dinding alveolus.

- 6) Polip yaitu pembengkakan kelenjar limfa di hidung yang menyebabkan penyempitan saluran napas.
- 7) Sianosis, yaitu kebiruan pada kulit yang disebabkan oleh Hb yang tidak mengandung oksigen jumlahnya berlebihan dalam pembuluh darah kulit terutama dalam kapiler.

RANGKUMAN

1. Ekskresi adalah proses mengeluarkan sisa-sisa metabolisme yang sudah tidak diperlukan lagi oleh tubuh makhluk hidup.
2. Organ-organ ekskresi manusia berupa ginjal, kulit, hati, dan paru-paru.
3. Ginjal memiliki beberapa fungsi :
 - 1) Membuang sisa metabolisme seperti urea, asam urat, kreatinin, keratin, obat-obatan, dan zat lain yang bersifat racun.
 - 2) Menjaga keseimbangan air dalam tubuh dengan mengatur volume plasma darah dan volume air.
 - 3) Mengatur kandungan elektrolit dengan menyaring zat-zat kimia yang masih berguna bagi tubuh (nutrium, fosfor ,dan kalium). Dan mengembalikannya ke saluran peredaran darah.
 - 4) Menjaga asam basa cairan darah dengan mengatur pH plasma dan cairan tubuh dengan mengekskresikan urin yang bersifat basa atau asam.
 - 5) Menjaga tekanan osmosis dengan cara mengatur ekskresi garam-garam, yaitu membuang jumlah garam yang berlebihan dan menahan garam apabila jumlahnya berkurang.
 - 6) Menjalankan fungsi sebagai hormon
4. Pembentukan urine terdiri dari proses filtrasi (penyaringan zat-zat sisa yang beracun), reabsorpsi (penyerapan kembali), dan augmentasi (pengeluaran zat sisa yang tidak diperlukan lagi oleh tubuh).
5. Faktor yang mempengaruhi jumlah dan terbentuknya urine adalah cuaca, jumlah air yang diminum, hormon antidiuretik (ADH), psikologis, alkohol dan kafein.
6. Fungsi hati adalah sebagai tempat menyimpan energi dalam bentuk glikogen, menyimpan vitamin-vitamin, sebagai pabrik kimia tubuh, memproduksi cairan empedu, sebagai detoksifikasi.
7. Kulit merupakan lapisan terluar yang membungkus seluruh permukaan tubuh manusia.
8. Fungsi kulit adalah sebagai proteksi, absorpsi, regulator suhu, tempat pembentukan vitamin D, sebagai organ ekskresi.

9. Berdasarkan strukturnya kulit terdiri dari tiga lapisan, yaitu epidermis (kulit ari), dermis (kulit jangat), dan hypodermis (jaringan ikat bawah kulit).
10. Epidermis terdiri atas stratum korneum, stratum lusidum, stratum granulosum dan stratum germinativum.
11. Dermis terletak di bawah epidermis. Lapisan ini mengandung akar rambut, pembuluh darah, kelenjar, dan saraf.
12. Hypodermis terletak di bawah dermis. Lapisan ini banyak mengandung lemak. Lemak berfungsi sebagai makanan cadangan, pelindung tubuh terhadap benturan, dan menahan panas tubuh.

GLOSARIUM

1. Augmentasi : Proses penambahan zat-zat yang tidak diperlukan oleh tubuh.
2. Badan Malpighi : Glomerulus yang diselubungi oleh kapsul bowman.
3. Ekskresi : Proses mengeluarkan sisa-sisa metabolisme yang sudah tidak diperlukan lagi oleh tubuh makhluk hidup.
4. Filtrasi : Perpindahan cairan dari glomerulus menuju ke kapsul bowman melalui membran filtrasi.
5. Kapsul Bowman : Ujung tubulus yang tertutup dan membungkus glomerulus.
6. Nefritis : Peradangan pada nefron karena bakteri *Streptococcus* yang masuk melalui saluran pernapasan.
7. Nefron : Unit fungsional dan struktural terkecil ginjal yang mengandung malpighi dan saluran nefron.
8. Reabsorpsi : Proses perpindahan cairan dari tubulus renalis menuju kapiler darah.

DAFTAR PUSTAKA

Aryadora. 2012. Sistem Eksresi. (Online), http://aryaldora.blogspot.com/2012/3/09_archive.html, diakses tanggal 6 Agustus 2021

Bevelander, G., Judith A. R., dan Wisnu Gunarso. 1979. *Dasar-Dasar Histologi Edisi Kedelapan*. Jakarta: Erlangga.

Campbell, N. A dan Jane B. R. 2010. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3*. Jakarta: Erlangga.

Guyton & Hall. 1997. *Fisiologi Kedokteran Edisi Kesembilan*. Jakarta EGC.

Syaifuddin. 2006. *Anantomi Fisiologi*. Jakarta: EGC.

Syahril. 2012. *Sistem Ekskresi Pada Manusia* Tersedia pada <http://syahrilamir.blogspot.com/2012/11/makalah-sistem-ekskresi-pada-manusia.html>. Diakses pada tanggal 6 Agustus 2021.