

Sistem Ekskresi

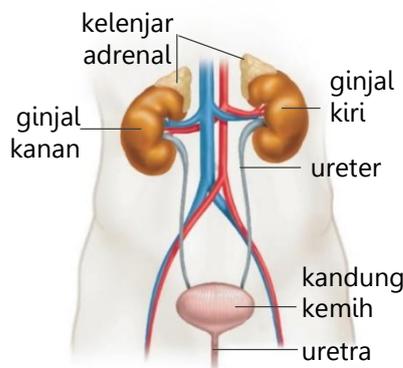
A. PENDAHULUAN

- ✎ **Sistem ekskresi** adalah sistem yang melakukan pengeluaran zat sisa hasil metabolisme tubuh (eliminasi) yang tidak dibutuhkan untuk menjaga keseimbangan tubuh melalui osmoregulasi.
- ✎ **Osmoregulasi** adalah mekanisme pengaturan jumlah pelarut dan zat terlarut dalam tubuh.
- ✎ **Zat yang dibuang** melalui sistem ekskresi:
 - 1) Air.
 - 2) Garam-garam mineral.
 - 3) Sisa metabolisme karbohidrat dan lemak berupa air dan CO₂.
 - 4) Sisa metabolisme protein berupa nitrogen dalam bentuk urea, asam urat atau amonia.
- ✎ **Organ-organ ekskresi** terdiri dari:

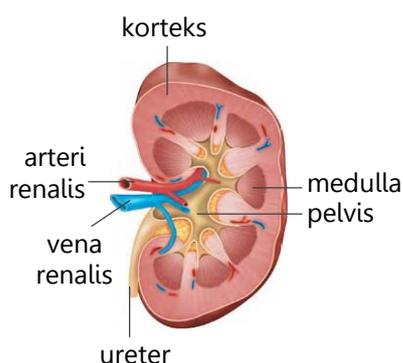
Organ	Ekskret
Ginjal	air, garam mineral, urea (urin)
Paru-paru	air dan CO ₂
Hati	cairan empedu
Kulit	air, garam mineral, urea (keringat)

B. GINJAL

- ✎ **Ginjal** adalah organ ekskresi utama manusia.



- ✎ **Ginjal** berjumlah sepasang yang terletak di kanan dan kiri tulang pinggang dalam rongga tubuh bagian dorsal (punggung).
- ✎ **Posisi** ginjal kanan lebih rendah dari ginjal kiri karena tertekan oleh hati.



- ✎ **Ginjal** tersusun atas tiga lapisan:

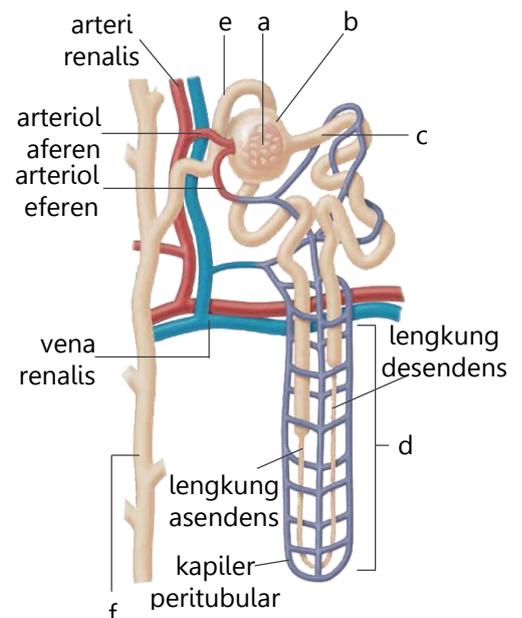
- 1) **Korteks** (kulit ginjal), tempat terjadinya filtrasi, terdapat badan Malpighi.
- 2) **Medulla** (sumsum ginjal), tempat terjadinya reabsorpsi dan augmentasi, terdapat tubulus-tubulus ginjal.
- 3) **Pelvis** (rongga ginjal) merupakan muara tubulus kolektif dan hulu ureter.

- ✎ Ginjal tersusun atas satuan unit fungsional yang disebut **nefron**.

- ✎ **Nefron** tersusun atas:

- 1) **Nefron epitel**, terdiri dari kapsula Bowman, tubulus kontortus proksimal, lengkung Henle, tubulus kontortus distal dan tubulus kolektif.
- 2) **Nefron vaskuler**, terdiri dari arteriol aferen, arteriol eferen, glomerulus dan kapiler peritubular.

- ✎ **Struktur nefron:**

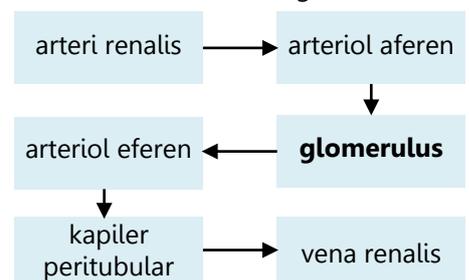


Badan Malpighi

a. Glomerulus

Adalah kapiler ginjal yang melakukan filtrasi darah.

Urutan aliran darah sekitar glomerulus:



b. **Kapsula Bowman**

Adalah kapsul yang berfungsi menampung hasil filtrasi darah.

Kapsula Bowman menyelubungi glomerulus dan memiliki dinding berlumen yang tersusun atas epitel pipih dan berhubungan dengan t.k. proximal.

Saluran nefronc. **Tubulus kontortus proximal**

Adalah saluran nefron lanjutan kapsula Bowman yang melakukan reabsorpsi.

d. **Lengkung Henle**

Adalah saluran lanjutan t.k. proximal yang berbentuk lengkung dan melakukan reabsorpsi.

e. **Tubulus kontortus distal**

Adalah saluran nefron yang melakukan reabsorpsi dan augmentasi.

f. **Tubulus kolektivus** (pengumpul)

Adalah saluran nefron yang mengumpulkan urin dari nefron-nefron ginjal.

Tipe-tipe nefron:

- 1) **Nefron kortikal**, yaitu nefron yang hanya berada di ujung medulla, dengan lengkung Henle yang pendek.
- 2) **Nefron jukstamedula**, yaitu nefron yang berlanjut sampai ke dalam medulla, dengan lengkung Henle yang panjang.

Mekanisme pembentukan urin:1) **Filtrasi** (penyaringan)

Darah bertekanan tinggi masuk ke dalam glomerulus dan tersaring dengan tidak meloloskan sel dan protein darah.

Filtrasi darah menghasilkan **urin primer**.

2) **Reabsorpsi** (penyerapan kembali)

Urin primer yang masih meloloskan zat penting akan diserap kembali oleh kapiler peritubuler.

Reabsorpsi terjadi pada t.k. proximal, lengkung Henle, dan t.k. distal.

Reabsorpsi dilakukan melalui dua cara:

- a. **Reabsorpsi obligat**, yaitu reabsorpsi yang mutlak terjadi, yaitu reabsorpsi air (osmosis) dan glukosa, asam amino, vitamin dan mineral (transpor aktif) pada t.k. proximal.
- b. **Reabsorpsi fakultatif**, yaitu reabsorpsi yang terjadi sesuai kebutuhan tertentu, yaitu reabsorpsi air di lengkung Henle, t.k. distal dan tubulus kolektivus.

Reabsorpsi urin primer menghasilkan **urin sekunder**.

3) **Augmentasi** (penambahan)

Urin sekunder kemudian mengalami penambahan zat, seperti urobilin, H^+ , NH_4^+ dan urea. Penambahan zat-zat ini memberikan warna dan bau pada urin.

Augmentasi menghasilkan **urin tersier** atau **urin sesungguhnya**.

Faktor yang mempengaruhi pembentukan urin:1) **Hormon anti-diuretik (ADH)**

ADH dihasilkan kelenjar hipofisis yang mengatur jumlah cairan dan volume urin akhir pada t.k. distal dan t. kolektivus dengan mengatur reabsorpsi dan permeabilitas tubulus.

2) **Zat diuretik**

Konsumsi zat diuretik (misalnya teh) menghambat reabsorpsi air dan menyebabkan volume urin bertambah.

3) **Suhu**

Ketika suhu panas, respirasi sel meningkat dan cairan tubuh keluar melalui keringat (dehidrasi), sehingga volume urin berkurang. Ketika suhu lingkungan dingin, respirasi sel menurun dan cairan tetap disimpan dalam tubuh (kelebihan air), sehingga volume urin bertambah.

4) **Jumlah air atau cairan tubuh**

Warna urin disebabkan oleh adanya urobilin, namun kepekatannya diatur volume urin.

Perbedaan	Dehidrasi	Kelebihan cairan
cairan tubuh	kekurangan	berlebih
produksi ADH	bertambah	berkurang
reabsorpsi air	meningkat	menurun
urin	pekat	encer

C. PARU-PARU

Paru-paru adalah organ yang mengekskresikan uap air dan karbondioksida yang dihasilkan melalui proses respirasi aerob.

Pertukaran karbondioksida terjadi melalui mekanisme berikut:

- 1) **Respirasi** pada mitokondria sel menghasilkan zat sisa yaitu CO_2 .
- 2) **Karbondioksida berdifusi** dari sel menuju kapiler vena lalu dibawa ke alveolus dengan tiga cara:

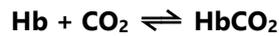
a. **Oleh plasma darah**

Setidaknya 5% CO_2 larut dalam plasma darah membentuk:

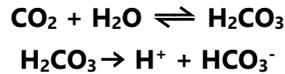


b. **Oleh hemoglobin**

Setidaknya 30% CO₂ membentuk karbominohemoglobin.

c. **Dengan pertukaran klorida**

Setidaknya 65% CO₂ diangkut dalam bentuk ion bikarbonat menurut reaksi:



Ion bikarbonat kemudian keluar menuju plasma darah, bertukar dengan ion Cl⁻.

- 3) **Karbondioksida dilepaskan** darah dan berdifusi melalui alveolus menuju paru-paru, dan keluar dari tubuh melalui ekspirasi.

D. HATI

Hati (hepar) adalah organ yang mengekskresikan zat-zat sisa melalui cairan empedu.

Cairan empedu dihasilkan oleh hati dan disimpan dalam kantong empedu.

Fungsi cairan empedu:

- 1) Mengemulsi lemak.
- 2) Mengubah zat yang tidak dapat larut dalam air menjadi larut dalam air.
- 3) Mengaktifkan enzim lipase.
- 4) Membantu absorpsi lemak di usus.
- 5) Membuang zat-zat sisa.
- 6) Mewarnai feces dan urin.

Komposisi getah empedu yaitu air, garam mineral, asam empedu, fosfolipid, kolesterol, dan pigmen empedu (bilirubin/biliverdin).

Hati merupakan tempat proses siklus/ pembentukan urea terjadi, dengan bantuan asam amino ornitin.

- 1) Amonia, karbondioksida dan ornitin membentuk **sitrulin**.



- 2) Sitrulin dan amonia membentuk **arginin**.



- 3) Arginin dengan bantuan enzim arginase akan diubah menjadi **ornitin** dan **urea**.



Hati merupakan organ tempat perombakan eritrosit yang sudah tua/ rusak menjadi tiga bentuk, yaitu zat besi, globin, dan hemin.

Mekanisme perombakan eritrosit:

- 1) **Eritrosit** yang menjadi **zat besi dan globin** dibawa ke sumsum tulang, menjadi bahan pembentuk antibodi, hemoglobin dan eritrosit.

- 2) **Eritrosit** yang menjadi **hemin** diubah menjadi pigmen empedu:

- a. **Bilirubin** dibawa ke usus halus, lalu dioksidasi menjadi urobilin dan mewarnai feces dan urin.
- b. **Biliverdin** disalurkan ke kantung empedu dan menjadi pigmen empedu.

E. KULIT

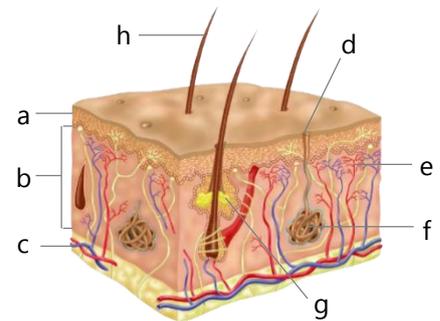
Kulit (integumen) adalah organ yang mengekskresikan zat-zat sisa melalui keringat.

Komposisi keringat adalah air, garam mineral (terutama NaCl), urea, minyak, asam, dan sisa metabolisme sel.

Faktor yang mempengaruhi jumlah keringat:

- 1) Jenis kelamin
- 2) Aktivitas tubuh
- 3) Suhu tubuh dan lingkungan
- 4) Makanan
- 5) Kondisi kesehatan

Struktur kulit:



- a. **Epidermis** (kulit ari), jaringan epitel yang tersusun atas sel kulit hidup dan mati, yang terdiri dari empat lapisan dari atas, yaitu stratum korneum (kulit tanduk), lusidum, granulosum dan germinativum.
- b. **Dermis/korium** (kulit jangat), jaringan ikat yang di dalamnya terdapat kapiler darah, sel reseptor kulit, kelenjar keringat, kelenjar minyak, dan akar rambut.
- c. **Hipodermis** (lapisan subkutan), jaringan ikat yang di dalamnya terdapat kapiler darah, lapisan lemak, dan jaringan saraf.
- d. **Pori-pori**
- e. **Kapiler darah**
- f. **Kelenjar keringat** (glandula sudorifera), berupa pipa terpilin yang menghasilkan keringat.
- g. **Kelenjar minyak** (glandula sebacea), terletak dekat akar rambut yang memberi minyak kepada rambut.
- h. **Rambut**

Fungsi kulit:

- 1) Alat ekskresi keringat.
- 2) Pertahanan terluar tubuh dari lingkungan yang merugikan.
- 3) Pengatur suhu dan pengeluaran air tubuh.
- 4) Tempat penyimpanan cadangan lemak.
- 5) Alat indra peraba.

 **Produksi keringat** oleh kelenjar keringat ada dibawah pengaturan hipotalamus dan enzim brandikinin yang dirangsang oleh perubahan suhu darah.

 **Mekanisme produksi keringat** pada kenaikan suhu tubuh:

- 1) **Kenaikan suhu** tubuh menyebabkan meningkatnya suhu darah.
- 2) Tubuh menormalkan suhu tubuh dengan **vasodilatasi** (pelebaran kapiler darah) di sekitar kulit sebagai tempat pengeluaran panas.
- 3) Epidermis kulit yang panas kemudian didinginkan oleh **keringat** yang menyebabkan suhu tubuh kembali normal.

 **Mekanisme produksi keringat** pada penurunan suhu tubuh:

- 1) **Penurunan suhu** tubuh menyebabkan turunnya suhu darah.
- 2) Tubuh menormalkan suhu tubuh dengan **vasokonstriksi** (penyempitan kapiler darah) di sekitar kulit agar memperlambat pengeluaran panas.

F. GANGGUAN PADA SISTEM EKSRESI

Gangguan pada sistem ekskresi:

- 1) **Gagal ginjal**, adalah kegagalan umum ginjal dalam membentuk urin yang menyebabkan penyakit lain.
- 2) **Nefritis**, adalah peradangan nefron karena bakteri *Streptococcus*.
- 3) **Anuria (anuresis)**, adalah tidak terbentuknya urin akibat gagal ginjal. Jumlah urin yang dihasilkan <300 mL/hari.
- 4) **Oligouria (hipouresis)**, adalah sedikitnya produksi urin akibat gagal ginjal. Jumlah urin yang dihasilkan kira-kira 300-500 mL/hari.
- 5) **Poliuria (diuresis)**, adalah berlebihannya produksi urin akibat gagal ginjal. Jumlah urin yang dihasilkan kira-kira 2,5-3 L/hari.
- 6) **Diabetes mellitus** (kencing manis), adalah penyakit yang muncul akibat tingginya kadar glukosa dalam darah akibat sedikitnya produksi hormon insulin.

- 7) **Diabetes insipidus**, adalah penyakit besar atau sering buang air kecil karena kurangnya produksi hormon ADH menuju t. k. distal dan t. kolektivus.
- 8) **Uremia**, adalah terbawanya urin ke aliran darah karena kerusakan nefron.
- 9) **Edema**, adalah pembengkakan jaringan di sekitar kaki karena uremia.
- 10) **Albuminuria**, adalah tidak tersaringnya protein darah oleh glomerulus sehingga urin mengandung albumin.
- 11) **Hematuria**, adalah ditemukannya sel-sel darah dalam urin.
- 12) **Glukouria**, adalah tidak tersaringnya glukosa dalam darah oleh glomerulus sehingga urin mengandung glukosa.
- 13) **Batu ginjal**, adalah terbentuknya kristal atau endapan mineral kalsium dalam pelvis, tubulus ginjal atau kantung kemih.