



Sistem Ekskresi

A. PENDAHULUAN

- Sistem ekskresi merupakan sistem pembuangan zat-zat sisa metabolisme (metabolit) yang sudah tidak berguna atau berbahaya jika disimpan di dalam tubuh.
- Sekresi merupakan proses pengeluaran substansi kimiawi (ex : enzim dan hormon) oleh sel atau kelenjar yang memiliki kegunaan tertentu.
- Defekasi (buang air besar) merupakan proses pembuangan sisa pencernaan makanan berbentuk padat atau setengah padat.

B. SISTEM EKSKRESI PADA MANUSIA

Sistem ekskresi pada manusia meliputi ginjal, hati, paru-paru, dan kulit. **Fungsi Ekskresi, yaitu :**

1. Menurunkan kadar zat produk metabolisme dalam tubuh agar tidak menyebabkan akumulasi
2. Melindungi sel-sel tubuh dari zat-zat yang bersifat racun
3. Menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh (homeostasis)
4. Membantu mempertahankan suhu tubuh

■ Ginjal

Ginjal merupakan organ utama yang memproduksi urine. Di atas setiap ginjal terdapat sebuah kelenjar adrenal (kelenjar suprarenalis).

Ciri-ciri Ginjal, yaitu :

1. Berjumlah sepasang
2. Terletak di belakang perut, sebelah kanan dan kiri dari tulang belakang, di bawah hati dan limpa
3. Berbentuk seperti kacang berwarna merah tua keunguan

Fungsi-fungsi Ginjal, yaitu :

1. Pengeluaran zat sisa organik
2. Pengeluaran zat racun
3. Pengaturan keseimbangan konsentrasi ion-ion penting di dalam tubuh
4. Pengaturan keseimbangan asam-basa melalui ekskresi ion H⁺, HCO₃⁻, NH₄⁺
5. Penjaga tekanan darah melalui pengaturan pengeluaran garam dan air serta menghasilkan enzim renin
6. Pengaturan produksi sel darah merah di dalam sumsum tulang
7. Pengendalian konsentrasi nutrisi darah
8. Mengubah vitamin D inaktif menjadi vitamin D aktif

Struktur Ginjal. Lapisan-lapisan jaringan ikat yang melindungi ginjal, yaitu :

1. Fasia renal (pembungkus terluar)
2. Lemak perirenal dan lemak pararenal (bantalan ginjal)
3. Kapsul fibrosa (membran halus transparan yang langsung membungkus ginjal)

Bagian-bagian Ginjal, yaitu :

1. Lobus ginjal, bagian yang menyusun ginjal.
2. Hilus (hilum), cekungan pada sisi medial yang membentuk bukaan ginjal (tempat keluar

masuknya pembuluh darah dan keluarnya ureter).

3. Sinus ginjal, rongga berisi lemak yang membuka pada hilus.
4. Parenkim ginjal, jaringan yang menyelubungi struktur sinus ginjal. Jaringan ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :
 - a. **Korteks** (bagian luar) tersusun dari nefron-nefron. Nefron tersusun dari 2 komponen, yaitu :
 - i. Komponen vaskuler (pembuluh), terdiri atas arteriola aferen, arteriola eferen, glomerulus, dan kapiler peritubuler.
 - ii. Komponen tubuler (tabung), suatu tabung berongga yang dibentuk oleh satu lapisan sel epitel dan berisi cairan. Terdiri atas kapsul Bowman, T.K. Proximal, T.K. Distal, asenden, desenden, dan duktus kolektivus.
 - b. **Medula** tersusun atas 15-16 massa triangular (3 sisi) yang disebut piramida ginjal yang tersusun dari sistem tubulus berukuran mikroskopis.
5. Pelvis ginjal (pelvis renalis), rongga perluasan ujung proksimal (bagian atas) ureter.

Proses Pembentukan Urine

Pembentukan urine di dalam ginjal meliputi 3 proses dasar, yaitu :

a. Filtrasi glomerulus (penyaringan)

1. Proses penyaringan plasma bebas protein melalui kapiler glomerulus ke dalam kapsul Bowman.
2. Filtrasi glomerulus merupakan proses pasif yang terjadi karena 3 gaya fisik sebagai berikut.
 - Tekanan darah kapiler glomerulus, ditimbulkan oleh darah di dalam kapiler glomerulus.
 - Tekanan osmosis koloid plasma, ditimbulkan oleh distribusi tidak seimbang protein-protein plasma di kedua sisi membran glomerulus.
 - Tekanan hidrostatik kapsul Bowman, ditimbulkan oleh cairan di bagian awal tubulus yang mendorong cairan keluar dari glomerulus menuju ke kapsul Bowman.

b. Reabsorpsi tubulus (penyerapan kembali)

3. Proses penyerapan kembali zat yang dibutuhkan oleh tubuh, seperti glukosa, asam amino, nutrisi organik, air, dan garam mineral.
4. Bahan yang dibutuhkan oleh tubuh dalam proses reabsorpsi meliputi sebagai berikut.
 - Ion natrium (Na)
 - Ion klorin (Cl)
 - Glukosa, fruktosa, dan asam amino
 - Air
 - Urea

- Ion anorganik (kalium, kalsium, fosfat, dan sulfat) dan sejumlah ion organik

4. Elektrolit, ex : ion natrium, klorin, kalium, amonium, sulfat, fosfat, kalsium, dan magnesium.

c. Augmentasi (sekresi tubulus)

5. Transpor aktif yang memindahkan zat-zat tertentu dari darah dalam kapiler peritubuler, keluar melewati sel-sel tubuler menuju ke cairan tubuler, dan masuk ke urine
6. Bahan yang dibutuhkan oleh tubuh dalam proses augmentasi meliputi sebagai berikut.
 - Ion hidrogen, amonia, kreatinin, asam hipurat, obat-obatan tertentu, dan zat kimia asing
 - Ion kalium yang dikontrol oleh hormon aldosterone

Zat-zat yang terkandung dalam urine abnormal, yaitu :

1. Albumin
2. Glukosa
3. Sel darah merah
4. Zat kapur
5. Batu ginjal (kalkuli)
6. Badan keton yang jumlahnya melebihi batas normal

Faktor-faktor yang Memengaruhi Proses Pembentukan Urine

a. Faktor internal

- Hormon ADH (antidiuretic hormone), dihasilkan oleh hipotalamus dalam otak.
- Hormon insulin, dihasilkan oleh sel beta pada pankreas. Insulin berfungsi untuk menurunkan kadar glukosa darah.
- Sistem renin-angiotensin-aldosteron, dihasilkan oleh aparatus jukstaglomerulus untuk merespons tekanan darah rendah, konsentrasi natrium rendah, dan kehilangan air.

b. Faktor eksternal

- Suhu lingkungan
- Jumlah air yang diminum
- Alkohol

Karakteristik Urine

a. Sifat fisik urine

1. Volume urine yang dihasilkan orang dewasa sehat sekitar 800-2.500 mL/hari
2. Berwarna kuning pucat sampai dengan kuning tua
3. Berat jenis urine 1,003-1,035 g/cm³ dan bersifat agak asam dengan pH rata-rata 6 atau sekitar 4,7-8
4. Berbau khas, cenderung berbau amonia

b. Komposisi urine

Urine terdiri atas 95% air dan zat-zat terlarut. Zat-zat yang terkandung dalam urine normal, yaitu :

1. Zat buangan nitrogen, ex : urea (hasil deaminasi protein), asam urat (hasil katabolisme asam nukleat), dan kreatinin (hasil penguraian kreatin fosfat dalam jaringan otot).
2. Benda keton (hasil metabolisme lemak).
3. Toksin, zat kimia asing, pigmen (urobilin/urokrom dan hematoporfirin), enzim, vitamin, dan hormon.

Hati (Hepar)

Hati merupakan kelenjar terbesar yang terletak di dalam rongga perut sebelah kanan, tepatnya di atas lambung dan di bawah diafragma.

Ciri-ciri Hati, yaitu :

1. Memiliki berat sekitar 1,5-2,0 kg
2. Terdiri atas dua lobus besar yang dibatasi oleh jaringan ikat ligamen falsiformis (lobus kanan dan kiri)
3. Dibungkus oleh jaringan ikat padat kapsula hepatica, percabangan dari kapsula hepatica disebut kapsula glison

Fungsi-fungsi Hati, yaitu :

1. Membantu ginjal dengan cara memecah beberapa senyawa yang bersifat racun (detoksifikasi)
2. Menghasilkan amonia, urea, serta asam urat yang akan diekskresikan ke dalam urine
3. Menghasilkan empedu (cairan berwarna hijau yang berasal dari perombakan hemoglobin sel-sel darah merah yang sudah tua), trombopoietin (hormon glikoprotein yang mengendalikan produksi keping darah oleh sumsum tulang belakang), albumin (komponen plasma darah), angiotensinogen (hormon yang akan diaktifkan oleh enzim renin ginjal dan berperan dalam peningkatan tekanan darah), enzim arginase (berperan mengubah arginin menjadi ornitin dan urea), enzim glutamat-oksaloasetat transferase, glutamat-piruvat transferase, dan laktat dehydrogenase.

Paru-paru

Paru-paru merupakan organ yang berperan dalam mengeluarkan sisa metabolisme berupa CO₂ dan H₂O berbentuk uap air, dihasilkan melalui proses katabolisme respirasi intraseluler secara aerob (memerlukan O₂).

Kulit

Kulit merupakan organ terbesar yang menutupi area tubuh seluas sekitar 1,67 m².

Fungsi-fungsi Kulit, yaitu :

1. Ekskresi, mengeluarkan lemak dan keringat

2. Perlindungan, melindungi tubuh dari mikroorganisme, radiasi sinar matahari, iritasi kimia, dan gangguan mekanik
3. Pengaturan suhu badan, dilakukan oleh kelenjar keringat dan pembuluh darah
4. Metabolisme, menyintesis vitamin D dengan bantuan sinar matahari dan menyimpan lemak sebagai sumber energi cadangan
5. Komunikasi, penerimaan stimulus lingkungan oleh reseptor kulit

Kulit terdiri atas beberapa lapisan, yaitu epidermis, dermis, dan hipodermis (subkutaneus).

- a. Epidermis adalah bagian terluar kulit yang tersusun dari sel-sel epitel pipih (skuamosa) berlapis banyak dengan susunan yang sangat rapat, dan mengalami keratinasi. **Epidermis terdiri atas lima lapisan, yaitu sebagai berikut:**
 1. Stratum korneum merupakan lapisan epidermis paling atas dan terdiri atas 25-30 lapisan sisik dari sel-sel yang tidak hidup
 2. Stratum lusidum merupakan lapisan jernih dan transparan yang terdiri atas 4-7 lapisan sel-sel pipih tidak berinti yang mati atau hampir mati.
 3. Stratum granulosum terdiri atas 3-5 lapisan sel-sel bergranula keratohialin yang merupakan prekursor dalam pembentukan keratin.
 4. Stratum spinosum merupakan lapisan sel-sel spina (tanduk) yang memiliki tonjolan penghubung intraseluler (desmosom).
 5. Stratum basalis (germinativum) merupakan lapisan sel-sel yang melekat pada jaringan ikat dari lapisan kulit di bawahnya (dermis). Di bawah dan di antara sel-sel stratum basalis terdapat melanosit yang menghasilkan pigmen melanin. Melanin berfungsi dalam pewarnaan kulit dan melindungi kulit dari bahaya radiasi sinar ultraviolet matahari
- b. Dermis dipisahkan oleh membran dasar (lamina) yang tersusun dari dua lapisan jaringan ikat.
 1. Lapisan papilar merupakan jaringan ikat areolar renggang dengan fibroblas, sel mast, dan makrofag.
 2. Lapisan retikuler tersusun dari jaringan ikat ireguler yang rapat, kolagen, dan serat clastic
- c. Hipodermis (subkutaneus) merupakan lapisan yang mengikat kulit secara longgar dengan organ-organ yang terdapat di bawahnya.

Kelenjar pada Kulit

1. Kelenjar keringat (sudorifera) terdapat di lapisan dermis. Kelenjar keringat dapat

dibedakan menjadi dua macam, yaitu ekrin dan apokrin.

2. Ekrin merupakan kelenjar keringat tubuler sederhana dan berpilin, tidak berhubungan dengan folikel rambut, serta tersebar meluas ke seluruh tubuh terutama pada dahi, telapak tangan, dan kaki
3. Apokrin merupakan kelenjar keringat yang besar dan bercabang dengan penyebaran yang terbatas pada bagian tubuh tertentu, misalnya pada aksila (keciak), areola payudara, dan area genital.
4. Kelenjar sebaceous mengeluarkan sebum yang biasanya dialirkan ke folikel rambut. Sebum adalah campuran lemak, zat lilin, minyak, dan pecahan-pecahan sel. Sebum berfungsi sebagai pelembut kulit, bakterisida, dan sebagai pertahanan terhadap evaporasi.

Kulit sebagai Pengatur Panas (Termoregulasi)

Panas tubuh dihasilkan dari aktivitas metabolisme dan pergerakan otot. Panas dapat dikeluarkan atau dibuang melalui paru-paru, kulit, atau bersama feses dan urine. **Panas yang dikeluarkan oleh kulit dapat melalui beberapa cara, yaitu sebagai berikut:**

1. Pemancaran, yaitu panas dilepas ke udara di sekitarnya.
2. Pengaliran (konveksi), yaitu mengalirnya udara yang telah panas karena menyentuh permukaan tubuh, kemudian digantikan oleh udara yang lebih dingin.
3. Konduksi, yaitu panas dialihkan ke benda yang disentuh kulit, misalnya pakaian.
4. Penguapan (evaporasi), yaitu panas dikeluarkan bersama keringat, kemudian keringat menguap. Jika suhu lingkungan tinggi (panas), kelenjar keringat menjadi aktif dan pembuluh kapiler melebar sehingga memudahkan proses pembuangan air dan sisa metabolisme. Aktifnya kelenjar keringat mengakibatkan keluarnya keringat ke permukaan kulit melalui penguapan. Penguapan mengakibatkan suhu di permukaan kulit menjadi turun.

Kontrol Pengeluaran Keringat

Proses pengeluaran keringat diatur oleh hipotalamus di otak. Hipotalamus menghasilkan enzim bradikinin yang berfungsi sebagai vasodilator yang memengaruhi pelebaran pembuluh darah dan kelenjar keringat.

B. GANGGUAN SISTEM EKSKRESI

Gangguan Sistem Urinaria

1. Glikosuria (glukosuria) adalah ekskresi glukosa ke urine sehingga menyebabkan dehidrasi karena banyak yang akan terekskresi ke dalam urine.
2. Albuminuria adalah penyakit yang terjadi akibat ginjal tidak dapat melakukan proses penyaringan, khususnya penyaringan protein.
3. Batu ginjal adalah penyakit karena adanya pengendapan pada rongga ginjal atau kandung

kemih. Endapan dapat berupa senyawa kalsium dan penumpukan asam urat.

4. Diabetes melitus (kencing manis), dibedakan menjadi dua,
 - a. Diabetes melitus tipe 1 (dimulai pada saat usia remaja) ditandai oleh kurangnya sekresi insulin akibat sel B pankreas tidak memproduksi atau sangat sedikit memproduksi insulin sehingga diperlukan insulin eksogen (insulin produk farmasi yang disuntikkan).
 - b. Diabetes melitus tipe 2 (dimulai pada saat usia dewasa), yaitu sekresi insulin mungkin normal atau bahkan meningkat, tetapi terjadi penurunan kepekaan sel sasaran insulin, seperti sel otot rangka dan sel hati.
5. Diabetes insipidus adalah penyakit yang ditandai dengan produksi urine berjumlah banyak dan encer, yang disertai dengan haus. Pengeluaran urine sekitar 20 liter per hari (30 kali dari jumlah urine normal).
6. Uremia adalah keadaan toksik saat darah mengandung banyak urea karena kegagalan fungsi ginjal dalam membuang urea keluar dari tubuh.
7. Nefritis adalah radang nefron pada ginjal yang dapat disebabkan oleh infeksi bakteri *Streptococcus* sp. yang dapat masuk melalui saluran pernapasan dan peredaran darah hingga ke ginjal. Gejala nefritis adalah hematuria (darah dalam urine), proteinuria (protein dalam urine), edema (pengumpulan air terutama pada kaki), dan kerusakan fungsi hati.

■ Gangguan Hati

1. Penyakit hati (liver) paling sering disebabkan oleh infeksi virus, Amoeba penyebab disentri, cacing, plasmodium penyebab malaria, dan *Toxoplasma* sp.
2. Sirosis hati (cirrhosis) adalah berubahnya sel-sel hati menjadi jaringan ikat fibrosa, sehingga kehilangan fungsinya.
3. Hemokromatosis adalah kelainan secara genetik yang menyebabkan tubuh terlalu banyak menyerap zat besi dari makanan sehingga zat besi banyak tersimpan di dalam menyebabkan tubuh terlalu banyak menyerap zat besi di dalam organ-organ tertentu, seperti hati, jantung, dan pancreas

■ Gangguan Kulit

1. Biang keringat (miliaria) adalah ruam berbentuk bintik-bintik merah yang gatal karena tersumbatnya pori-pori kelenjar keringat yang dapat disebabkan oleh sel-sel kulit mati atau bakteri.
2. Hiperhidrosis adalah keluar keringat berlebihan yang terjadi pada seluruh badan atau bagian tubuh tertentu.

3. Anhidrosis adalah kulit tidak dapat berkeringat. Disebabkan oleh luka bakar, penyakit, pengaruh obat-obatan, atau kelenjar keringat yang tidak mampu berfungsi lagi.
4. Bromhidrosis adalah keringat berbau atau bau badan yang disebabkan oleh bakteri atau kelenjar keringat apokrin yang bekerja lebih aktif.
5. Kadas arau kurap adalah bercak-bercak kemerahan pada kulit, terkadang berbentuk bundar dan jernih di bagian tengahnya. Kadas terjadi akibat infeksi jamur.
6. Kudis adalah gatal akibat infeksi tungau dan kutu air.
7. Athlete's foot adalah infeksi jamur di sela-sela jari kaki.

C. TEKNOLOGI SISTEM EKSKRESI

■ Hemodialisis (Cuci Darah)

Hemodialisis (hemo = darah, dialisis = pemisahan zat-zat terlarut) adalah proses pembersihan darah dari zat-zat sisa metabolisme melalui proses penyaringan di luar tubuh. Hemodialisis dilakukan untuk menolong penderita gagal ginjal. Hemodialisis menggunakan ginjal buatan berupa mesin dialiser yang berisi membran selektif permeabel dan cairan dialisat.

■ Transplantasi Ginjal

Transplantasi ginjal adalah terapi penggantian ginjal dengan ginjal lain yang berasal dari orang yang hidup atau sudah meninggal. Transplantasi ginjal menjadi terapi pilihan untuk sebagian besar pasien yang menderita gagal ginjal dan penyakit ginjal stadium akhir dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas hidup pasien.

■ ESWL (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy)

ESWL (extracorporeal shock wave lithotripsy) adalah penghancuran batu saluran kemih dengan menggunakan gelombang kejut (shock wave) yang ditransmisikan dari luar tubuh. Terapi ini menggunakan gelombang ultrasonik yang akan memecah batu saluran kemih menjadi lebih kecil sehingga batu dapat keluar sendiri bersama urine.

■ Skin grafting (cangkok kulit)

Skin grafting (cangkok kulit) adalah tindakan memindahkan sebagian atau seluruh ketebalan kulit dari donor ke resipien yang butuhkan. Kulit yang digunakan dapat berasal dari diri sendiri atau orang lain. Pada umumnya, kulit donor diam paha, pantat, punggung, atau perut. Cangkok kulit bertujuan untuk penanganan luka bakar yang parah dengan area luka yang luas.

D. SISTEM EKSKRESI PADA HEWAN

■ Sistem Ekskresi pada Annelida

Alat ekskresi pada Annelida, yaitu metanefridium.

Mekanisme ekskresi pada cacing tanah adalah sebagai berikut:

1. Cairan tubuh ditarik/disedot oleh nefrostom, masuk ke dalam saluran nefridium yang berliku-liku.
2. Ketika cairan tubuh mengalir melalui nefridium, zat-zat yang masih berguna (glukosa, air, dan ion-ion) diserap oleh darah untuk diedarkan kembali.
3. Zat-zat sisa (amonia, urea, garam-garam, dan sedikit air) dikeluarkan melalui nefridiofor.

■ Sistem Ekskresi pada Serangga

Alat ekskresi pada serangga (misalnya, belalang), yaitu pembuluh Malpighi. **Mekanisme ekskresi pada serangga adalah sebagai berikut:**

1. Darah mengalir melewati pembuluh Malpighi.
2. Ketika cairan bergerak melewati bagian proksimal pembuluh, bahan-bahan yang mengandung nitrogen diendapkan menjadi asam urat.
3. Air dan garam-garam diserap kembali melalui proses osmosis dan transpor aktif.
4. Kristal asam urat masuk ke dalam usus dan diekskresikan bersama feses melalui anus.

normal, dan memberikan warna kuning pada tinja dan urine.

CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Di bawah ini merupakan contoh penyakit karena ginjal mengalami kelainan pada saat peristiwa reabsorpsi, yaitu ...
 - A. Nefritis
 - B. Batu ginjal
 - C. Poliuria
 - D. Albuminuria
 - E. Oligouria

Jawaban : D. Albuminuria

Pembahasan :

Albuminuria adalah penyakit yang terjadi akibat ginjal tidak dapat melakukan **proses penyaringan**, khususnya penyaringan protein. Sehingga protein yang tidak dapat disaring, akan keluar bersama urine. Albuminuria disebabkan oleh kerusakan pada glomerulus.

2. Bilirubin merupakan salah satu hasil pengeluaran hati yang berasal dari pembongkaran ...
 - A. Eritrosit
 - B. Plasma darah
 - C. Trombosit
 - D. Leukosit
 - E. Limfosit

Jawaban : A. Eritrosit

Pembahasan :

Sel darah merah yang sudah tua akan **dirombak** didalam hati. Hasil perombakan sel darah merah akan **membentuk** sebuah zat yang disebut dengan **bilirubin**. Bilirubin adalah zat yang terbentuk secara