

REPUBLIC INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202325269, 31 Maret 2023

## Pencipta

Nama : **Nadifa Nur Fatjrin dan Dr. Eni Setyowati, S.Pd., MM.**  
Alamat : Dsn. Sudimoro, RT/RW: 004/004, Kel/Desa: Tiripan, Kec. Berbek, Kab. Nganjuk, Nganjuk, JAWA TIMUR, 64473  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung**  
Alamat : Jl. Mayor Sujadi Timur No. 46 Plosokandang Tulungagung, Tulungagung, JAWA TIMUR, 66218  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Jenis Ciptaan : **Modul**  
Judul Ciptaan : **Sistem Kelas XI Ekskresi Ekskresi SMA/MA Kelas XI Semester Genap**  
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 1 Februari 2023, di Tulungagung  
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia  
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.  
Nomor pencatatan : 000458192

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.  
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia  
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual  
u.b.  
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

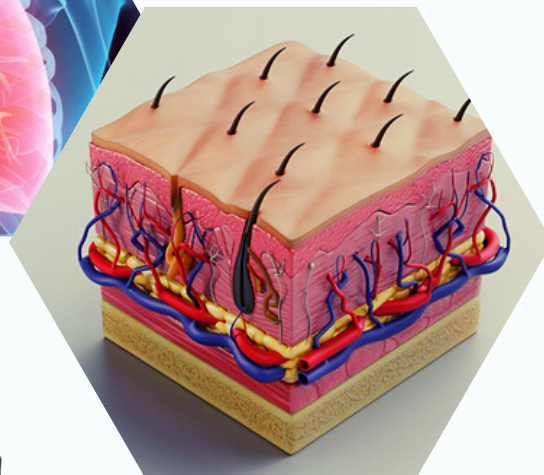
Anggoro Dasananto  
NIP.196412081991031002

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

# Sistem Ekskresi

SMA/MA Kelas XI Semester Genap



Nadifa Nur Fatjrin

Dr. Eni Setyowati, S.Pd., M.M

**Kelas  
XI**



# E-Modul Biologi

# Sistem Ekskresi

SMA/MA Kelas XI Semester Genap

Penyusun :  
Nadifa Nur Fatjrin  
Dr. Eni Setyowati, S.Pd., M.M

Program Studi Tadris Biologi  
Jurusan Ilmu Keguruan  
Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan  
UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung  
2023

# KATA PENGANTAR

Menurut Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara. Tujuan pendidikan merupakan suatu faktor yang amat sangat penting di dalam pendidikan, karena tujuan pendidikan adalah arah yang hendak dicapai oleh pendidikan.

Untuk menyikapi tujuan pendidikan di atas, perlu disusun E-Modul Pembelajaran Biologi SMA/MA Kelas XI Semester Genap KD 3.9 menyusun dan menyajikan e-modul pembelajaran berdasarkan kurikulum yang ditetapkan sebagai acuan pendidikan. E-Modul pembelajaran ini disusun dan dirancang dengan metode pembelajaran yang sistematis serta memuat pendidikan karakter yang terintegrasi dalam proses pembelajaran, sehingga dapat membentuk watak dan sikap siswa menjadi mandiri, terdidik, dan kreatif.

Materi pembelajaran dalam e-modul ini disajikan dengan berbagai perlengkapan belajar, antara lain tujuan pembelajaran, uraian materi, rangkuman, latihan soal, dan penilaian diri. Dengan berbagai perlengkapan belajar tersebut diharapkan dapat mendampingi siswa dalam proses Kegiatan Belajar Mengajar (KBM), sehingga siswa dapat menguasai materi dan meraih prestasi di sekolah.

Mudah-mudahan e-modul ini memberikan manfaat dalam segala bentuk kegiatan belajar, khususnya kegiatan belajar mengajar di sekolah, sehingga tercapai tujuan pendidikan yang telah ditetapkan.

Penulis

Nadifa Nur Fatjrin

# STANDAR ISI

## Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Jenjang : SMA/MA

Mata Pelajaran : Biologi

Kelas : XI (Genap)

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah	Menganalisis hubungan antara struktur jaringan penyusun organ pada sistem ekskresi dan kaitannya dengan bioproses dan gangguan fungsi yang dapat terjadi pada sistem ekskresi manusia
Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan diri yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan	Menyajikan hasil analisis pengaruh pola hidup terhadap kelainan pada struktur dan fungsi organ yang menyebabkan gangguan pada sistem ekskresi serta kaitannya dengan teknologi

# DAFTAR ISI

PENYUSUN .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
STANDAR ISI .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
PETA KONSEP .....	vii
PENDAHULUAN .....	1
A. Identitas Modul .....	1
B. Indikator Pembelajaran .....	1
C. Deskripsi Singkat Materi .....	1
D. Petunjuk Penggunaan E-Modul .....	2
E. Materi Pembelajaran .....	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 .....	4
A. Tujuan Pembelajaran .....	4
B. Uraian Materi .....	4
C. Rangkuman .....	15
D. Penugasan Mandiri .....	16
E. Soal Latihan .....	17
F. Penilaian Diri .....	21
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 .....	22
A. Tujuan Pembelajaran .....	22
B. Uraian Materi .....	22
C. Rangkuman .....	31
D. Penugasan Mandiri .....	32
E. Soal Latihan .....	33
F. Penilaian Diri .....	36

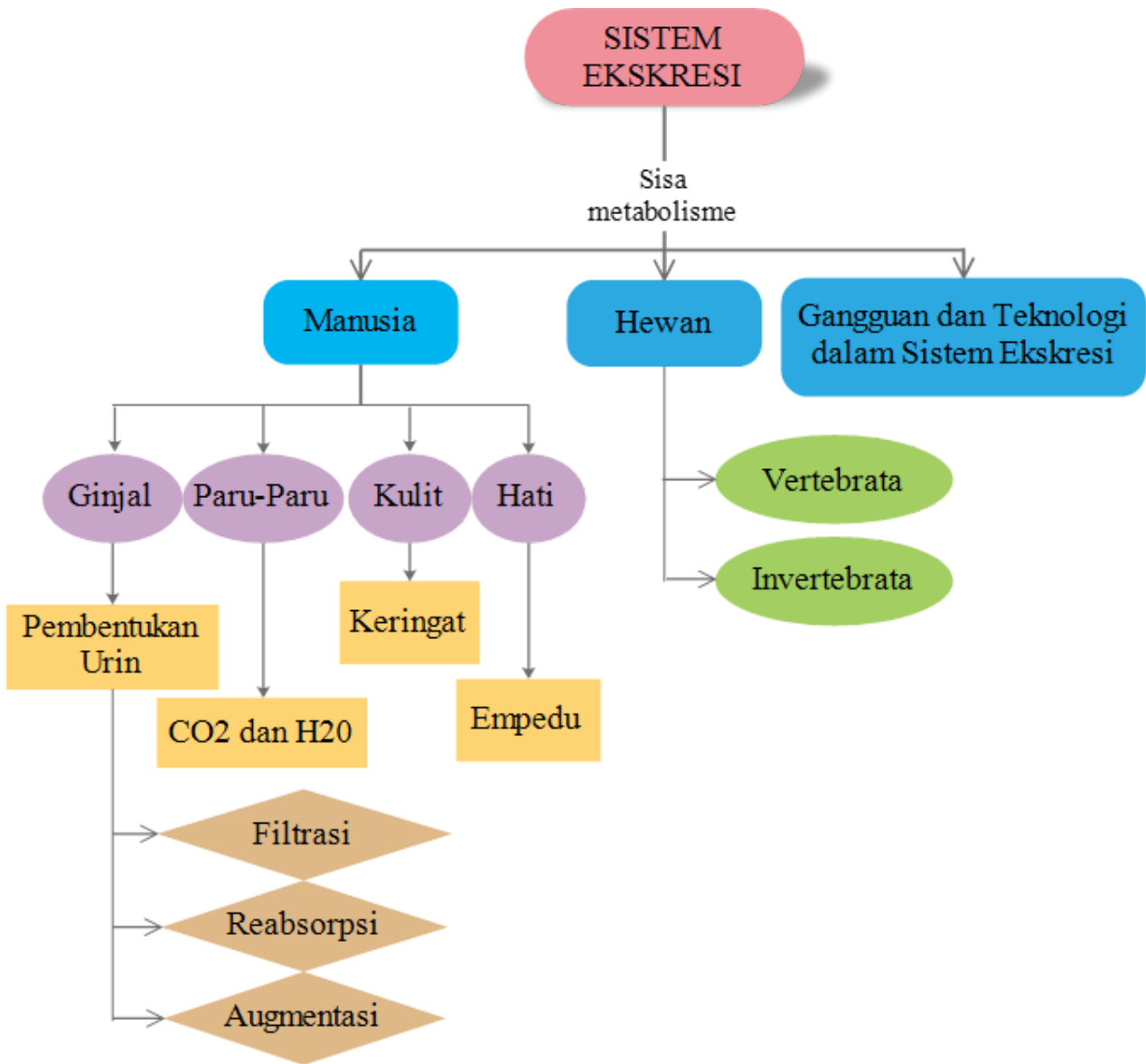
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 .....	37
A. Tujuan Pembelajaran .....	37
B. Uraian Materi .....	37
C. Rangkuman .....	41
D. Penugasan Mandiri .....	42
E. Soal Latihan .....	43
F. Penilaian Diri .....	46
EVALUASI .....	47
GLOSARIUM .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....	55

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sistem ekskresi manusia .....	4
Gambar 1.2 Penampang ginjal.....	5
Gambar 1.3 Letak ginjal (a) dalam tubuh wanita (b) dalam tubuh pria .....	6
Gambar 1.4 Irisan melintang struktur bagian ginjal .....	7
Gambar 1.5 Struktur badan malpighi dan proses reabsorpsi .....	8
Gambar 1.6 Proses reabsorpsi .....	9
Gambar 1.7 Jalur pembentukan urin pada ginjal .....	10
Gambar 1.8 Paru-paru .....	12
Gambar 1.9 Hati .....	12
Gambar 1.10 Diagram irisan kulit manusia.....	13
Gambar 1.11 Hubungan kerja antara hipotalamus dengan kelenjar keringat .	14
Gambar 2.1 Sistem ekskresi cacing pipih .....	23
Gambar 2.2 Sistem ekskresi cacing tanah.....	23
Gambar 2.3 Sistem ekskresi belalang.....	24
Gambar 2.4 Mekanisme ekskresi ikan air tawar dan air laut.....	26
Gambar 2.5 Sistem ekskresi amphibia .....	27
Gambar 2.6 Sistem ekskresi reptilia .....	28
Gambar 2.7 Sistem ekskresi aves .....	29
Gambar 2.8 Sistem ekskresi mamalia .....	30
Gambar 3.1 Kerja mesin ginjal .....	40



# PETA KONSEP



# PENDAHULUAN

## B Indikator Pencapaian

- Menjelaskan struktur dan fungsi organ pada sistem ekskresi manusia dan hewan
- Menjelaskan proses ekskresi pada manusia
- Menjelaskan proses ekskresi pada hewan
- Menjelaskan kelainan dan penyakit yang berhubungan dengan sistem ekskresi
- Menjelaskan teknologi yang berkaitan dengan kesehatan sistem ekskresi
- Menyajikan hasil analisis pengaruh pola hidup terhadap kelaianan pada struktur dan fungsi organ yang menyebabkan gangguan pada sistem ekskresi serta kaitannya dengan teknologi

## A Identitas Modul

Mata Pelajaran : Biologi

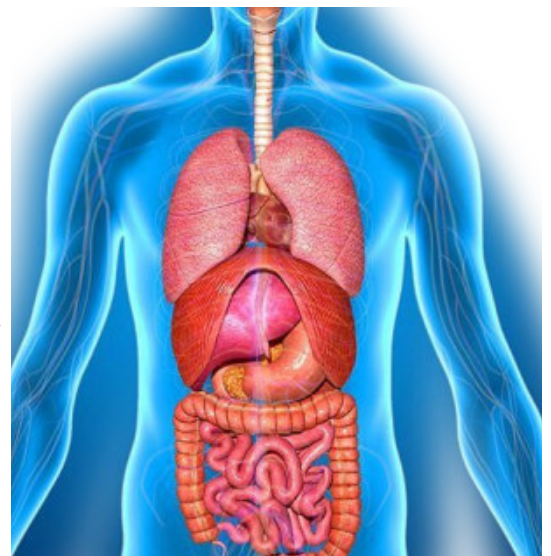
Kelas : XI

Alokasi Waktu : 4 x 45 menit

Judul Modul : Sistem Ekskresi

## C Deskripsi Singkat Materi

Tubuhmu melakukan begitu banyak proses metabolisme, seperti pencernaan, respirasi, dan sebagainya. Proses-proses itu pada akhirnya akan menghasilkan limbah yang jika tidak dikeluarkan akan menyebabkan penyakit. Limbah yang dihasilkan beraneka macam bentuknya, mulai dari gas, cair, sampai padat. Untuk itu, kita memerlukan organ pengeluaran yang berbeda-beda pula. Menurutmu, bagaimana urin bisa keluar dari tubuh kita?



(Sumber : Anita Djie, 2021)

Teman-teman, siapa di antara kalian yang suka menahan untuk buang air kecil? Kamu tau nggak sih, tubuh kita memiliki kemampuan untuk menjaga agar cairan dalam tubuh tetap seimbang.

Kelebihan air, gas, garam-garam dan material organik akan diekskresikan ke luar, tetapi substansi yang esensial untuk fungsi tubuh tetap disimpan. Zat yang dikeluarkan biasanya dalam bentuk terlarut dan diekskresikan melalui suatu proses filtrasi selektif.

Ekskresi adalah pengeluaran sisa-sisa metabolisme yang sudah tidak diperlukan lagi oleh tubuh. **Osmoregulasi** berhubungan erat dengan sistem ekskresi. Pengaturan osmosis dalam tubuh manusia terjadi melalui keringat dan urin. Kehilangan air karena penguapan diatasi dengan reabsorpsi air.



### **Penting loo!!!**

Jangan suka menahan buang air kecil! Menahan buang air kecil terlalu lama dapat melemahkan otot kandung kemih dan meningkatkan risiko terjadinya infeksi kandung kemih

## **D**

### **Petunjuk Penggunaan Modul**

1. Modul ini bertujuan agar kamu dapat belajar secara mandiri dan tidak tergantung pada pihak lain
2. Baca terlebih dahulu bagian pendahuluan agar kamu memperoleh gambaran tentang isi modul dan cara mempelajarinya
3. Setiap kegiatan pembelajaran dilengkapi dengan tujuan, uraian materi, rangkuman, latihan soal dan refleksi
4. Pada akhir modul terdapat Tes Akhir Modul
5. Bacalah dan pahami isi dari modul
6. Kerjakan latihan soal yang tersedia di setiap kegiatan pembelajaran dan di bagian akhir modul untuk mengetahui sejauh mana penguasaanmu terhadap isi modul
7. Kunci jawaban dan pedoman penskoran tersedia pada bagian akhir modul. Gunakan keduanya untuk mengukur tingkat penguasaanmu terhadap isi modul

## **Petunjuk Khusus**

1. Modul ini tersusun 3 kegiatan pembelajaran
2. Pelajari modul secara berurutan, karena materi di dalam modul ini sudah disusun secara hierarkis

### **E**

## **Materi Pembelajaran**

Modul ini terbagi menjadi 3 kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama : Sistem Ekskresi pada Manusia

Kedua : Sistem Ekskresi pada Hewan

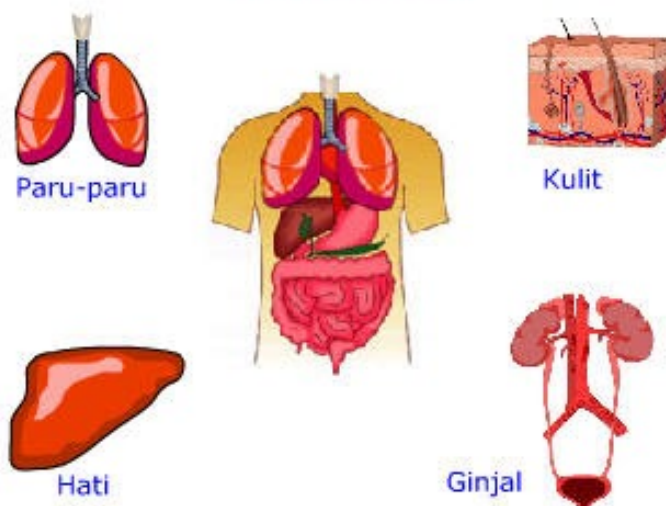
Ketiga : Gangguan dan kelainan/penyakit pada sistem ekskresi

# KEGIATAN PEMBELAJARAN

## I

## "SISTEM EKSRESI MANUSIA"

### B Uraian Materi



Gambar 1.1 Sistem Ekskresi Manusia  
(Sumber : Nishtha,2020)

Alat-alat tubuh yang berfungsi dalam proses ekskresi termasuk dalam sistem ekskresi. Sisa metabolisme karbohidrat dan lemak menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, sisa metabolisme protein berupa amino, NH<sub>3</sub>, urea dan asam urat. Contoh alat tubuh manusia yang dapat mengsekresikan sisa metabolisme adalah ginjal, paru-paru, hati, dan kulit.

### 1. Ginjal

Alat tubuh yang mempunyai fungsi spesifik untuk ekskresi sisa metabolisme yang mengandung nitrogen ialah ginjal.

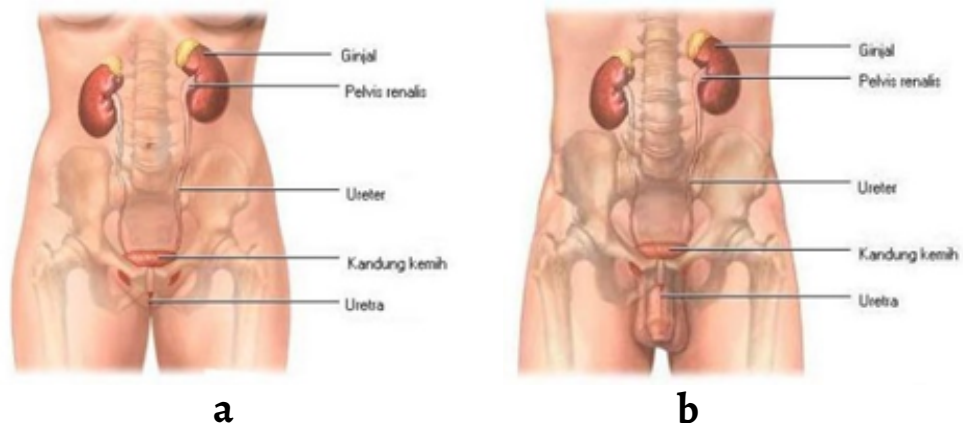
### A Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, siswa diharapkan dapat:

- Menjelaskan struktur dan fungsi organ pada sistem ekskresi manusia
- Menjelaskan proses ekskresi pada manusia

## a. Fungsi Ginjal

- Membuang sisa metabolisme yang mengandung nitrogen (urea atau asam urat) dari tubuh
- Membuang zat-zat yang berbahaya bagi tubuh, misalnya bakteri, obat-obatan, dan zat warna
- Mengatur keseimbangan air dan garam di dalam darah
- Mengatur tekanan darah dalam arteri dengan mengeluarkan kelebihan asam atau basa, serta membuang kelebihan bahan makanan tertentu seperti gula dan vitamin



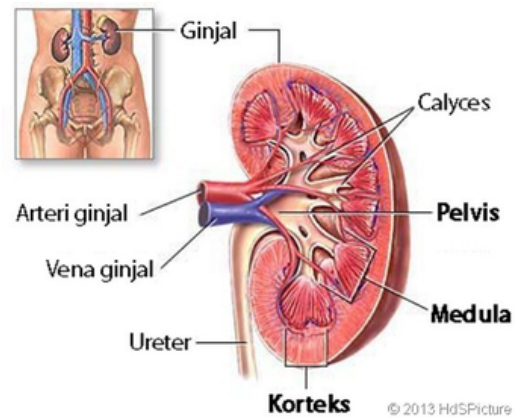
**a** **b**  
**Gambar 1.3 Letak ginjal (a) dalam tubuh wanita  
(b) dalam tubuh pria  
(Sumber : Mubarak, 2022)**

Sebuah saluran sempit yang disebut ureter terdapat di setiap ginjal. Ureter inilah yang terhubung ke kantung besar yang disebut kandung kemih. Urin dikumpulkan dan disimpan dalam kandung kemih. Pada akhir kandung kemih terdapat saluran kemih yang terdapat saluran berotot yang disebut uretra.

Uretra bekerja sebagai saluran tempat pembuangan. Urin terus mengalir keluar dari ginjal ke dalam ureter dan bergerak menuju kandung kemih karena kontraksi dinding ureter. Kandung kemih dapat mengembang dan memperluas volumenya agar dapat diisi urin.

## b. Struktur Ginjal Manusia

Ginjal atau “ren” berbentuk seperti biji buah kacang merah (kara/ercis). Ginjal terletak di kanan dan di kiri tulang pinggang yaitu di dalam rongga perut pada dinding tubuh dorsal. Ginjal berjumlah dua buah dan berwarna merah keunguan. Ginjal sebelah kiri terletak agak lebih tinggi daripada ginjal sebelah kanan.



Gambar 1.2 Penampang Ginjal  
(Sumber : Nia R,2020)

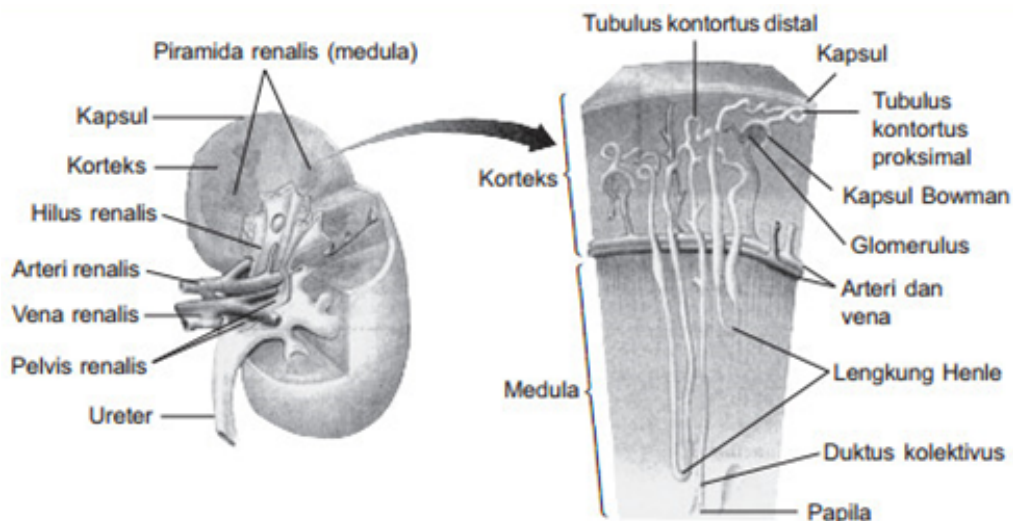
Lapisan ginjal bagian luar disebut kulit ginjal atau *korteks*, sedangkan lapisan dalam disebut sumsum ginjal atau *medula*. Lapisan paling dalam berupa rongga ginjal disebut *pelvis renalis*.

Satuan 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. Tubulus-tubulus tersebut adalah tubulus kontortus proksimal, tubulus kontortus distal, tubulus pengumpul, dan *lengkung Henle* yang terdapat di bagian medulla. Pada sebuah ginjal manusia terdapat kurang lebih 1 juta nefron.

Kapsul bowman ber dinding rangkap dengan glomerulus di dalam cekungan kapsulnya. Glomerulus merupakan untaian pembuluh kapiler darah yang dindingnya bertaut menjadi satu dengan dinding kapsul Bowman sehingga zat-zat yang terlarut dalam darah merembes ke dalam ruang kapsul Bowman yang ber dinding rangkap. Pembuluh darah arteri yang bercabang-cabang menjadi sejumlah arteriola yang disebut arteriola aferen. Arteriola aferen bercabang-cabang menjadi kapiler glomerulus.

Kapiler glomerulus Bersatu kembali menjadi arteriola aferen dan membelit mengelilingi tubulus proksimal, lengkung Henle, dan tubulus distal dari suatu nefron. Kapiler glomerulus kemudian bermuara ke dalam venula, serta bergabung menjadi vena renalis menuju vena kava inferior.

Lengkung Henle ialah bagian saluran ginjal (tubulus) yang melengkung pada daerah medulla dan berhubungan dengan tubulus prosimal maupun tubulus distal di korteks. Bagian lengkung Henle ada dua, yaitu lengkung *Henle ascendens* (menanjak) dan lengkung *Henle descendens* (menurun). Pada orang dewasa, Panjang seluruh tubulus  $\pm 7,5-15$  km. (Lihat Gambar 1.4)



**Gambar 1.4** Irisan melintang struktur dalam ginjal  
(Sumber : Pratiwi, 2011)

Ginjal dikelilingi oleh lemak. Ginjal memiliki arteri renal (arteri ginjal) yang menyuplai darah. Tiap arteri renal memiliki jaringan pembuluh (kapiler) di bagian korteks. Sebagai akibatnya, korteks tampak lebih gelap daripada medula. Ginjal mengendalikan potensi air pada darah yang melewatinya. Substansi yang menyebabkan ketidakseimbangan potensial air pada darah akan dipisahkan dari darah dan diekskresikan dalam bentuk urin.



### c. Proses Pembentukan Urin

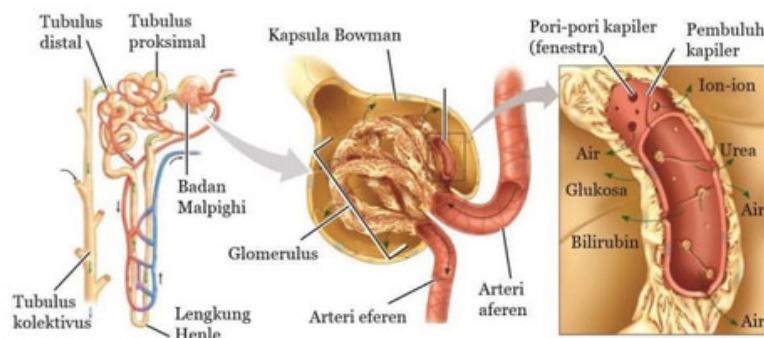
Di dalam ginjal terjadi serangkaian proses pembentukan urin yang terdiri dari tiga tahap, yaitu filtrasi (penyaringan), reabsorpsi (penyerapan kembali), dan augmentasi (pengeluaran). Darah yang masuk ke ginjal mengandung lebih banyak oksigen dan sedikit karbondioksida. Biasanya, darah yang masuk memiliki kadar air, garam mineral dan produk limbah nitrogen yang lebih besar daripada darah yang meninggalkan ginjal.

Kelebihan garam mineral dan limbah nitrogen yang tidak berguna lagi dalam tubuh akan dibuang.

#### 1. Filtrasi (Penyaringan)

Proses penyaringan terjadi di kapsul Bowman dan glomerulus. Ketika darah dari arteriola memasuki glomerulus, tekanan darah menjadi tinggi. Hal tersebut menyebabkan air dan molekul-molekul yang tidak larut dalam darah melewati dinding kapiler pada glomerulus. Kemudian, air dan molekul-molekul memasuki lempeng filtrasi dari kapsula Bowman.

Hasil filtrasi dari glomerulus dan kapsul Bowman disebut filtrate glomerulus atau **urin primer**. Filtrat akan dipindahkan melalui tubulus kontortus proksimal, lengkung Henle, tubulus kontortus distal, kemudian menuju tubulus pengumpul.




Gambar 1.5 Struktur Badan Malpighi dan Proses Filtrasi

(Sumber : Shier *et al.* 2012)

#### 2. Reabsorpsi (Penyerapan Kembali)

Proses reabsorpsi terjadi di tubulus kontortus proksimal, lengkung Henle, dan sebagian tubulus kontortus distal. Reabsorpsi terjadi secara transpor aktif dan transpor pasif. Ketika filtrat dipindahkan, darah di arteriol eferen glomerulus menjadi sangat pekat. Hal tersebut terjadi karena hilangnya begitu banyak air.

Selain itu, filtrasi mengandung substansi-substansi besar yang tidak dapat melewati dinding kapiler glomerulus, seperti sel darah, protein-protein besar, dan kepingan-kepingan lemak. Sementara itu, urin primer yang dihasilkan dari kapsul Bowman, memasuki tubulus kontortus proksimal.

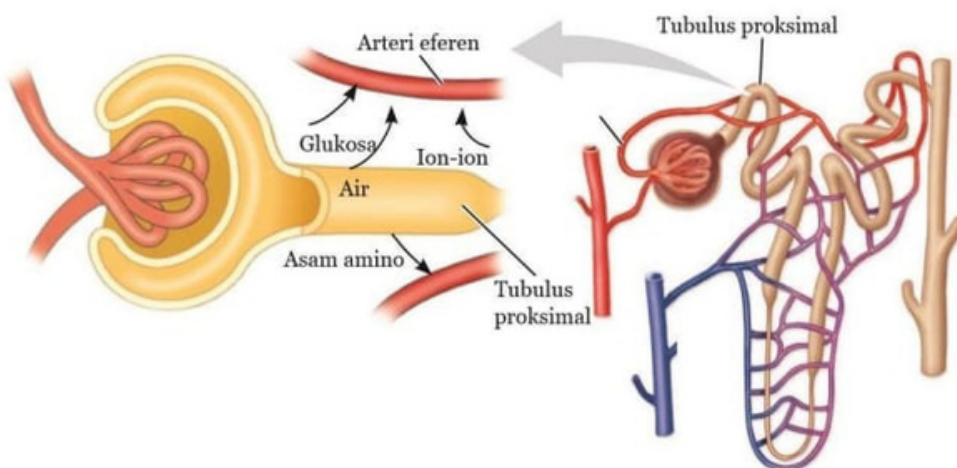


**Peduli Kesehatan**

Ayo menjaga kesehatan, organ-organ ekskresi agar dapat berfungsi dengan baik

Di titik pertautan antara kapiler-kapiler yang melingkupi tubulus, diserap glukosa dan asam amino serta ion  $\text{Na}^+$ . Urin primer yang memasuki lengkung Henle telah lebih isotonik dengan darah di kapiler. Pada lengkung Henle terjadi penyerapan garam  $\text{NaCl}$  dan air.

Penyerapan berlanjut di tubulus kontortus distal. Di sini terjadi penyerapan urea, kreatinin, bahan obat-obatan,  $\text{H}^+$ , dan  $\text{NH}_4^-$ . Sementara itu, garam  $\text{NaCl}$  dan air serta ion  $\text{HCO}_3^-$  kembali diserap.



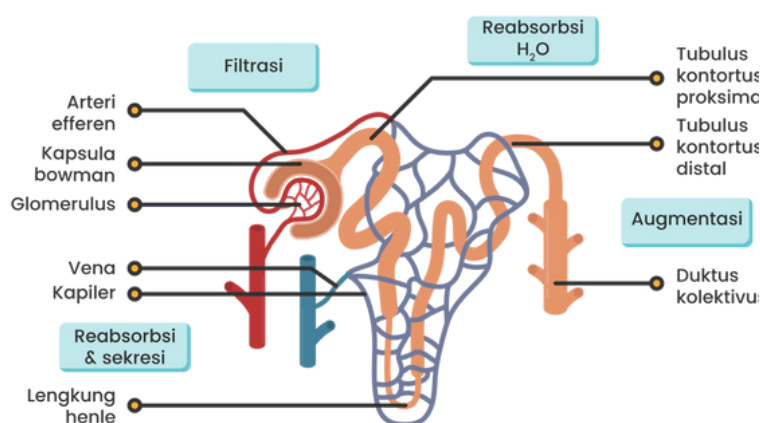
**Gambar 1.6 Proses Reabsorpsi**  
(Sumber : Longenbajer, 2011)

Urin yang dihasilkan dari tubulus kontortus distal, disebut **urin sekunder**. Hasil reabsorpsi ini mengandung air, garam, urea, dan pigmen empedu yang memberikan bau dan warna pada urin

### 3. Augmentasi (Pengeluaran)

Urin sekunder dari tubulus kontortus distal akan memasuki tubulus pengumpul. Di tubulus ini, masih terjadi penyerapan kembali air, garam NaCl, dan urea sehingga terbentuk urin yang harus dibuang dari tubuh. Dari tubulus pengumpul, urin memasuki pelvis renalis, lalu mengalir menuju ureter menuju kandung kemih (vesika urinaria). Ketika kandung kemih penuh, orang akan merasakan keinginan untuk buang air kecil.

Beberapa hal yang memengaruhi volume urin, di antaranya zat-zat diuretik, suhu, konsentrasi darah, dan emosi. Jika sering mengonsumsi kopi dan teh, zat diuretik (kafein) yang dikandungnya akan menghambat reabsorpsi air sehingga volume urin meningkat.



Gambar 1.7 Jalur pembentukan urin pada ginjal  
(Sumber : Arif, 2016)

Pada saat terjadi peningkatan suhu, kapiler di kulit melebar dan air berdifusi keluar serta kelenjar keringat menjadi aktif.

Saat volume air turun, penyerapan air di ginjal berkurang sehingga volume urin menurun. Begitu pula halnya ketika konsentrasi darah meningkat, atau ketika darah menjadi lebih cair karena banyak mengonsumsi cairan.

#### Tahukah kamu???



Keseimbangan cairan atau balance cairan sangat penting diketahui dan dimonitor agar mencegah terjadinya komplikasi dan tercapainya pemenuhan kebutuhan sel dan jaringan. Keseimbangan dapat dicapai jika input dan output cairan seimbang agar proses metabolisme dapat berfungsi dengan baik.

## d. Hal-hal yang Mempengaruhi Produksi Urin

Setiap hari  $\pm 1500$  liter darah melewati ginjal untuk disaring, dan membentuk  $\pm 150-170$  liter urin primer. Akan tetapi, hanya 1-1,5 liter urin yang kita keluarkan. Beberapa hal yang mempengaruhi produksi urin, diantaranya:

### 1. Zat-zat Diuretik

Misalnya kopi, teh, dan alkohol yang akan menghambat reabsorpsi ion  $\text{Na}^+$ . akibatnya konsentrasi ADH (*Hormon Antidiuretik*) berkurang sehingga reabsorpsi air terhambat dan volume urin meningkat.

### 2. Suhu

Jika suhu internal dan eksternal naik di atas normal, maka kecepatan respirasi meningkat. Akibatnya pembuluh kutaneus melebar sehingga cairan tubuh berdifusi dari kapiler ke permukaan kulit. Saat volume air dalam tubuh menurun, ADH (*Hormon Antidiuretik*) disekresikan sehingga reabsorpsi air meningkat.

### 3. Volume Larutan

Jika kita tidak minum seharian, maka konsentrasi air di dalam darah menjadi rendah yang dapat merangsang hipofisis mengeluarkan ADH (*Hormon Antidiuretik*).

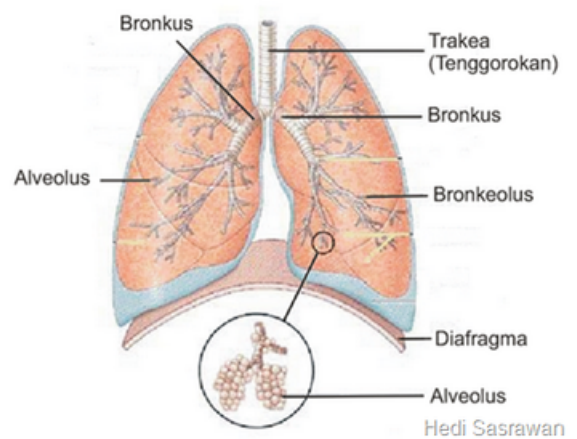
### 4. Emosi

Emosi tertentu dapat merangsang peningkatan atau penurunan urin.

## 2. Paru-Paru

Ekskret paru-paru adalah  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang dihasilkan dari proses pernapasan. Gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  hasil proses metabolisme diangkut darah dari jaringan tubuh menuju paru-paru dan selanjutnya dikeluarkan tubuh pada waktu respirasi. Dari hidung, udara masuk melalui trakea dan berlanjut ke bronkus dan bronkiolus. Setelah itu, oksigen yang masuk akan mengalir ke gelembung-gelembung kecil yang mengikat hemoglobin yang disebut alveolus. Ketika udara kaya oksigen masuk, darah kotor akan membawa karbon dioksida untuk dikeluarkan. Struktur dari paru-paru dapat dilihat pada gambar 1.8

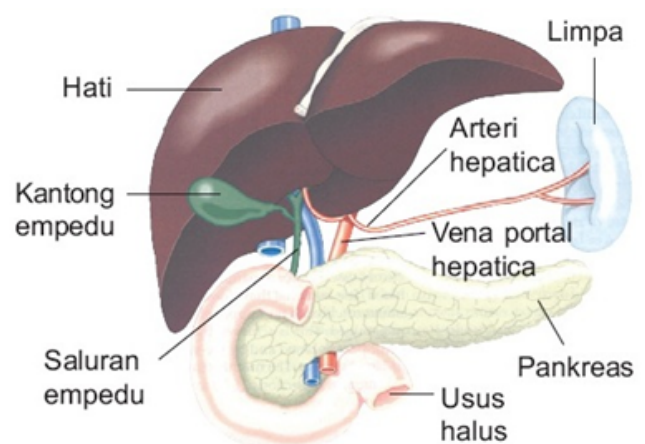
Alveolus, sebagai tempat pertukaran oksigen dan karbon dioksida. Bronkeolus, penghubung alveolus dan cabang dari bronkus. Bronkus, cabang trakea untuk menyalurkan udara yang masuk dan keluar. Trakea, saluran yang terdiri dari faring dan laring untuk mencegah udara atau makanan masuk ke kerongkongan. Diafragma, otot yang menyekat antara perut dan dada dan memisahkan paru-paru dari alat organ yang lainnya.



**Gambar 1.8 Paru-Paru**  
(Sumber : hedisasrawan, 2020)

### 3. Hati

Fungsi hati dalam sistem ekskresi adalah menghasilkan empedu secara terus menerus yang ditampung dalam kantong empedu (*vesika fellea*). Empedu mengandung garam mineral, pigmen empedu (bilirubin dan biliverdin), kolesterol, fosfolipid dan air.



**Gambar 1.9 Hati**  
(Sumber : Pratiwi, 2011)

Selain sebagai organ ekskresi, hati juga berfungsi menyimpan gula dalam bentuk glikogen, menetralkan racun, membuat dan menyimpan vitamin A, mengatur kadar gula darah, serta membuat fibrinogen dan prothrombin. Empedu berasal dari penghancuran hemoglobin eritrosit yang telah tua. Eritrosit yang telah tua dan rusak dirombak oleh sel histosit dalam hati. Hemoglobim dilepaskan dari sel darah merah dan dipecah menjadi zat besi, globin dan hemin. Hemin diubah menjadi zat warna empedu bilirubin dan biliverdin yang dioksidasi dalam usus dua belas jari menjadi urobilin yang berperan dalam memberi warna pada feses dan urin.

Hati menghasilkan enzim arginase yang berperan dalam proses penguraian asam amino. Proses penguraian asam amino oleh enzim arginase ini disebut dengan deaminasi. Asam amino yang diuraikan yaitu asam amino arginin menjadi ornitin dan urea.

Ornitin akan mengikat ammonia dan karbondioksida yang bersifat racun. Selanjutnya ornitin akan dinetralkan dalam hati. Adapun urea akan diserap ginjal untuk dikeluarkan bersama urin.

#### 4. Kulit

Kulit atau integumen mengekskresikan keringat. Banyaknya keringat yang dihasilkan dipengaruhi oleh aktivitas tubuh, suhu lingkungan, makanan, kondisi kesehatan, dan keadaan emosi. Keringat manusia terdiri dari air, garam-garam, terutama garam dapur, sisa metabolisme sel, urea serta asam.

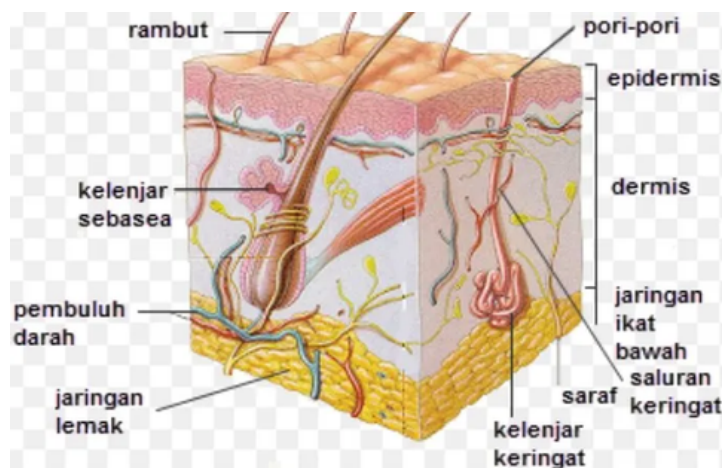
##### a. Fungsi Kulit

1. Sebagai alat ekskresi, kulit mengeluarkan keringat. Keringat terdiri dari air dan garam dapur (NaCl), sisa metabolisme sel, urea, dan asam.
2. Sebagai alat pengatur suhu tubuh.
3. Sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan.
4. Sebagai alat indera peraba.
5. Sebagai alat pelindung untuk mengurangi hilangnya air dari dalam tubuh.
6. Sebagai pelindung tubuh dari gesekan, penyinaran sinar matahari/ultraviolet, zat-zat kimia, dan lain-lain.

##### b. Struktur Kulit

Kulit terdiri dari dua lapis, yaitu epidermis (lapisan luar) dan dermis (lapisan dalam).

Ketebalan epidermis menentukan ketebalan kulit. Epidermis terdiri dari beberapa lapisan (stratum), yaitu sebagai berikut:



Gambar 1.10 Diagram penampang kulit manusia

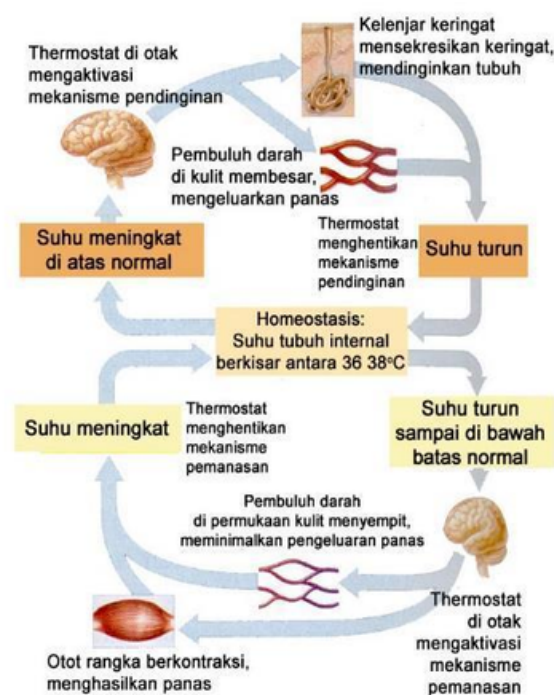
(Sumber : Nia, 2020)

## 1. Epidermis (Kulit Ari)

Ketebalan epidermis menentukan ketebalan kulit. Kulit yang tebal, misalnya pada telapak tangan, ujung jari, dan telapak kaki, memiliki 5 lapis epidermis, yaitu Stratum korneum (lapisan tanduk), yaitu lapisan yang tersusun dari sel-sel mati yang selalu mengelupas. Stratum lusidum, yaitu lapisan yang berwarna bening. Stratum granulosum, yaitu lapisan kulit yang mengandung pigmen melanin. Stratum spinosum, yaitu lapisan sel berduri yang sel-selnya masih mempunyai kemampuan untuk memperbanyak diri. Stratum germinativum, yaitu lapisan kulit yang selalu tumbuh membentuk sel-sel baru ke arah luar.

## 2. Dermis (Kulit Jangat atau Korium)

Dermis atau kulit jangat terdapat di bawah lapisan epidermis. Pada lapisan ini terdapat pembuluh darah, saraf, kantong rambut, ujung-ujung saraf pengindra suhu, sentuhan dan rasa sakit, kelenjar keringat (glandula sudorifera), kelenjar minyak (glandula sebacea), dan lapisan lemak subkutans. Kelenjar keringat berfungsi mengeluarkan keringat yang mengandung air, garam, urea serta mengatur panas tubuh. Banyak sedikitnya jumlah keringat yang dikeluarkan bergantung pada aktivitas tubuh, suhu lingkungan. Guncangan emosi, dan rangsangan saraf simpatetik akibat emosi.



Gambar 1.11 Hubungan kerja antara hipotalamus dan kelenjar keringat  
(Sumber : Pratiwi,2006)

**C**

## Rangkuman

- Sistem ekskresi adalah sistem pembuangan zat-zat sisa metabolisme yang sudah tidak berguna dalam tubuh makhluk hidup, meliputi ginjal, paru-paru, hati, dan kulit.
- Ginjal atau "ren" berbentuk seperti biji buah kacang merah (kara/ercis). Ginjal terletak di kanan dan kiri tulang pinggang yaitu dalam rongga perut pada dinding tubuh dorsal dan berfungsi dalam pembentukan urine.
- Paru-paru sebagai organ ekskresi berperan dalam mengeluarkan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) yang dihasilkan dari respirasi.
- Hati (hepar) berfungsi memecah beberapa senyawa yang bersifat racun (detoksifikasi), serta menghasilkan amonia, urea, dan asam urat yang akan diekskresikan ke dalam urine.
- Kulit sebagai alat ekskresi berperan dalam mengeluarkan lemak dan keringat mengandung air, garam, urea, serta ion-ion seperti  $\text{Na}^+$ .



**D**

## Penugasan Mandiri

1. Gambarlah struktur ginjal, paru-paru, kulit, dan hati! Jelaskan hubungan struktur alat-alat ekskresi tersebut dengan fungsinya masing-masing!
2. Bagaimana proses terjadinya:
  - a. Urine
  - b. Keringat
  - c. Pertukaran CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>
  - d. Bilirubin
3. Mengapa pada siang hari kita sering merasa kehausan? Jelaskan hubungannya dengan sistem ekskresi!



# E

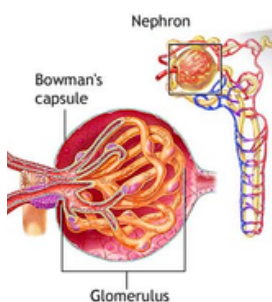
## Latihan Soal

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Suatu proses yang berkaitan erat dengan sistem ekskresi khususnya dengan jumlah air yang dibuang melalui keringat dan urin adalah ...
  - a. Respirasi
  - b. Sekresi
  - c. Difusi
  - d. Osmoregulasi
  - e. Transformasi
2. Tubuh melakukan proses metabolisme yang terjadi pada tubuh atau disebut dengan sistem ekskresi. Berikut adalah proses yang termasuk ekskresi adalah ...
  - a. Pengeluaran insulin dari pancreas
  - b. Keluarnya feses dari anus
  - c. Pengeluaran saliva dari glandula saliva
  - d. Pengeluaran air mata dari kelenjar lakrimal
  - e. Pengeluaran keringat dari kulit
3. Perhatikan fungsi organ ekskresi di bawah ini!
  - 1) Alat pengatur suhu tubuh
  - 2) Alat indera peraba
  - 3) Pelindung untuk mengurangi hilangnya air dalam tubuh
  - 4) Menghasilkan empedu

Berikut adalah fungsi dari kulit adalah ...

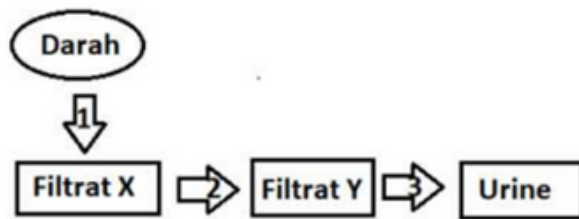
- a. 1, 2, 3
  - b. 2, 3, 4
  - c. 3, 4, 1
  - d. 4, 1, 2
  - e. 2, 1, 4
4. Lapisan kulit yang tersusun dari sel-sel mati yang selalu mengelupas adalah ...
    - a. Stratum korneum
    - b. Stratum lusidum
    - c. Stratum granulosum
    - d. Stratum spinosum
    - e. Stratum germinativum
  5. Perhatikan gambar di bawah ini!



Pada ginjal terdapat nefron. Nefron sangat berperan dalam melaksanakan fungsi ginjal. Glomerulus dan kapsula bowman merupakan bagian nefron yang berfungsi ...

- a. Menyaring darah dan menangkap filtrat
  - b. Mereabsorpsi air ke dalam darah
  - c. Menguraikan racun-racun yang berbahaya
  - d. Mereabsorpsi ion dan nutrisi
  - e. Membersihkan urin untuk diekskresikan
6. Proses pembentukan urin dalam ginjal dapat dibagi menjadi tiga tahap secara berurutan, yaitu ...
    - a. Absorpsi, filtrasi, reabsorpsi
    - b. Filtrasi, reabsorpsi, augmentasi
    - c. Filtrasi, augmentasi, reabsorpsi
    - d. Augmentasi, reabsorpsi, filtrasi
    - e. Reabsorpsi, augmentasi, filtrasi

7. Perhatikan skema pembentukan urin di bawah ini!



Proses yang terjadi di nomor 2 dan filtrat X secara berurutan adalah ...

- Reabsorpsi dan urin primer
  - Reabsorpsi dan urin sekunder
  - Filtrasi dan urin primer
  - Filtrasi dan urin sekunder
  - Augmentasi dan urin sesungguhnya
8. Faktor yang mempengaruhi pembentukan urin, *kecuali* ...
- Zat diuretik
  - Suhu
  - Volume
  - Emosi
  - Aktivitas
9. Organ ekskresi yang berperan dalam sistem respirasi adalah ...
- Paru-paru
  - Ginjal
  - Hati
  - Kulit
  - Alveolus
10. Pigmen atau zat warna emped yang dihasilkan dari komponen hemin disebut ...
- Bilirubin dan biliverdin
  - Hemoglobin
  - Karoten
  - Urobilin
  - Globin

## Kunci Jawaban dan Pembahasan

1. **D (Osmoregulasi)**, osmoregulasi berhubungan erat dengan sistem ekskresi. Pengaturan osmosis dalam tubuh manusia terjadi melalui banyak sedikitnya air yang dibuang melalui keringat dan urin.
2. **E (Pengeluaran keringat dari kulit)**, ginjal mengeluarkan urin, hati mengeluarkan cairan empedu, paru-paru mengeluarkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, dan kulit mengeluarkan keringat.
3. **A (1, 2, 3)**, fungsi kulit yaitu sebagai alat pengatur tubuh, alat indera peraba, pelindung untuk mengurangi hilangnya air dalam tubuh, dan sebagai pelindung tubuh dari gesekan, penyinaran sinar matahari, zat kimia, dll.
4. **A (Stratum Korneum)**, atau disebut dengan lapisan tanduk yaitu lapisan yang tersusun dari sel-sel mati yang selalu mengelupas
5. **A (Menyaring darah dan menangkap filtrat)**, glomerulus dan kapsula bowman merupakan salah satu bagian nefron yang berperan dalam pembentukan urin. Pada proses pembentukan urin, mula-mula darah yang mengandung air, garam, glukosa, urea, asam amino dan amonia mengalir ke dalam glomerulus untuk menjalani proses filtrasi (penyaringan).
6. **B (Filtrasi, reabsorpsi, augmentasi)**, proses pembentukan urin yang terdiri dari tiga tahap, yaitu filtrasi (penyaringan), reabsorpsi (penyerapan kembali), an augmentasi (pengeluaran).
7. **A (Reabsorpsi dan urin primer)**, 1: filtrasi, filtrat x: urin primer, 2: reabsorpsi, filtrat y: urin sekunder, 3: augmentasi, dan urin sesungguhnya.
8. **E (Aktivitas)**, Setiap hari ±1500 liter darah melewati ginjal untuk disaring, dan membentuk ±150-170 liter urin primer. Akan tetapi, hanya 1-1,5 liter urin yang kita keluarkan. Beberapa hal yang mempengaruhi produksi urin yaitu zat-zat diuretik, suhu, volume larutan, dan emosi.
9. **A (Paru-paru)**, Ekskret paru-paru adalah CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O yang dihasilkan dari proses pernapasan. Gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O hasil proses metabolisme diangkut darah dari jaringan tubuh menuju paru-paru dan selanjutnya dikeluarkan tubuh pada waktu respirasi.
10. **A (Bilirubin dan biliverdin)**, Empedu mengandung garam mineral, pigmen empedu (bilirubin dan biliverdin).

## Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

Nilai = *Jumlah Skor Perolehan*

$$\frac{\text{Jumlah Skor Maksimum}}{\text{Konversi tingkat penguasaan:}} \times 100\%$$

90-100% = baik sekali

80-89% = baik

70-79 = cukup

<70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

**F**

## Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggung jawab!

Setelah kegiatan pembelajaran dilakukan, saya ...

No	Pertanyaan	YA	TIDAK
1	Saya dapat mengetahui struktur dan fungsi organ ginjal sebagai sistem ekskresi pada manusia		
2	Saya dapat mengetahui proses mekanisme dan faktor apa saja yang mempengaruhi proses pembentukan urine		
3	Saya dapat mengetahui struktur dan fungsi organ paru-paru sebagai sistem ekskresi pada manusia		
4	Saya dapat mengetahui struktur dan fungsi organ hati sebagai sistem ekskresi pada manusia		
5	Saya dapat mengetahui struktur dan fungsi organ kulit sebagai sistem ekskresi pada manusia		

### **Catatan!**

Bila ada jawaban “Tidak”, maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih “Tidak”.

Bila semua jawaban “Ya”, maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

## "SISTEM EKSKRESI HEWAN"

### **B** Uraian Materi

#### 1. Sistem Ekskresi pada Invertebrata

Pada hewan invertebrata belum terdapat sistem ekskresi. Akan tetapi sisa-sisa metabolisme harus dikeluarkan dari dalam tubuh organisme. Untuk itu, hewan invertebrata memiliki alat dan cara ekskresi tersendiri.

##### a. Sistem Ekskresi Protozoa

Protozoa mengeluarkan sisa-sisa metabolisme melalui membrane sel secara difusi. Protozoa mempunyai organel ekskresi berupa vakuola berdenyut untuk mengatur kadar air dalam sel.

##### b. Sistem Ekskresi Coelenterata dan Porifera

Coelenterate dan porifera mengeluarkan sisa-sisa metabolisme secara difusi, dari sel tubuh ke epidermis, lalu dari epidermis ke lingkungan hidupnya yang berair.

##### c. Sistem Ekskresi Platyhelminthes (Cacing Pipih)

Alat ekskresi pada cacing pipih, misalnya Planaria adalah sel api yang terdapat pada bagian kanan dan kiri tubuhnya. Pengeluaran sisa metabolisme pada cacing pipih dan cacing pita dilakukan dengan selenosit yang disebut juga protonefridium atau sel api.

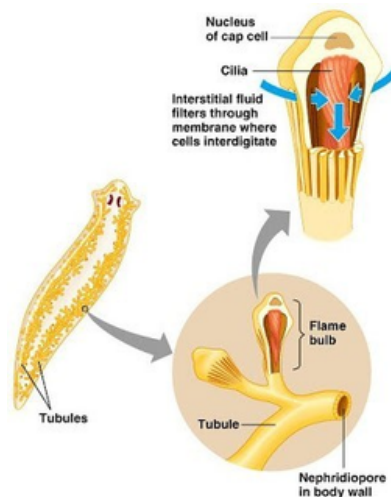
### **A**

### Tujuan Pembelajaran

*Setelah mempelajari bab ini, siswa diharapkan dapat:*

- *Menjelaskan struktur dan fungsi organ pada sistem ekskresi hewan*
- *Menjelaskan proses ekskresi pada hewan*

Sel api menyerap sisa metabolisme dari sel-sel di sekitarnya, lalu menyalurkan sisa metabolisme dengan Gerakan silia ke diktus ekskretorius.

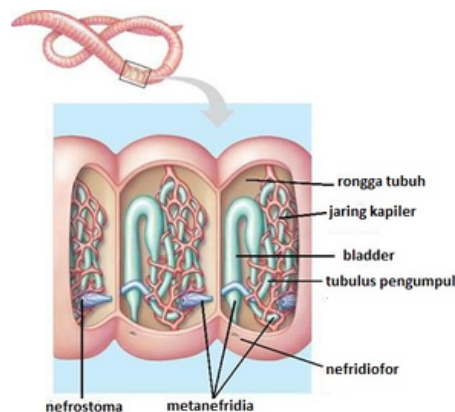


**Gambar 2.1 Sistem ekskresi cacing pipih**  
(Sumber : Risa & Dwi, 2017)

#### d. Sistem Ekskresi Annelida (Cacing Tanah)

Alat ekskresi cacing tanah adalah sepasang metanefridium berbentuk tabung yang terdapat di setiap segmen tubuhnya. Setiap metanefridium terdiri dari corong bersilia yang disebut nefrostom, saluran/pipa yang berkelok-kelok, dan berakhir dengan lubang pengeluaran yang disebut nefridiofor.

Getaran silia pada nefrostom menyebabkan cairan tubuh masuk ke dalam metanefridium. Pada saat cairan melalui metanefridium, zat-zat yang berguna diserap darah dan zat sisa seperti air, senyawa nitrogen, dan garam-garam yang tidak diperlukan oleh tubuh ditampung dalam kandung kemih. Zat sisa tersebut kemudian dikeluarkan melalui nefridiofor.



**Gambar 2.2 Sistem ekskresi cacing tanah**  
(Sumber : Risa & Dwi, 2017)



### e. Sistem Ekskresi Nematelminthes (Cacing Gilig)

Pada Nematelminthes yang hidup di laut sistem ekskresinya terdiri dari satu atau dua sel kelenjar Renette yang terletak di dalam pseudosoel bagian ventral, di dekat perbatasan antara faring dan intestin. Rusuk anterior dari sel yang berbentuk H mengalami reduksi, dan kanal transversal bercabang membentuk satu jaringan. Saluran umum itu berakhir pada lubang ekskresi yang terletak di bagian ventral di belakang bibir. Sistem ekskresi pada cacing ini tidak dilengkapi dengan lubang-lubang internal, silia, dan sel api.

### f. Sistem Ekskresi Mollusca

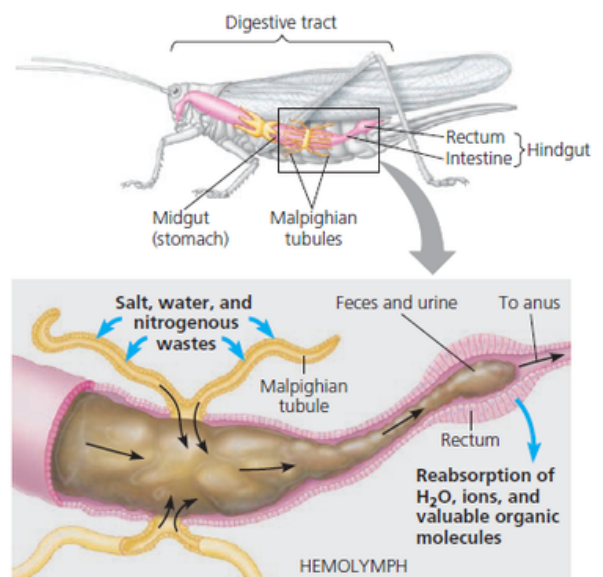
Sistem ekskresi Mollusca adalah berupa nefridia yang berperan mirip dengan ginjal, nefridia juga mengeluarkan sisa metabolisme dalam bentuk cairan.

### g. Sistem Ekskresi Echinodermata

Sisa-sisa metabolisme yang terjadi di dalam sel-sel tubuh akan diangkut oleh sel-sel amoeboid ke dermal branchie untuk selanjutnya dilepas ke luar tubuh.

### h. Sistem Ekskresi Arthropoda (Insecta)

Insecta memiliki alat ekskresi yang disebut pembuluh Malpighi yang melekat pada ujung anterior usus belakang. Zat-zat sisa metabolisme diserap oleh pembuluh malpighi dan membentuk kristal asam urat yang dikeluarkan bersama feses. Sebagian zat sisa yang mengandung nitrogen dimanfaatkan untuk membentuk kitin pada eksoskeleton juga diekskresikan sewaktu pengelupasan kulit (moulting).



Gambar 2.3 Sistem ekskresi belakang  
(Sumber : Risa & Dwi, 2017)

## 2. Sistem Ekskresi pada Vertebrata

Alat ekskresi utama pada vertebrata adalah ginjal (ren). Struktur ginjal yang paling primitif disebut akrinefros atau holonefros.

Pada prinsipnya, terdapat tiga tipe ginjal pada vertebrata, yaitu pronefros, mesonefros, dan metanefros. Pronefros adalah ginjal yang berkembang pada fase embrio vertebrata selain mamalia, embrio berudu dan larva Amphibia yang lain. Selama perkembangan embrio amniota dan selama metamorphosis Amphibia, pronefros digantikan oleh mesonefros. Mesonefros merupakan ginjal pada embrio Sebagian vertebrata, ikan dewasa, dan Amphibia dewasa. Pada reptilia, burung, dan mamalia dewasa, mesonefros akan berubah menjadi metanefros selama masa perkembangan embrio.

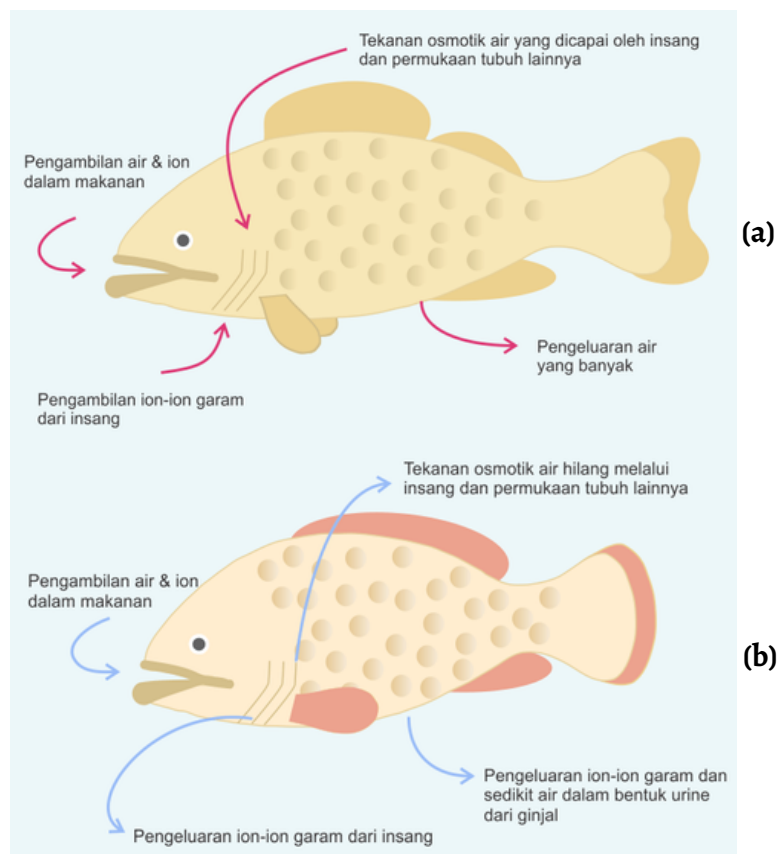
### a. Sistem Ekskresi Pisces

Ginjal pada ikan adalah sepasang ginjal sederhana yang disebut mesonefros. Setelah dewasa, mesonefros akan berkembang menjadi ginjal opistonefros berwarna coklat yang terikat di sisi dorsal rongga tubuh. Ginjal dilengkapi dengan saluran urin yang menyatu dengan saluran kelamin (saluran urogenitalia) dan bermuara pada kloaka.

Mekanisme ekskresi ikan air tawar berbeda dengan mekanisme ekskresi ikan air laut.

- 1) Pada ikan air tawar, kondisi lingkungan sekitar yang hipotonis membuat jaringan ikan sangat mudah mengalami kelebihan cairan. Ginjal ikan air tawar memiliki kemiripan dengan ginjal manusia. Mekanisme filtrasi dan reabsorpsi juga terjadi pada ginjal ikan. Mineral dan zat-zat makanan lebih banyak diabsorpsi, sedangkan air hanya sedikit diserap. Dengan sedikit minum dan mengeluarkan urine dalam volume besar, ikan air tawar menjaga jaringan tubuhnya agar tetap dalam keadaan hipertonic. Ekskresi amonia dilakukan dengan cara difusi melalui insangnya.

- 2) Ikan air laut, sangat mudah mengalami dehidrasi karena air dalam tubuhnya akan cenderung mengalir keluar ke lingkungan sekitar melalui insang, mengikuti perbedaan tekanan osmotik. Ikan air laut tidak memiliki glomerulus sehingga mekanisme filtrasi tidak terjadi dan reabsorpsi pada tubulus juga terjadi dalam skala yang kecil. Oleh karena itu, ikan air laut beradaptasi dengan banyak meminum air laut, melakukan desalinasi (menghilangkan kadar garam dengan melepaskannya lewat insang), dan menghasilkan sedikit urine. Urine yang dihasilkan akan dikeluarkan melalui lubang di dekat anus. Hal ini berbeda dengan pengeluaran urine dari ikan Chondrichthyes, misalnya hiu. Ikan hiu mengeluarkan urine melalui seluruh permukaan kulitnya.

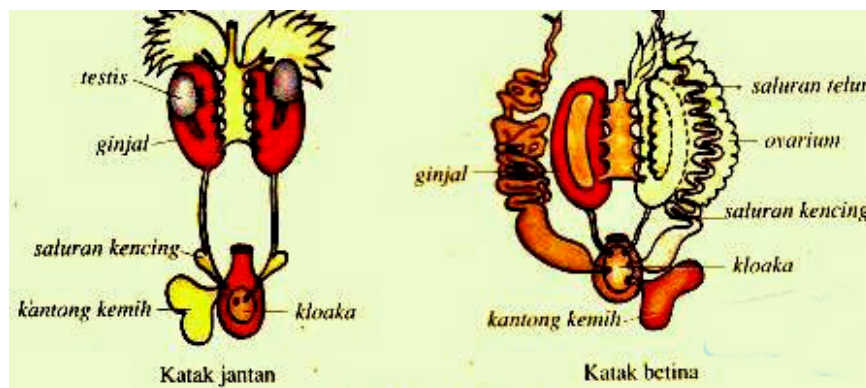


**Gambar 2.4 Mekanisme Ekskresi pada (a) Ikan Air Tawar (b) Ikan Air Laut**  
(Sumber : Lestari, 2018)

## b. Sistem Ekskresi Amphibia (Katak)

Alat pengeluaran pada amfibi terdiri dari Kulit, Paru - paru, hati, dan ginjal. Kulit pada katak umumnya lembab yang membantu dalam proses difusi gas. Paru -paru digunakan untuk mengeluarkan zat sisa oksidasi. Ginjal digunakan untuk pembuangan urin.

Alat ekskresi pada katak ialah ginjal mesonefros yang dihubungkan dengan ureter di vesika urinaria. Berwarna merah kecokelatan serta terletak di kanan dan kiri tulang belakang. Alat ekskresi lainnya ialah kulit, paru-paru. Saat mengalami metamorfosis, amfibi mengubah ekskresi amonia menjadi urea. Hal ini terjadi saat larva berubah jadi berudu dan hewan darat dewasa.



Gambar 2.5 Sistem Ekskresi pada Katak

(Sumber : Risa & Dwi, 2017)

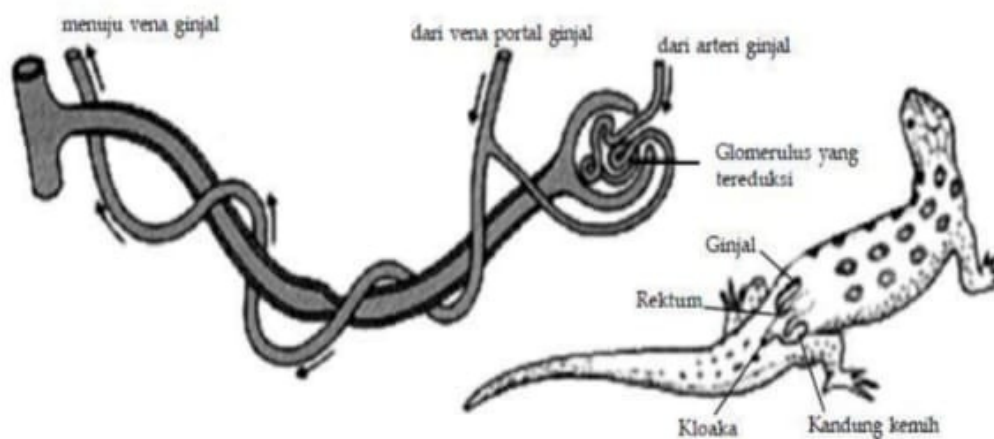
Tipe ginjal pada Amphibia adalah tipe ginjal opistonefros. Katak jantan memiliki saluran ginjal dan saluran kelamin yang bersatu dan berakhir di kloaka. Namun, hal tersebut tidak terjadi pada katak betina. Ginjal pada katak seperti halnya pada ikan, juga menjadi salah satu organ yang sangat berperan dalam pengaturan kadar air dalam tubuhnya. Kulit Amphibia yang tipis dapat menyebabkan Amphibia kekurangan cairan jika terlalu lama berada di darat. Begitu pula jika katak berada terlalu lama dalam air tawar. Air dengan sangat mudah masuk secara osmosis ke dalam jaringan tubuh melalui kulitnya.

Katak dapat mengatur laju filtrasi dengan bantuan hormon, sesuai dengan kondisi air di sekitarnya. Ketika berada dalam air dengan jangka waktu yang lama, katak mengeluarkan urine dalam volume yang besar. Namun, kandung kemih katak dapat dengan mudah terisi air. Air tersebut dapat diserap oleh dinding kandung kemihnya sebagai cadangan air ketika katak berada di darat untuk waktu yang lama.

### c. Sistem Ekskresi Reptilia

Tipe ginjal pada Reptilia adalah metanefros. Pada saat embrio, Reptilia memiliki ginjal tipe pronefros, kemudian pada saat dewasa berubah menjadi mesonefros hingga metanefros.

Hasil ekskresi pada Reptilia adalah asam urat. Sekresi asam urat tanpa disertai air dalam volume yang besar dan dalam bentuk pasta berwarna putih. Beberapa jenis Reptilia juga menghasilkan amonia. Misalnya, pada buaya dan kura-kura. Penyu yang hidup di lautan memiliki kelenjar ekskresi untuk mengeluarkan garam yang dikandung dalam tubuhnya. Muara kelenjar ini adalah di dekat mata. Hasil ekskresi yang dihasilkan berupa air yang mengandung garam. Ketika penyu sedang bertelur, kita seringkali melihatnya mengeluarkan semacam air mata. Namun, yang kita lihat sebenarnya adalah hasil ekskresi garam. Ular, buaya, dan aligator tidak memiliki kandung kemih sehingga asam urat yang dihasilkan ginjalnya keluar bersama feses melalui kloaka.



**Gambar 2.6 Sistem Ekskresi pada Reptilia**

(Sumber : Risa & Dwi, 2017)

#### d. Sistem Ekskresi Aves

Burung memiliki ginjal dengan tipe metanefros. Burung tidak memiliki kandung kemih sehingga urine dan fesesnya bersatu dan keluar melalui lubang kloaka. Urine pada burung diekskresikan dalam bentuk asam urat. Metabolisme burung sangat cepat. Dengan demikian, sistem ekskresi juga harus memiliki dinamika yang sangat tinggi. Peningkatan efektivitas ini terlihat pada jumlah nefron yang dimiliki oleh ginjal burung. Setiap 1 mm<sup>3</sup> ginjal burung, terdapat 100–500 nefron.

Jumlah tersebut hampir 100 kali lipat jumlah nefron pada manusia. Jenis burung laut juga memiliki kelenjar ekskresi garam yang bermuara pada ujung matanya. Hal tersebut untuk mengimbangi pola makannya yang memangsa ikan laut dengan kadar garam tinggi.



Gambar 2.7 Sistem Ekskresi pada Aves

(Sumber : Risa & Dwi, 2017)

#### e. Sistem Ekskresi Mamalia

Pada mamalia ginjal merupakan organ utama yang melakukan proses ekskresi dan osmoregulasi. Peranan fungsi ginjal adalah :

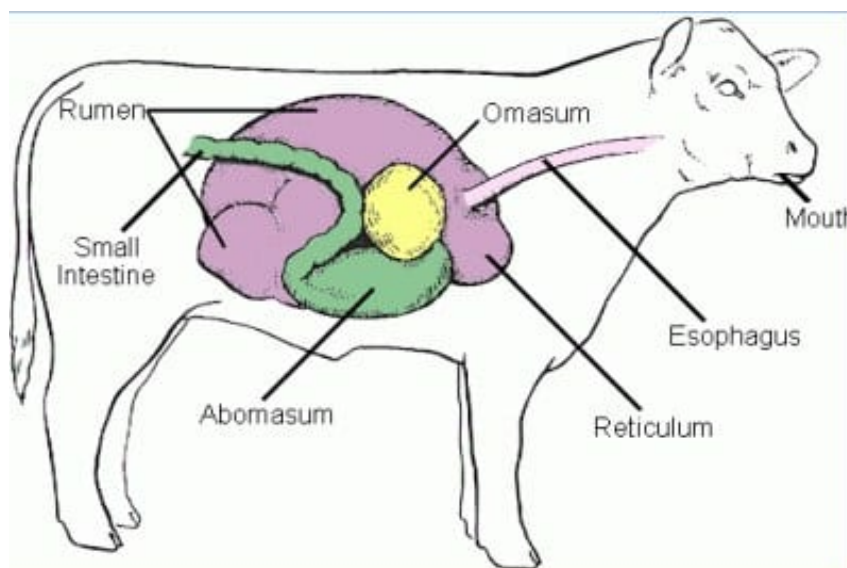
- Mensekresikan zat sisa hasil buangan
- Mengatur volume plasma dan jumlah air di dalam tubuh
- Bila banyak air yang masuk kedalam tubuh ginjal membuang kelebihan sehingga lebih banyak lagi urin yang di sekresikan. Bila tubuh banyak kehilangan air, ginjal akan mengeluarkan sedikit air (urin pekat).
- Menjaga tekanan osmose pada keadaan seharusnya dengan cara mengekskresi garam-garam.
- Menjaga pH plasma dan cairan tubuh
- Menjalankan fungsi sebagai hormon

Pada mamalia, Hati terletak pada rongga perut bagian kanan dan terdapat selaput tipis pada bagian kanan hati. Terdapat jaringan pembuluh darah dan jaringan empedu. Hati menghasilkan cairan empedu sebagai alat ekskresi. Fungsi Hati :

- Sintesis protein (albumin, protombin, dan fibrinogen plasma darah → fungsi endokrin).
- Penyimpan gula (glikogen) dan lemak.
- Sebagai penawar racun.
- Tempat perombakan eritrosit yang telah tua.

Pada mamalia, Kulit Sebagai organ ekskresi kulit mengeluarkan keringat yang berasal dari kelenjar keringat di lapisan dermis kulit (integument) mamalia.

Sedangkan Paru-paru, mengeluarkan zat sisa berupa karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan uap air.  $\text{CO}_2$  merupakan sisa proses metabolisme dalam jaringan yang diangkut oleh darah ke paru-paru dan berdifusi dalam alveolus.



**Gambar 2.8 Sistem Ekskresi pada Mamalia**

(Sumber : Risa & Dwi, 2017)

**C**

## Rangkuman

- Sistem ekskresi hewan meliputi sistem ekskresi pada invertebrata dan vertebrata
- Invertebrata memiliki alat ekskresi yang sederhana, antara lain dengan seluruh permukaan tubuh, vakuola kontraktil, nefridium, protonefridium, dan metanefridium. Alat ekskresi protozoa adalah vakuola berdenyut. Coelenterata dan porifera mengeluarkan sisa metabolisme secara difusi, dari sel tubuh ke epidermis. Alat ekskresi pada cacing pipih adalah protonefridiu, yang memiliki sel api. Alat ekskresi cacing tanah adalah metanefridium. Alat ekskresi cacing gilig adalah satu atau dua sel kelenjar *Renette* yang terletak di dalam pseudosoel bagian ventral. Alat ekskresi arthropoda (insecta) adalah buluh Malpighi. Alat ekskresi mollusca adalah nefridia yang berperan mirip ginjal. Alat ekskresi echinodermata terjadi di dalam sel-sel tubuh yang akan diangkut oleh sel-sel amoeboid ke dermal branchie.
- Alat ekskresi pada ikan adalah ginjal mesonefros, ekskretnya berupa amonia. Ikan yang hidup di laut mengekskresikan trimetilamin oksida. Alat ekskresi amphibi adalah ginjal mesonefros, ekskretnya adalah asam urat encer. Alat ekskresi reptilia adalah ginjal mesonefros, ekskretnya adalah asam urat yang berbentuk bubur (pasta) dan berwarna putih bercampur feses. Alat ekskresi burung adalah ginjal mesonefros, ekskretnya berupa asam urat berbentuk kristal bercampur feses. Alat ekskresi mamalia adalah ginjal, paru-paru, hati, dan kulit, hampir sama dengan manusia.



**D****Penugasan****Kegiatan Kelompok**

**Judul Kegiatan :** Sistem ekskresi pada serangga dan ikan

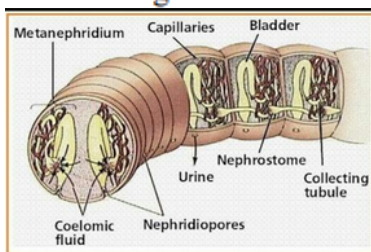
**Nilai Karakter :** Rasa ingin tahu, tekun, kerja sama, dan komunikatif

Pelajarilah kembali tentang sistem ekskresi pada serangga dan ikan! Carilah informasi tambahan, baik dari buku literatur maupun internet! Diskusikan dengan teman sekelompok Anda tentang sistem ekskresi pada kedua hewan tersebut dan bandingkan! buatlah laporan hasil diskusi kelompok Anda lengkap dengan gambar pendukungnya!

## E Latihan Soal

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Hasil ekskresi burung bercampur dengan feses karena ...
  - a. Burung hanya memiliki kloaka
  - b. Urin keluar lewat uretra
  - c. Organ ekskresi berhubungan dengan organ reproduksi
  - d. Ginjal burung menyatu dengan usus
  - e. Saluran ginjal buntu
2. Alat ekskresi dan bahan yang diekskresikan pada serangga adalah ...
  - a. Pembuluh malpighi dan ammonia
  - b. Pembuluh malpighi dan asam urat
  - c. Pronefros dan ammonia
  - d. Metanefridium dan asam urat
  - e. Metanefridium dan ammonia
3. Untuk hewan-hewan yang hidup di air tawar, ekskresi air diperlukan karena ...
  - a. Sel-sel tubuh cenderung kekurangan air
  - b. Air cenderung mengalir dari konsentrasi garam yang lebih tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah
  - c. Sel-sel tubuh menahan konsentrasi air yang tinggi
  - d. Sel-sel tubuh cenderung kekurangan air karena konsentrasi garamnya tinggi
  - e. Air dalam lingkungan eksternal mempunyai konsentrasi mineral dan garam yang rendah daripada yang ada di dalam sel-sel tubuh hewan
4. Protozoa mengeluarkan zat sisa lewat ...
  - a. Nefridium
  - b. Membrane sel
  - c. Pembuluh malpighi
  - d. Nefridior
  - e. Metanefros
5. Perhatikan gambar di bawah ini!



Hewan yang memiliki alat ekskresi sepasang *metanefridium* berbentuk tabung yang terdapat di setiap segmen tubuhnya adalah ...

- a. Protozoa
- b. Insecta
- c. Cacing tanah
- d. Cacing pipih
- e. Coelenterata

## Kunci Jawaban dan Pembahasan

1. **A (Burung hanya memiliki kloaka)**, Hasil ekspresi dan feses bercampur karena dikeluarkan dalam lubang yang disebut kloaka. Kloaka merupakan Muara dari tiga sistem, yaitu sistem pencernaan, sistem ekskresi, dan sistem reproduksi.
2. **B (Pembuluh malpighi dan asam urat)**, Alat ekskresinya adalah pembuluh Malpighi. Pembuluh Malpighi berfungsi untuk membuang urea, asam urat, dan garam dari darah ke usus.
3. **C (Air dalam lingkungan eksternal mempunyai konsentrasi mineral dan garam yang rendah daripada yang ada di dalam sel-sel tubuh hewan)**, Ikan memiliki ginjal sederhana yang berperan sebagai alat ekskresi utama. Ikan yang hidup di air laut dan air tawar memiliki perbedaan dalam mekanisme osmoregulasinya. Ikan air tawar adalah ikan yang hidup di lingkungan yang lebih hiposmotik atau air pada lingkungannya lebih encer daripada cairan tubuhnya. Oleh sebab itu, ikan yang hidup di air tawar maka air dari lingkungannya akan lebih banyak masuk ke dalam tubuh. Ikan air tawar hanya sedikit minum air karena tubuhnya sudah kelebihan air sehingga urine yang dihasilkan lebih banyak dan encer. Selain itu, ikan air tawar lebih banyak menyerap garam dari urine dan insang untuk menjaga kepekatan cairan tubuh sehingga kadar garam dalam tubuhnya dapat terjadi kestabilannya. Jadi, ekskresi air sangat diperlukan bagi hewan-hewan yang hidup di air tawar karena hewan-hewan tersebut perlu menjaga kestabilan kadar garam dalam tubuhnya.
4. **B (Membran sel)**, Protozoa mengeluarkan sisa-sisa metabolisme melalui membrane sel secara difusi. Protozoa mempunyai organel ekskresi berupa vakuola berdenyut untuk mengatur kadar air dalam sel.
5. **C (Cacing tanah)**, Alat ekskresi cacing tanah adalah sepasang metanefridium berbentuk tabung yang terdapat di setiap segmen tubuhnya. Setiap metanefridium terdiri dari corong bersilia yang disebut nefrostom, saluran/pipa yang berkelok-kelok, dan berakhir dengan lubang pengeluaran yang disebut nefridiofor.

## Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir

modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100\%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90-100% = baik sekali

80-89% = baik

70-79 = cukup

<70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan

dengan Kegiatan Belajar 3. Bagus! Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

**F**

## Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggung jawab!

Setelah kegiatan pembelajaran dilakukan, saya ...

No	Pertanyaan	YA	TIDAK
1	Saya dapat mengetahui struktur dan fungsi sistem ekskresi pada hewan		
2	Saya dapat mengetahui sistem ekskresi pada hewan vertebrata		
3	Saya dapat mengetahui sistem ekskresi pada hewan invertebrata		

### **Catatan!**

Bila ada jawaban “Tidak”, maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih “Tidak”.

Bila semua jawaban “Ya”, maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

## "GANGGUAN PADA SISTEM EKSRESI"

### **B** Uraian Materi

#### a. Gangguan pada Ginjal

- Nefritis, adalah kerusakan pada glomerulus ginjal akibat alergi racun kuman biasanya disebabkan oleh bakteri *Streptococcus*. Nefritis mengakibatkan seseorang menderita *urinemia* dan *oedema*. *Urinemia* adalah masuknya kembali asam urin dan urea ke pembuluh darah. *Oedema* adalah penimbunan air di kaki karena reabsorpsi air terganggu.
- Batu Ginjal, terbentuk karena pengendapan garam kalsium di dalam rongga ginjal, saluran ginjal, atau kandung kemih. Batu ginjal ini berbentuk kristal yang tidak dapat larut. Kandungan batu ginjal adalah kalsium oksalat, asam urat, dan kristal kalsium fosfat.
- Albuminuria, adalah ditemukannya albumin pada urin. Adanya albumin dalam urin merupakan indikasi adanya kerusakan pada membrane kapsul endothelium. Selain itu dapat juga disebabkan oleh iritasi sel-sel ginjal karena masuknya substansi seperti racun bakteri, eter, atau logam berat.

### **A**

### Tujuan Pembelajaran

*Setelah mempelajari bab ini, siswa diharapkan dapat:*

- *Menjelaskan kelainan dan penyakit yang berhubungan dengan sistem ekskresi*
- *Menjelaskan teknologi yang berkaitan dengan kesehatan sistem ekskresi*

- Glikosuria, adalah ditemukannya glukosa pada urin. Adanya glukosa dalam urin menunjukkan adanya kerusakan pada tabung ginjal.
- Hematuria, adalah ditemukannya sel darah merah dalam urin, yang disebabkan peradangan pada organ urinaria atau iritasi akibat gesekan pada batu ginjal.
- Ketosis, adalah ditemukannya senyawa keton dalam darah, yang dapat terjadi pada orang yang melakukan diet karbohidrat.
- Diabetes Melitus atau kencing manis, adalah penyakit yang muncul karena pancreas tidak menghasilkan atau hanya menghasilkan sedikit sekali insulin. Insulin adalah hormone yang mampu mengubah glukosa menjadi glikogen sehingga dapat mengurangi kadar gula dalam darah.
- Diabetes Insipidus, adalah suatu penyakit yang menyebabkan penderita mengeluarkan urin terlalu banyak, karena kekurangan hormone ADH (Hormon Antidiuretik).



### **Tahukah kamu???**

Ginjal adalah organ yang sangat penting fungsinya untuk tubuh karena mereka menyaring darah dari limbah dan membuangnya melalui urine. Jika ada masalah pada ginjal, bukan tidak mungkin seseorang akan mengalami gangguan kesehatan yang cukup serius.

### **b. Gangguan pada Hati**

- Penyakit Kuning, merupakan penyakit yang disebabkan oleh tersumbatnya saluran empedu di hati, akibatnya empedu masuk ke peredaran darah sehingga kulit penderita menjadi berwarna kekuningan.
- Batu Empedu, adalah penyakit yang disebabkan karena adanya pengendapan kolesterol pada saluran empedu.

- Sirosis Hati, merupakan gangguan hati yang disebabkan oleh banyaknya jaringan ikat pada hati. Sirosis ini dapat terjadi karena virus hepatitis B dan C yang berkelanjutan.
- Hepatitis, adalah penyakit peradangan pada sel-sel hati karena terinfeksi virus. Hepatitis ada dua macam, yaitu hepatitis A dan B.

### c. Gangguan pada Kulit

- Eksim, merupakan penyakit kulit yang ditandai dengan kulit mengering, kemerahan, dan gatal bersisik.
- Jerawat, merupakan gangguan kronis pada kelenjar keringat.
- Kudis (scabies), merupakan penyakit kulit yang disebabkan oleh infeksi caplak atau tungau (*Sarcoptes scabiei*).

### d. Dialisis Darah

Pada tahun 1950, peneliti medis menciptakan ginjal buatan berdasarkan proses dialisis. Proses dialisis adalah metode untuk memisahkan molekul berdasarkan ukurannya. Mesin bekerja layaknya sebuah ginjal yang membersihkan darah dengan cara difusi sederhana.

Alternatif pengobatan bagi penderita gagal ginjal kronis ialah dengan pencangkokan ginjal baru. Masalah utama pencangkokan ginjal adalah penolakan oleh sistem imun.



### Tips!!!

- Hepatitis, jenis peradangan hati, dapat dicegah dengan pemberian vaksin sejak dini.
- Jika mengalami sirosis, disarankan untuk mengurangi minum air agar tubuh Anda tidak mengandung terlalu banyak cairan.

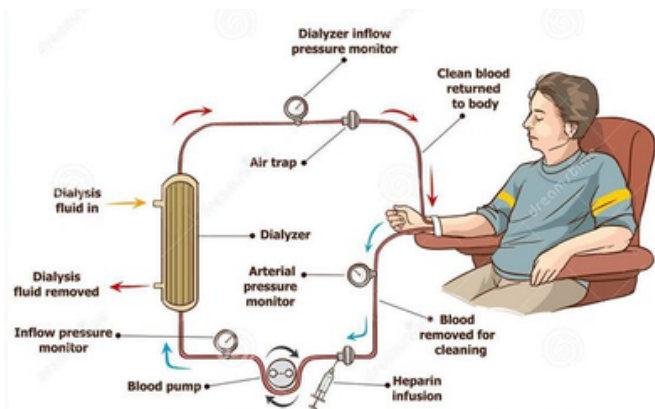


### Tahukah kamu???

Minyak pada wajah yang berlebih bisa menyumbat pori-pori kulit. Pada setiap pori-pori kulit, terdapat folikel yang terdiri dari kelenjar minyak dan rambut. Jerawat terjadi ketika folikel rambut atau tempat tumbuhnya rambut tersumbat oleh minyak dan sel kulit mati.



Sistem imun resipien akan mengenali ginjal cangkokan itu sebagai “benda asing” dan kemudian merusaknya. Berbagai obat yang ditemukan cukup efektif untuk menekan mekanisme imun tubuh tersebut. Ginjal hasil cangkokan tetap berfungsi selama bertahun-tahun.



Gambar 3.1 Kerja Mesin Ginjal  
(Sumber : id.quora.com)

Penolakan sistem imun dapat diminimalisasi bila ginjal berasal dari donor yang kembar identic dengan resipien. Pada transplantasi antarkembar identik, tidak diperlukan obat-obatan imonusupresif dan ginjalnya dapat bertahan lama.



## Info Terkini

Di Indonesia kasus gangguan gagal ginjal akut progresif atipikal terus meningkat. **Gangguan Ginjal Akut Progresif Atipikal (GGAPA)** adalah kondisi ginjal berhenti bekerja secara tiba-tiba. Gangguan ginjal akut di Indonesia, didominasi karena intoksifikasi, terdapat kerusakan di ginjal yang disebabkan oleh zat kimia. Faktor lain yang

memiliki kemungkinan kecil bisa memicu gangguan ginjal akut adalah infeksi, kelainan genetik, dehidrasi berat, kehilangan darah.





## Kegiatan Kelompok

**Judul Kegiatan** : Gangguan/Penyakit pada Sistem Ekskresi, Pencegahan, dan Pengobatannya

**Nilai Karakter** : Rasa ingin tahu, tekun, kerja sama, dan komunikatif

Carilah informasi dari berbagai sumber tentang gangguan/penyakit pada sistem ekskresi manusia, pencegahan, dan pengobatannya, kemudian buatlah laporan berdasarkan informasi yang Anda peroleh tersebut!

### C

## Rangkuman

- Gangguan pada ginjal diantaranya, yaitu nefritis, batu ginjal, albuminuria, glikosuria, hematuria, ketosis, diabetes melitus atau kencing manis, dan diabetes insipidus.
- Gangguan pada hati diantaranya, yaitu penyakit kuning, batu empedu, sirosis hati, dan hepatitis.
- Gangguan pada kulit diantaranya, yaitu eksim, jerawat, dan kudis (*scabies*).
- Pada tahun 1950, peneliti medis menciptakan ginjal buatan berdasarkan proses dialisis. Proses dialisis adalah metode untuk memisahkan molekul berdasarkan ukurannya.

**D****Penugasan Mandiri**

Ginjal berfungsi sebagai penyaring alami darah, membuang racun dan cairan berlebih, menjaga keseimbangan garam mineral, serta membantu mempertahankan kalsium dan tulang.

1. Buatlah poster mengenai cara menjaga kesehatan ginjal
2. Gunakan kertas A4 untuk membuat poster tersebut
3. Poster menggunakan bahasa yang mudah dipahami
4. Susunan kalimat singkat, padat, dan jelas
5. Kombinasikan bentuk gambar yang dapat menarik minat khalayak

## **E Soal Latihan**

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Dialisis darah pada mesin ginjal buatan menggunakan prinsip ...
  - a. Difusi sederhana
  - b. Osmosis
  - c. Transport aktif
  - d. Reabsorpsi
  - e. Filtrasi
2. Orang yang memiliki penyakit ginjal dianjurkan tidak makan telur, alasannya adalah ...
  - a. Kelebihan protein telur tidak dapat disimoan dalam hat dan ginjal
  - b. Pencernaan protein telur membentuk asam amino akan menyebabkan ginjal bekerja keras
  - c. Kelebihan asam amino akan diuraikan menjadi urea dan menyebabkan ginjal bekerja keras
  - d. Lemak dari bagian kuning telur merangsang produksi empedu
  - e. Lemak dari telur memperberat kerja ginjal
3. Penderita gagal ginjal dapat diobati dengan cara berikut, *kecuali* ...
  - a. Cangkok ginjal
  - b. Transfuse darah
  - c. Hemodialisis
  - d. Pembatasan cairan
  - e. Mengurangi protein
4. Kekurangan hormone antidiuretic menimbulkan penyakit ...
  - a. Diabetes melitus
  - b. Diabetes insipidus
  - c. Albuminuria
  - d. Nefritis
  - e. Uremia
5. Seorang pasien mengalami gejala-gejala tubuh merasa lemas, letih, lesu, terjadi pembengkakan di seluruh badan dan kadar urea dalam urin meningkat. Keadaan ini menunjukkan adanya kegagalan fungsi alat ekskresi yaitu ...
  - a. Ginjal
  - b. Hati
  - c. Paru-paru
  - d. Kulit
  - e. Usus

## Kunci Jawaban dan Pembahasan

1. **E (Filtrasi)**, Hemodialisis merupakan terapi cuci darah di luar tubuh. Terapi ini umumnya dilakukan oleh pengidap masalah ginjal yang ginjalnya sudah tak berfungsi dengan optimal. Alat hemodialisis ini berperan seperti ginjal buatan yang dapat menyingkirkan zat-zat kotor, garam, serta air berlebih yang ada di dalam darah. Prinsip kerja alat ini sama halnya dengan ginjal yaitu proses filtrasi pada darah sehingga membuang sisa metabolisme pada darah. Jadi, prinsip kerja alat dialisis ini adalah dengan menggunakan prinsip filtrasi.
2. **C (Kelebihan asam amino akan diuraikan menjadi urea dan menyebabkan ginjal bekerja keras)**, Ginjal merupakan organ ekskresi yang berperan dalam ekskresi sisa metabolisme, salah satunya adalah protein. Protein banyak terkandung dalam telur. Seseorang yang terkena penyakit ginjal, disarankan untuk tidak mengonsumsi telur karena dapat menyebabkan ginjal bekerja lebih keras. Selain itu, tingginya konsumsi protein dapat menyebabkan penyakit albuminuria. Albuminuria adalah kelainan pada urin yang mengandung protein albumin.
3. **B (Transfusi darah)**, Penyakit gagal ginjal merupakan penyakit dimana salah satu atau kedua ginjal tidak dapat berfungsi dengan baik. Penyakit ginjal tidak dapat disembuhkan dan kondisi ginjal yang rusak tidak dapat kembali seperti semula. Pengobatan gagal ginjal secara medis dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut: pemberian obat-obatan, perubahan pola hidup seperti mengurangi protein dan pembatasan cairan yang masuk dalam tubuh, terapi pengganti ginjal seperti hemodialisis dan transpalantasi ginjal (cangkok ginjal). Jadi, yang bukan termasuk pengobatan gagal ginjal adalah transfusi darah.
4. **B (Diabetes Insipidus)**, Hormon Antidiuretik (ADH) berperan dalam meningkatkan reabsorpsi air pada proses pembentukan urine. Apabila tubuh kekurangan hormon ADH maka laju reabsorpsi air menurun sehingga volume urine yang dikeluarkan banyak. Hal ini terjadi pada penderita diabetes insipidus. Penyebab terjadinya diabetes insipidus adalah produksi hormon antidiuretik yang berkurang atau ketika ginjal tidak lagi merespons seperti biasa terhadap hormon antidiuretik. Orang yang mengalami kondisi ini akan selalu merasa haus dan minum lebih banyak karena berusaha mengimbangi banyaknya cairan yang hilang. Dengan demikian, jawaban yang tepat adalah diabetes insipidus.
5. **A (Ginjal)**, Karena Ginjal merupakan alat pengeluaran sisa metabolisme dalam bentuk air seni (urin). Urin mengandung air, urea, dan garam mineral.

## Pedoman Penskoran

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban yang terdapat di bagian akhir

modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100\%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90-100% = baik sekali

80-89% = baik

70-79 = cukup

<70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan

dengan Kegiatan Belajar 3. Bagus! Jika masih dibawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

**F**

## Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggung jawab!

Setelah kegiatan pembelajaran dilakukan, saya ...

No	Pertanyaan	YA	TIDAK
1	Saya dapat mengetahui gangguan/penyakit pada ginjal sebagai sistem ekskresi pada manusia		
2	Saya dapat mengetahui gangguan/penyakit pada paru-paru sebagai sistem ekskresi pada manusia		
3	Saya dapat mengetahui gangguan/penyakit pada hati sebagai sistem ekskresi pada manusia		
4	Saya dapat mengetahui gangguan/penyakit pada kulit sebagai sistem ekskresi pada manusia		
5	Saya dapat mengetahui teknologi dialisis untuk mengatasi gangguan/penyakit pada sistem ekskresi		

### **Catatan!**

Bila ada jawaban “Tidak”, maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih “Tidak”.

Bila semua jawaban “Ya”, maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

# EVALUASI

Berilah tanda silang (x) pada satu jawaban A, B, C, D, atau E yang paling tepat!

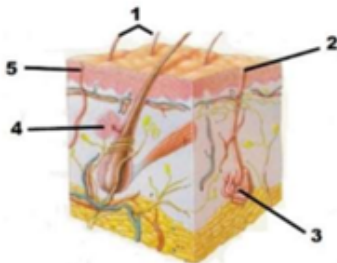
1. Perhatikan beberapa organ tubuh manusia di bawah ini!

- |              |           |
|--------------|-----------|
| 1) Paru-paru | 4) Limpa  |
| 2) Lambung   | 5) Ginjal |
| 3) Jantung   |           |

Di antara organ-organ tersebut yang berfungsi sebagai organ ekskresi adalah ...

- |            |            |            |
|------------|------------|------------|
| a. 1 dan 2 | c. 2 dan 4 | e. 3 dan 5 |
| b. 1 dan 5 | d. 2 dan 5 |            |

2. Perhatikan gambar berikut!



Bagian yang berfungsi mengeluarkan keringat dan minyak secara berurutan ditunjukkan oleh ....

- |            |            |            |
|------------|------------|------------|
| a. 3 dan 5 | c. 1 dan 2 | e. 3 dan 4 |
| b. 3 dan 4 | d. 2 dan 3 |            |

3. Perhatikan tabel di bawah ini!

No.	Nama Organ	Zat yang Dihasilkan
1	Kulit	Keringat dan urobilin
2	Hati	Urea dan bilirubin
3	Ginjal	Gula dan garam mineral
4	Paru-paru	H <sub>2</sub> O dan urea
5	Usus besar	Logam dan urobilin

Pasangan yang sesuai antara organ dan yang dihasilkannya adalah ...

- |      |      |      |
|------|------|------|
| a. 1 | c. 3 | e. 5 |
| b. 2 | d. 4 |      |

4. Bagian dari ginjal dari luar ke dalam adalah ...

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| a. pelvis-medula-korteks | d. korteks-pelvis-medula |
| b. korteks-medula-pelvis | e. medula-pelvis-korteks |
| c. medula-korteks-pelvis |                          |

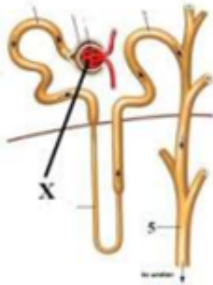
5. berikut adalah reaksi perombakan protein sebelum diekskresikan tubuh:

- 1) Protein → Asam amino + E
- 2) Asam amino → Amonium + Amoniak + E
- 3) Amoniak + Ornitin + CO<sub>2</sub> → Sitrulin
- 4) Sitrulin + Amoniak → Arginin
- 5) Arginin → Urea + Ornitin



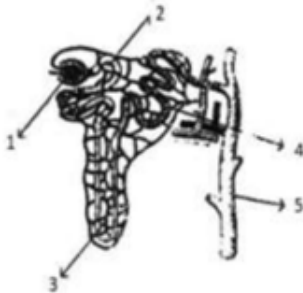
Proses yang hanya berlangsung di dalam hati adalah ...

- a. 1 dan 2
  - b. 2 dan 3
  - c. 2 dan 4
  - d. 2 dan 5
  - e. 3 dan 5
6. Pak Udin sedang menjalani tes kesehatan. Dari hasil tes tersebut ternyata urin Pak Udin mengandung protein. Hal ini menunjukkan terjadinya gangguan pada bagian ...
- a. Glomerulus
  - b. kapsula Bowman
  - c. tubulus kolektivitas
  - d. tubulus kontortus proksimal
  - e. tubulus kontortus distal
7. Perhatikan gambar berikut!



Mana hubungan yang tepat antara proses yang terjadi pada bagian X dan hasilnya ...

- a. Proses: Filtrasi, Hasil: Urin primer
  - b. Proses: Filtrasi, Hasil: Urin sekunder
  - c. Proses: Reabsorpsi, Hasil: Urin primer
  - d. Proses: Reabsorpsi, Hasil: Urin sekunder
  - e. Proses: Augmentasi, Hasil: Urin sesungguhnya
8. Perhatikan gambar berikut!



Seorang siswa melakukan praktikum dengan menguji 5 cc urine. Urine diuji dengan tiga reagen, yaitu Biuret, Lugol, dan Benedict. Hasil uji dengan Biuret, urine berubah warna menjadi ungu. Berdasarkan hasil pengujian tersebut bagian nefron yang terganggu adalah ....

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 5

9. Perhatikan gambar penampang ginjal berikut!



Jika terjadi kerusakan pada gambar yang berlabel X, akan mengakibatkan gangguan yang disebut ...

- |             |                |                       |
|-------------|----------------|-----------------------|
| a. nefritis | c. albuminuria | e. diabetes insipidus |
| b. polyuria | d. batu ginjal |                       |
10. Hewan manakah yang alat pengeluarannya disebut nefridia ...
- |                 |          |           |
|-----------------|----------|-----------|
| a. Cacing tanah | c. Ikan  | e. Burung |
| b. Belalang     | d. Katak |           |
11. Fungsi rongga berdenyut pada protozoa adalah ...
- a. Mengatur kadar air dalam sel
  - b. Mengatur akdari air dalam darah
  - c. Mengatur kadar air dalam gen
  - d. Mengatur kadar air dalam kelenjar
  - e. Mengatur kadar air dalam tubuh
12. Hasil pengeluaran zat dari ginjal pada hewan reptile bermuara di ...
- |             |           |         |
|-------------|-----------|---------|
| a. Planaria | b. Kloaka | c. Usus |
| d. Anus     | e. Ginjal |         |
13. Sel api adalah alat ekskresi pada hewan ...
- |                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| a. <i>Lumbricus sp.</i>        | c. <i>Loligo sp.</i>   |
| b. <i>Wuchereria bancrofti</i> | e. <i>Planaria sp.</i> |
| d. <i>Haemadipsa sp.</i>       |                        |
14. Rasa sakit saat berkemih dapat terjadi karena adanya endapan gara mineral yang menyumbat aliran urin yang disebut ...
- |             |                |           |
|-------------|----------------|-----------|
| a. Poliuria | c. Batu ginjal | e. Anuria |
| b. Nefritis | d. Uremia      |           |
15. Seorang ibu mengalami gangguan pada sistem ekskresi dengan gejala berkurangnya produksi urine, kebingungan, mual dan muntah, terjadi penumpukan cairan tubuh atau edema. Berdasarkan hal tersebut diagnosa penyakit yang dialami adalah terjadinya gagal ginjal. Untuk mengatasi gangguan tersebut salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah
- |                         |   |
|-------------------------|---|
| a. Hemodialisis         | d. ESWL (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy) |
| b. Cuci Darah           | e. Skin grafting (cangkok kulit)                |
| c. Transplantasi ginjal |   |

## Kunci Jawaban dan Pembahasan!

1. **B (1 dan 5)**, Organ-organ ekskresi diantaranya yaitu ginjal, hati, paru-paru, dan kulit
2. **B (3 dan 4)**, Lapisan dermis terdapat dibawah lapisan epidermis. Pada lapisan dermis terdapat otot penggerak rambut, pembuluh darah, pembuluh limfa, saraf, kelenjar minyak (glandula sebacea), dan kelenjar keringat (glandula sudorifera). Kelenjar keringat berbentuk seperti pembuluh panjang. Pangkal kelenjar keringat menggulung dan berhubungan dengan kapiler darah dan serabut saraf. Serabut saraf akan meningkatkan kerja kelenjar keringat, sehingga merangsang produksi keringat. Kelenjar keringat akan menyerap air, ion-ion, NaCl, dan urea dari dalam darah yang kemudian dikeluarkan melalui pori-pori kulit.
3. **B (2)**, Organ ekskresi pada manusia meliputi: Paru-paru yang mengekskresikan karbon dioksida dan uap air. Kulit yang mengekskresikan keringat mengandung air, beberapa garam, serta ureum yang dibentuk di hati. Hati yang mengekskresikan urea dan bilirubin. Ginjal mengekskresikan urin yang mengandung air, urea, garam mineral, serta zat berlebih.)
4. **B (Korteks-medula-pelvis)**, Bagian -bagian ginjal dari luar ke dalam adalah korteks-medula-pelvis. Korteks merupakan kulit ginjal yang berisi jutaan nefron sebagai alat penyaring darah dan pembentuk urin. Medulla atau sum-sum ginjal berisi tubulus kolektivus yang mengumpulkan urin sesungguhnya dari nefron kemudian mengalirkan urin sesungguhnya ke rongga ginjal. Pelvis atau rongga ginjal merupakan ruangan kosong yang akan terisi oleh urin yang berasal dari medulla kemudian urin akan diteruskan ke ureter untuk disimpan di vesica urinaria.
5. **E (3 dan 5)**, Siklus tahap pembentukan urea terjadi di dalam hati meliputi: Proses sintesis karbamil fosfat, yaitu satu mol amonia bereaksi dengan satu mol karbon dioksida membentuk karbamil fosfat. Pembentukan sirtulin. Karbamil fosfat bereaksi dengan ornitin membentuk sirtulin. Pembentukan asam argininosuksinat. Sirtulin bereaksi dengan asam aspartat membentuk asam argininosuksinat. Penguraian asam argininosuksinat menjadi arginin dan asam fumarate Penguraian arginin. Tahap akhir dari siklus urea adalah penguraian arginin menjadi urea dan ornitin.
6. **A (Glomerulus)**, Urin primer sudah tidak boleh mengandung darah dan protein darah, karena darah dan protein darah telah tersaring di glomerulus, artinya jika masih ada protein di dalam urin seseorang, maka terjadi kerusakan di glomerulus orang tersebut. Jadi jika urin Pak Udin mengandung protein maka terjadi gangguan di glomerulus ginjal Pak Udin. Proses pembentukan urin terjadi melalui 3 tahapan. Tahapan yang pertama adalah tahap filtrasi atau penyaringan darah dan protein darah. Tahap ini terjadi di glomerulus. Darah dan protein darah tersaring di glomerulus sedangkan hasil filtrasi adalah urin primer yang masih mengandung asam amino, glukosa, ion, urea dan lainnya. Jadi urin primer sudah tidak boleh

mengandung darah dan protein darah, karena darah dan protein darah telah tersaring di glomerulus, artinya jika masih ada protein di dalam urin seseorang, maka terjadi kerusakan di glomerulus orang tersebut. Jadi jika urin Pak Udin mengandung protein maka terjadi gangguan di glomerulus ginjal Pak Udin.

7. **A (Proses: Filtrasi, Hasil: Urin primer)**, Bagian X adalah glomerulus, di dalam glomerulus terjadi proses filtrasi yaitu proses penyaringan darah yang akan membentuk urin primer. Bagian pada darah yang mengalami penyaringan di antaranya adalah sel darah dan protein.
8. **A (1)**, Uji Biuret bertujuan mengetahui kandungan protein. Apabila hasil uji urine menunjukkan perubahan warna menjadi ungu berarti urine tersebut mengandung protein. Urine orang sehat seharusnya tidak mengandung protein. Hal tersebut menandakan bahwa terjadi kerusakan pada nefron ginjal tempat berlangsungnya penyaringan protein. Protein disaring melalui proses filtrasi yang berlangsung pada glomerulus. Glomerulus ditunjukkan oleh nomor 1.
9. **C (Albuminuria)**, Struktur yang ditunjukkan oleh huruf X tersebut adalah glomerulus yang berperan dalam proses filtrasi urin primer. Dalam glomerulus, air dari plasma darah berdifusi ke kapsula Bowman bersama dengan senyawa-senyawa berukuran kecil seperti mineral garam dan urea. Terkadang, beberapa senyawa penting seperti asam amino dan glukosa dapat pula terdifusi keluar, namun masih dapat diserap kembali oleh tubulus proksimal. Apabila bagian ini rusak, maka terjadi kebocoran yang menyebabkan zat-zat berukuran besar seperti protein dapat terbuang dan tidak bisa diserap kembali. Keberadaan protein pada urin disebut albuminuria.
10. **A (Cacing tanah)**, Alat ekskresi cacing tanah adalah sepasang metanefridium berbentuk tabung yang terdapat di setiap segmen tubuhnya. Setiap metanefridium terdiri dari corong bersilia yang disebut nefrostom, saluran/pipa yang berkelok-kelok, dan berakhir dengan lubang pengeluaran yang disebut nefridiofor.
11. **A (Mengatur kadar air dalam sel)**, Protozoa mempunyai organel ekskresi berupa vakuola berdenyut untuk mengatur kadar air dalam sel
12. **B (Kloaka)**, Alat ekskresi pada reptilia adalah sepasang ginjal metanefros. Metanefris berfungsi setelah pronefros dan mesonefros yang merupakan alat ekskresi pada stadium embrional menghilang. Ginjal dihubungkan oleh ureter ke vesika urinaria (kandung kemih). Vesika urinaria menyempit ke bagian posterior, berukuran kecil. Vesika urinaria bermuara langsung ke kloaka. Hasil ekskresi reptilia adalah asam urat.
13. **E (Planaria sp.)**, Saluran ekskresi cacing pipih seperti planaria sp. disebut protonefridium yang berakhir dengan kumpulan sel yang disebut sel api. Sel-sel api itu terdapat di dalam mesoderm. Setiap sel api yang berada pada tubuh cacing pipih memiliki rambut getar (silia). Getaran silia akan mendorong sisa metabolisme keluar tubuh melalui suatu lubang pengeluaran yang disebut nefridiopori

14. **C (Batu ginjal)**, Adanya endapan garam kalsium dalam ginjal menyebabkan terjadinya penyakit batu ginjal. Endapan garam ini dapat terbentuk jika seseorang terlalu banyak mengonsumsi garam mineral atau terlalu sedikit mengonsumsi air, serta aktivitas kelenjar anak gondok (paratiroid) yang berlebihan. Penyakit yang disebabkan akibat adanya pengendapan garam dan kalsium adalah batu ginjal atau kencing batu. Batu ginjal membuat seseorang mengalami kesulitan dan menimbulkan rasa nyeri saat mengeluarkan urine yang disebabkan adanya endapan garam kalsium, fosfat, dan asam urat di dalam rongga ginjal, saluran ginjal, atau kandung kemih. Endapan garam ini dapat terbentuk jika seseorang terlalu banyak mengonsumsi garam mineral atau terlalu sedikit mengonsumsi air. Pembentukan batu ginjal juga dapat disebabkan oleh aktivitas kelenjar anak gondok (paratiroid) yang berlebihan. Jadi, adanya endapan garam kalsium dalam ginjal menyebabkan terjadinya penyakit batu ginjal. Endapan garam ini dapat terbentuk jika seseorang terlalu banyak mengonsumsi garam mineral atau terlalu sedikit mengonsumsi air, serta aktivitas kelenjar anak gondok (paratiroid) yang berlebihan.
15. **C (Transplantasi ginjal)**, Transplantasi ginjal atau pencangkokan ginjal adalah prosedur bedah untuk mengganti organ ginjal yang telah mengalami kerusakan akibat gagal ginjal kronis stadium akhir. Pada tahap awal gagal ginjal, fungsi ginjal mungkin masih bisa dibantu dengan cuci darah lewat perut. Namun, jika fungsi ginjal sudah sangat menurun, cuci darah tidak dapat menanggung semua kerja ginjal. Tanda fungsi ginjal sudah sangat menurun adalah berkurangnya produksi urine, kebingungan, mual dan muntah serta edema.

# GLOSARIUM

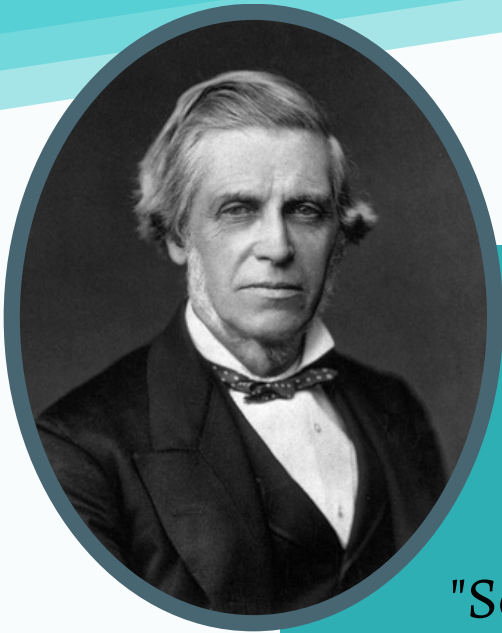
Istilah	Keterangan
<b>Aferen</b>	Saraf sensori yang membawa rangsangan menuju sistem saraf pusat
<b>Asam amino</b>	bagian struktural penyusun protein
<b>Augmentasi</b>	Tahap akhir dari proses pembentukan urin pada manusia
<b>Batu ginjal</b>	Adanya endapan pada rongga ginjal atau kandung kemih
<b>Bilirubin</b>	Memberi warna pada feses
<b>Dermis</b>	Lapisan dalam kulit yang terdapat pembuluh darah, akar rambut, dan ujung saraf
<b>Dialisis</b>	Prosedur yang digunakan pada keadaan gagal ginjal untuk membersihkan zat-zat sisa yang terakumulasi dalam darah, racun, dan membuang kelebihan cairan
<b>Diuretik</b>	Zat-zat yang dapat mendorong meningkatkan produksi urin
<b>Ekskresi</b>	Pengeluaran zat sisa metabolisme yang tidak dipakai
<b>Enzim</b>	Protein yang mengkatalis (mempercepat) reaksi biokimia dalam tubuh organisme
<b>Epidermis</b>	Lapisan paling luar untuk melindungi sel-sel dibawahnya
<b>Feses</b>	Limbah akhir yang dihasilkan oleh pencernaan kemudian dikeluarkan oleh tubuh
<b>Filtrasi</b>	Proses penyaringan
<b>Glomerulus</b>	Struktur yang terbentuk dari pembuluh-pembuluh darah kecil yang menyaring darah menjadi urin
<b>Hemoglobin</b>	protein yang ada dalam sel darah merah
<b>Hormon</b>	Zat kimia yang diproduksi oleh sistem endokrin dalam tubuh dan berfungsi untuk membantu mengendalikan hampir semua fungsi tubuh
<b>Jaringan ikat</b>	jaringan penghubung antar organ
<b>Kandung kemih</b>	Tempat penyimpanan urine. Organ ini berbentuk balon dengan dinding elastis
<b>Nefritis</b>	Radang nefron pada ginjal yang dapat disebabkan oleh infeksi bakteri <i>Streptococcus sp.</i>

<b>Nefron</b>	Satuan unit fungsional yang Menyusun ginjal, tempat penyaringan darah terjadi dan merupakan bagian dari sistem ekskresi pada manusia karena mengeluarkan urin.
<b>Reabsorpsi</b>	Mekanisme tubuh untuk menyerap kembali zat yang diperlukan oleh tubuh
<b>Respirasi</b>	Proses menghasilkan energi dengan memecah molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana
<b>Transpor aktif</b>	Transpor yang memerlukan energi berupa ATP
<b>Transpor pasif</b>	Sistem transportasi sel yang tidak menggunakan energi, melainkan secara langsung dan spontan
<b>Tubulus</b>	Bagian dari nefron berbentuk pipa panjang yang menghasilkan urin akhir dari cairan yang dikumpulkan setelah filtrasi darah di badan renal
<b>Urea</b>	Zat sisa yang berasal dari penggunaan protein dan asam amino tubuh
<b>Ureter</b>	Saluran yang mengalirkan urin dari setiap ginjal ke kandung kemih
<b>Uretra</b>	Saluran yang mengalirkan urin dari kandung kemih ke luar tubuh
<b>Urin</b>	Cairan yang dihasilkan oleh ginjal dan diekskresikan untuk menghilangkan zat sisa yang larut dalam air dan mengeluarkan kelebihan cairan dari tubuh
<b>Urin primer</b>	Hasil filtrasi darah dari glomerulus dan kapsula bowman

## DAFTAR PUSTAKA

- Arif Priadi, Yanti Herlanti, Parulian. 2016. Biologi untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta: Penerbit Yudisthira
- Campbell, N. A., Jane B. Reece & Martha R. Taylor. 2008. Biology: Concepts & Connection, 6th Edition. California: The Benjamin/Comings Publishing Company
- D. A. Pratiwi., Sri Maryanti., Srikini., Suharno., Bambang S..2011. Biologi untuk MA Kelas XI. Jakarta: Erlangga
- Siswa pedia.com.22 Desember 2018 (Desi Lestari) Sistem Ekskresi Ikan Air Tawar dan Air Laut. Diakses pada 29 Januari 2023 dari <https://www.siswapedia.com/sistem-ekskresi-pada-ikan-air-tawar-dan-air-laut/>
- Handayani, dkk.2021. Fisiologi Hewan. Bandung: Widina Media Utama <https://id.quora.com/Bagaimana-cara-kerja-mesin-cuci-darah-hemodialisis> (Diakses pada 20 Januari 2023 pukul 15.38)
- Irnanintyas & Istiadi, Y. 2016. Buku Siswa Biologi. Jakarta: Erlangga
- Maya Sri & Nurhidayah.2020. Zoologi Invertebrata. Bandung: Widina Bhakti Persada
- M Mubarak., Niaty Sauria., Kartini., A Rosanty, La Ode Muhammad Ady Ardyawan.2022. Anatomi Fisiologi Tubuh Manusia. Purbalingga: Eureka Media Aksara
- Ngarofah Lailatul.2020. Modul Pembelajaran Fisiologi Hewan. UIN Raden Intan Lampung
- Nia R. K.,2020. Modul Pembelajaran SMA Biologi. Direktorat SMA, Direktorat Jenderal PAUD, DIKDAS dan DIKMEN. SMA Negeri 3 Makassar
- Purnamasari Risa dan Dwi R.S.2017. Fisiologi Hewan. Surabaya: Program Studi Arsitektur UIN Sunan Ampel
- Tim Penyusun Biologi SMA/MA Kelas XI Semester Genap, Klaten: Viva Pakarindo
- Yulitasari Nurma.2020. Modul Taksonomi Invertebrata. UIN Raden Intan Lampung



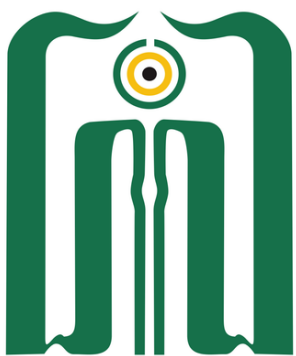


## William Bowman



1816 - 1892 M

"Seorang ahli bedah, ahli histologi, dan ahli anatomi berkebangsaan Inggris yang menemukan mekanisme penyaringan di ginjal yang menghasilkan urine dan menemukan struktur ginjal yang disebut dengan Kapsula Bowman"



Program Studi Tadris Biologi  
Jurusan Ilmu Keguruan  
Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan  
UIN Sayyid Ali Rahmatullah  
Tulungagung

2023