

# Sistem Sirkulasi

## A. PENDAHULUAN

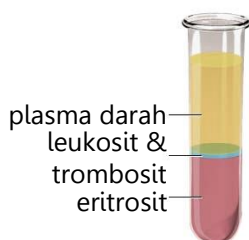
- 1) **Sistem sirkulasi** adalah sistem yang bertindak sebagai transportasi berbagai zat yang masuk dan keluar dalam tubuh.
- 2) **Sistem sirkulasi** pada manusia berupa sistem peredaran darah dan sistem limfa.

## B. SISTEM PEREDARAN DARAH

- 1) **Sistem peredaran darah** adalah sistem organ yang tersusun atas tiga hal utama:
  - 1) Darah sebagai medium transportasi,
  - 2) Jantung sebagai pemompa darah,
  - 3) Pembuluh darah sebagai saluran darah.
- 2) **Sistem peredaran darah manusia** bersifat:
  - 1) **Tertutup** karena darah selalu mengalir dalam pembuluh darah.
  - 2) **Ganda** karena darah beredar melewati jantung dua kali.

## C. DARAH

- 1) **Darah** adalah jaringan ikat yang terspesialisasi sebagai tempat sel-sel darah dengan matriks cair (plasma darah) dalam bentuk koloid.



### Fungsi utama darah:

- 1) Mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh.
- 2) Mengangkut sari-sari makanan.
- 3) Mengangkut sisa-sisa metabolisme.
- 4) Mengedarkan hormon untuk mengatur fungsi tubuh.
- 5) Mengatur pH dan suhu tubuh.
- 6) Melawan penyakit.

### Penyusun jaringan darah antara lain:

- 1) **Plasma darah** (55%)
- 2) **Sel-sel darah** (45%), terdiri dari eritrosit, leukosit dan trombosit.

### Plasma darah adalah bagian cair darah, terdiri dari:

- 1) **Air** (sekitar 90%)
- 2) **Protein plasma darah**, berupa:
  - a. **Albumin**, sebagai osmoregulator.
  - b. **Globulin**, sebagai penghasil antibodi.
  - c. **Fibrinogen**, sebagai pembeku darah.

- 3) **Antibodi**, yaitu zat yang dihasilkan globulin.
- 4) **Zat makanan dan mineral**, seperti glukosa.
- 5) **Sisa metabolisme**, seperti CO<sub>2</sub>.

### Fungsi plasma darah:

- 1) Mengatur tekanan osmotik darah.
- 2) Mengangkut sari-sari makanan.
- 3) Mengangkut sisa metabolisme.
- 4) Mengedarkan hormon untuk mengatur fungsi tubuh.

### Serum adalah plasma darah yang tidak mengandung protein plasma fibrinogen.

### Antibodi dihasilkan oleh globulin yang berfungsi untuk mengenali dan mengikat antigen/benda asing tertentu.

### Eritrosit (sel darah merah) adalah sel darah yang:

- 1) Berbentuk kepingan bikonkaf tidak berinti dengan diameter 8 µm dan tebal 2 µm.
- 2) Mengandung hemoglobin sehingga berwarna merah.

### Hemoglobin (Hb) adalah protein pigmen merah darah yang tersusun atas zat protein berupa globin dan zat non-protein berupa heme yang mengandung zat besi (Fe).

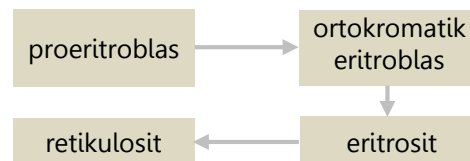
### Fungsi hemoglobin adalah mengangkut O<sub>2</sub> (oksihemoglobin) dan mengangkut CO<sub>2</sub> (karbaminohemoglobin).

### Kadar eritrosit dalam darah ditentukan oleh:

- 1) **Usia**, orang dewasa memiliki eritrosit lebih banyak dari anak-anak.
- 2) **Jenis kelamin**, pria memiliki eritrosit lebih banyak dari wanita.
- 3) **Lingkungan**, orang yang tinggal di dataran tinggi memiliki lebih banyak eritrosit dari orang yang tinggal di dataran rendah.

### Eritropoiesis adalah proses pembentukan eritrosit yang terjadi pada sumsum tulang belakang, yang diatur oleh hormon eritropoietin.

### Skema eritropoiesis:



Kadar hemoglobin makin lama makin bertambah, sampai inti sel terdesak menjadi **retikulosit**. Retikulosit kemudian dilepas dan berkembang setelah 1-2 hari menjadi **eritrosit**.

### Eritrosit memiliki masa hidup sekitar 120 hari, dan yang sudah tua akan dirombak oleh hati.

📌 **Leukosit** (sel darah putih) adalah sel darah yang:

- 1) Bentuknya dapat berubah-ubah dengan ukuran 10-12  $\mu\text{m}$ , memiliki inti.
- 2) Tidak mengandung warna (bening).
- 3) Dapat bergerak secara ameboid dan dapat melakukan **diapedesis** (menembus kapiler darah).



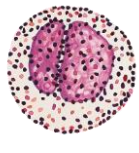
📌 **Fungsi leukosit** adalah melindungi tubuh dari benda asing dan melawan penyakit (antibodi).

📌 **Leukosit** dibentuk di sumsum tulang belakang dan jaringan limfa, dan berusia sekitar 12 hari.



📌 Berdasarkan **granula plasma**, leukosit terdiri dari:

- 1) **Leukosit granulosit**, yaitu leukosit yang plasmanya bergranula, yaitu neutrofil, eosinofil dan basofil.
- 2) **Leukosit agranulosit**, yaitu leukosit yang plasmanya tidak bergranula, yaitu monosit, limfosit B, limfosit T.

#### LEUKOSIT GRANULOSIT

Perbedaan	Neutrofil	Eosinofil	Basofil
Gambar			
Ukuran	10-12 $\mu\text{m}$	8-10 $\mu\text{m}$	10-14 $\mu\text{m}$
Presentase total leukosit	62%	2,3%	0,4%
Tempat pembentukan	jaringan limfa	sumsum tulang	sumsum tulang
Sifat plasma	netral	asam	basa
Warna granula	samar	merah	biru
Masa hidup	6-20 jam	8-12 hari	beberapa jam-hari
Pergerakan/peningkatan aktivitas	<b>sinyal kimiawi</b> dari daerah terinfeksi, <b>fagositosis</b>	<b>alergi</b> , inflamasi, leukemia, fase penyembuhan infeksi	alergi, inflamasi, dengan menghasilkan <b>histamin</b> (melawan alergen), dan <b>heparin</b> (mencegah pembekuan darah)

#### LEUKOSIT AGRANULOSIT

Perbedaan	Monosit	Limfosit B	Limfosit T
Gambar			
Ukuran	12-20 $\mu\text{m}$	6-14 $\mu\text{m}$	
Presentase total leukosit	5,3%	30%	
Warna sitoplasma	biru kelabu	biru pucat	
Masa hidup	beberapa minggu-bulan	100-300 hari	
Tempat pembentukan	sumsum tulang	sumsum tulang (menetap)	sumsum tulang (berpindah ke timus)
Fungsi/peran	fagositosis ( <b>makrofag</b> di jaringan)	pembentukan <b>antibodi</b> , respon imun spesifik ( <i>antibody-mediated immunity</i> )	mencerna antigen atau sel tubuh terinfeksi, respon imun spesifik ( <i>cell-mediated immunity</i> )

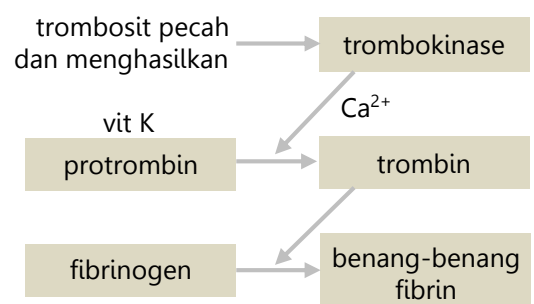
📌 **Trombosit** (keping darah) adalah sel darah yang berbentuk kepingan tidak berinti berukuran 2-3  $\mu\text{m}$ .

📌 **Fungsi trombosit** adalah sebagai sel yang berperan dalam proses pembekuan darah.

📌 **Trombosit** terbentuk dari **megakariosit** yang berasal dari sumsum tulang yang kemudian masuk ke kapiler darah, dan berusia 5-9 hari.

📌 **Trombosit** yang sudah tua kemudian akan difagositosis oleh makrofag jaringan limfa.

📌 **Mekanisme pembekuan darah:**



## D. PENGGOLONGAN DARAH

**Penggolongan darah** dapat didasarkan oleh:

- 1) **Golongan darah sistem ABO**, ditemukan oleh Karl Landsteiner, dipengaruhi faktor antigen (aglutinogen) dan antibodi (aglutinin) darah.
- 2) **Golongan darah sistem Rhesus**, dipengaruhi faktor antigen protein Rhesus.

**Aglutinogen** adalah antigen yang menempel di permukaan eritrosit.

**Aglutinin** adalah antibodi yang terdapat pada plasma darah yang akan bereaksi dengan aglutinogen yang berbeda dari aglutinogen yang terdapat pada darah. Hal ini akan menyebabkan **aglutinasi**.

**Golongan darah sistem ABO:**

Golongan	Aglutinogen	Aglutinin
<b>A</b>	A	b
<b>B</b>	B	a
<b>AB</b>	A, B	-
<b>O</b>	-	a, b

**Cara penentuan golongan darah:**

- 1) Jika darah seseorang yang ditetesi serum aglutinin a,
  - a. Terjadi aglutinasi, golongan darah adalah A atau AB.
  - b. Tidak terjadi aglutinasi, golongan darah adalah B atau O.
- 2) Jika darah seseorang yang ditetesi serum aglutinin b,
  - a. Terjadi aglutinasi, golongan darah adalah B atau AB.
  - b. Tidak terjadi aglutinasi, golongan darah adalah A atau O.

**Golongan darah sistem Rhesus:**

Golongan	Faktor Rhesus
<b>Rh<sup>+</sup></b>	+
<b>Rh<sup>-</sup></b>	-

**Transfusi darah** adalah proses penyaluran darah dari seseorang ke orang lain.

**Donor** adalah orang yang menyumbangkan darahnya ke resipien. **Resipien** adalah orang yang menerima darah dari donor.

**Transfusi darah** dapat dilakukan dengan lancar apabila golongan darah cocok.

Jika golongan darah tidak cocok, darah akan mengalami **aglutinasi** atau resipien menolak darah donor karena dianggap sebagai benda asing.

**Tabel kecocokan golongan darah:**

Resipien	Donor			
	A	B	AB	O
<b>A</b>	✓	x	x	✓
<b>B</b>	x	✓	x	✓
<b>AB</b>	✓	✓	✓	✓
<b>O</b>	x	x	x	✓

Resipien	Donor	
	Rh <sup>+</sup>	Rh <sup>-</sup>
<b>Rh<sup>+</sup></b>	✓	✓
<b>Rh<sup>-</sup></b>	x	✓

1) **Donor universal** adalah golongan darah O karena dapat memberikan darahnya ke seluruh golongan darah.

2) **Resipien universal** adalah golongan darah AB karena dapat menerima darah dari seluruh golongan darah.

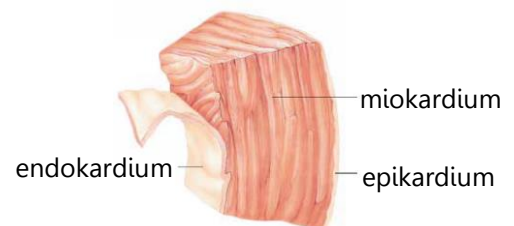
**Pada kenyataannya**, transfusi darah dari golongan darah berbeda sangat dihindari, karena menimbulkan resiko yang besar.

## E. JANTUNG

**Jantung** adalah organ sistem peredaran darah yang bertugas memompa darah dan mengalirkan darah dalam pembuluh darah.

**Jantung** terletak pada rongga dada di antara kedua paru-paru, di atas diafragma dengan posisi condong ke kiri.

**Struktur dinding jantung:**



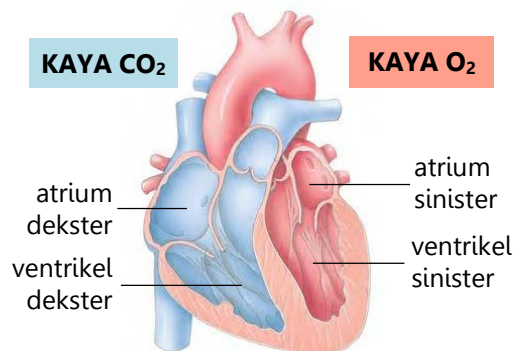
1) **Epikardium**, adalah lapisan terluar jantung yang tersusun atas perikardium.

2) **Miokardium**, tersusun atas otot jantung yang bertanggung jawab atas gerak jantung.

3) **Endokardium**, adalah lapisan tipis bagian dalam jantung yang berhubungan langsung dengan darah.

**Jantung** dilapisi oleh **perikardium** yang mengandung cairan perikardia. Perikardium berfungsi untuk melindungi jantung agar tidak terluka karena gesekan ketika berdetak.

**Jantung** manusia terdiri dari empat ruang, yaitu dua serambi/atrium dan dua bilik/ventrikel.



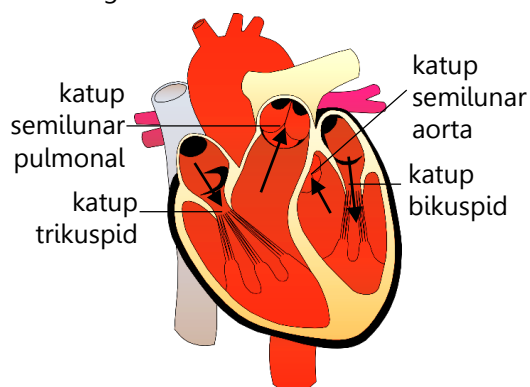
- 1) **Serambi kanan** (atrium dekster), menerima darah kotor dari seluruh tubuh melalui vena kava superior dan inferior.
- 2) **Bilik kanan** (ventrikel dekster), memompa darah ke paru-paru melalui arteri pulmonalis.
- 3) **Serambi kiri** (atrium sinister), menerima darah dari paru-paru melalui vena pulmonalis.
- 4) **Bilik kiri** (ventrikel sinister), memompa darah ke seluruh tubuh melalui aorta.

✎ Dinding bilik **lebih tebal** daripada dinding atrium karena bertugas memompa darah.

✎ Dinding bilik kiri adalah dinding jantung paling tebal karena memompa darah **ke seluruh tubuh**.

✎ **Ruang jantung** dibatasi oleh **sekat-sekat**, yang terdiri dari:

- 1) **Septum atriorum**, memisahkan ruang antar atrium. Pada saat dalam kandungan, sekat ini belum menutup dan disebut *foramen ovale*.
- 2) **Septum interventrikularis**, memisahkan ruang antar ventrikel.
- 3) **Septum atrioventrikularis**, memisahkan ruang antara atrium dan ventrikel.

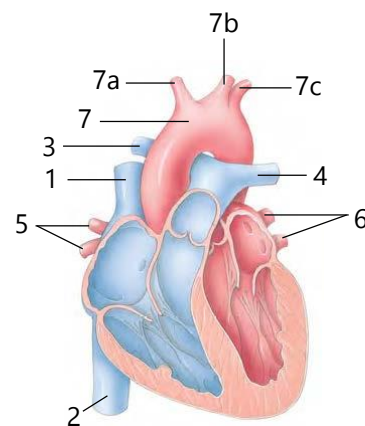


✎ **Katup jantung** berfungsi untuk menjaga agar darah tidak bercampur dan tidak kembali lagi ke ruang sebelumnya.

✎ **Katup jantung** terdiri dari:

- 1) **Katup atrioventrikular trikuspid**, katup ini terdiri dari 3 daun katup dan berada di antara serambi dan bilik kanan.

- 2) **Katup semilunar pulmonal**, katup ini terbuka bila bilik kanan berkontraksi dan berlanjut ke arteri pulmonalis.
- 3) **Katup atrioventrikular bikuspid**, katup ini terdiri dari 2 daun katup dan berada di antara serambi dan bilik kiri.
- 4) **Katup semilunar aorta**, katup ini terbuka bila bilik kiri berkontraksi dan berlanjut ke aorta.



✎ **Jantung** memiliki pembuluh terusan, antara lain:

- 1) **Vena kava superior**, mengalir darah kaya CO<sub>2</sub> dari tubuh bagian atas ke serambi kanan.
- 2) **Vena kava inferior**, mengalir darah kaya CO<sub>2</sub> dari tubuh bagian bawah ke serambi kanan.
- 3) **Arteri pulmonalis kanan**, mengalir darah kaya CO<sub>2</sub> dari bilik kanan ke paru-paru kanan.
- 4) **Arteri pulmonalis kiri**, mengalir darah kaya CO<sub>2</sub> dari bilik kanan ke paru-paru kiri.
- 5) **Vena pulmonalis kanan**, mengalir darah kaya O<sub>2</sub> dari paru-paru kanan ke serambi kiri.
- 6) **Vena pulmonalis kiri**, mengalir darah kaya O<sub>2</sub> dari paru-paru kiri ke serambi kiri.
- 7) **Aorta**, yaitu arteri terbesar, mengalir darah kaya O<sub>2</sub> dari bilik kiri ke seluruh tubuh melalui tiga percabangan:
  - a. **Arteri brakiosefalus**, bercabang dua menjadi karotid dekster dan subklavian dekster, mengarah ke tangan kanan, kepala dan leher.
  - b. **Arteri karotid sinister**, mengarah ke kepala dan leher.
  - c. **Arteri subklavian sinister**, mengarah ke tangan kiri, dada dan bahu.

✎ Nutrisi jantung disuplai oleh pembuluh **arteri koronaria** dan **vena koronaria**. Pembuluh darah baru terisi ketika jantung berelaksasi.

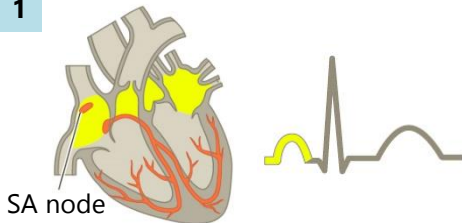
✎ **Jantung** berdenyut karena adanya gerakan kontraksi dan relaksasi harmonis otot-otot jantung.

➤ **Ketika berkontraksi**, darah keluar dari jantung (katup semilunar terbuka), sedangkan **ketika berelaksasi**, darah masuk ke jantung (katup atrioventrikular terbuka).

➤ Satu gerakan kontraksi-relaksasi disebut **satu siklus denyut**. Satu siklus denyut dapat berlangsung selama 0,8 detik.

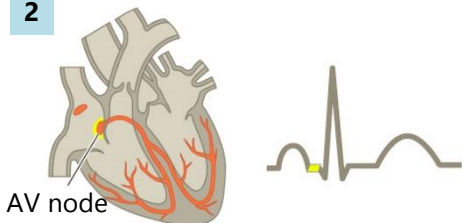
➤ **Mekanisme denyut jantung:**

1



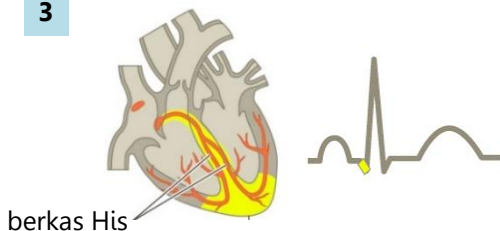
Denyut jantung dimulai dari titik yang disebut **nodus sinoatrial** (*SA node*) atau titik pacu jantung. Jantung berelaksasi dan darah masuk ke jantung.

2



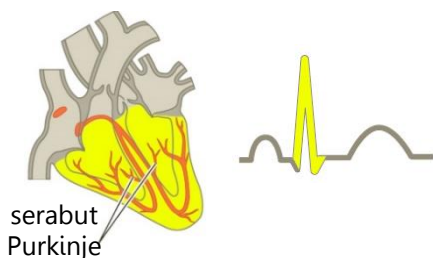
Dari nodus sinoatrial, rangsangan denyut jantung dilanjutkan ke titik yang disebut **nodus atrioventrikular** (*AV node*).

3



Nodus atrioventrikular menyebarkan rangsangan melalui **berkas His** menuju **ujung jantung**. Selama 0,1 detik, terdapat jeda dimana darah mengalir menuju ventrikel dan siap berkontraksi.

4



Rangsangan kemudian menyebar ke seluruh bagian jantung melalui **serabut Purkinje**. Jantung berkontraksi dan darah keluar dari jantung.

➤ **Denyut jantung** menghasilkan denyut pembuluh darah dan tekanan darah.

➤ **Tekanan darah** adalah gaya hidrostatis yang diberikan darah terhadap dinding pembuluh darah yang menyebabkan darah dapat mengalir.

➤ **Tekanan darah** terbagi dua:

1) **Tekanan sistolik**, terjadi ketika jantung berkontraksi memompa darah.

Tekanan sistolik normal adalah 120 mmHg.

2) **Tekanan diastolik**, terjadi ketika jantung berelaksasi menerima darah.

Tekanan diastolik normal adalah 80 mmHg.

➤ **Tekanan darah** dipengaruhi oleh viskositas darah dan hambatan kerja jantung.

➤ **Tekanan darah** diukur dengan tensimeter atau sfigmomanometer. Tekanan darah normal seseorang adalah 120/80 mmHg.

## F. PEMBULUH DARAH

➤ **Pembuluh darah** adalah saluran yang berfungsi mengalirkan darah dari jantung ke berbagai tempat di tubuh, dan kembali ke jantung.

➤ **Macam-macam pembuluh darah:**

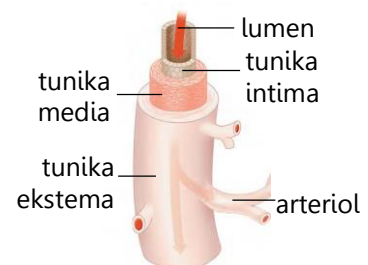
1) **Arteri**, yaitu pembuluh darah yang mengantarkan darah keluar dari jantung. Arteri terbesar disebut **aorta**.

2) **Vena/balik**, yaitu pembuluh darah yang mengantarkan darah menuju jantung. Vena terbesar disebut **vena kava**.

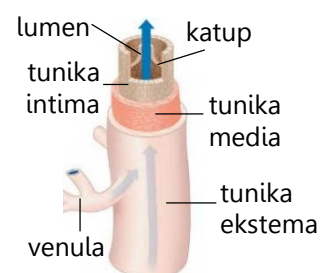
3) **Kapiler**, yaitu pembuluh darah tipis dan berpori yang berfungsi untuk difusi zat-zat yang akan diangkut darah.

Arteri yang terhubung dengan kapiler disebut **arteriol**, dan vena yang terhubung dengan kapiler disebut **venula**.

➤ **Struktur dinding pembuluh arteri:**

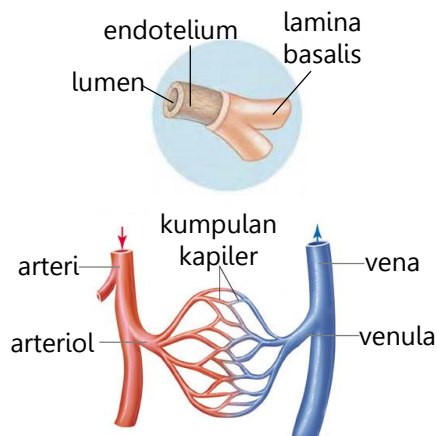


➤ **Struktur dinding pembuluh vena:**





Struktur dinding pembuluh kapiler:



Bagian-bagian dinding pembuluh darah:

- 1) **Tunika intima**, adalah jaringan endotelium.
- 2) **Tunika media**, adalah jaringan otot polos. Pada vena, tunika media lebih tipis, dan pada kapiler tidak ditemukan.
- 3) **Tunika ekstema/adventitia**, adalah jaringan ikat yang kuat dan elastis.
- 4) **Lamina basalis**, adalah pelindung kapiler.

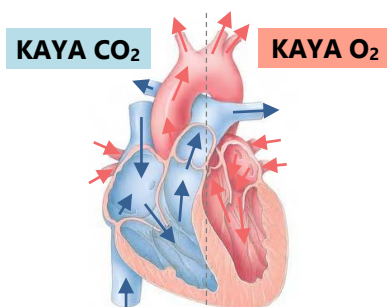
Perbedaan pembuluh arteri dan vena:

Perbedaan	Arteri	Vena
dinding pembuluh	tebal kuat, elastis	tipis, tidak elastis
aliran	dari jantung	menuju jantung (kec. pulmonalis)
letak	lebih banyak di dalam permukaan kulit	lebih banyak dekat permukaan kulit
luka	darah memancar	darah menetes
denyut	terasa	tidak terasa
katup	satu	banyak
darah	kaya O <sub>2</sub>	kaya CO <sub>2</sub> (kec. pulmonalis)

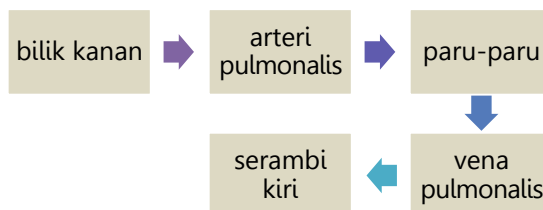
## G. SISTEM PEREDARAN DARAH MANUSIA

Sistem peredaran darah manusia bersifat:

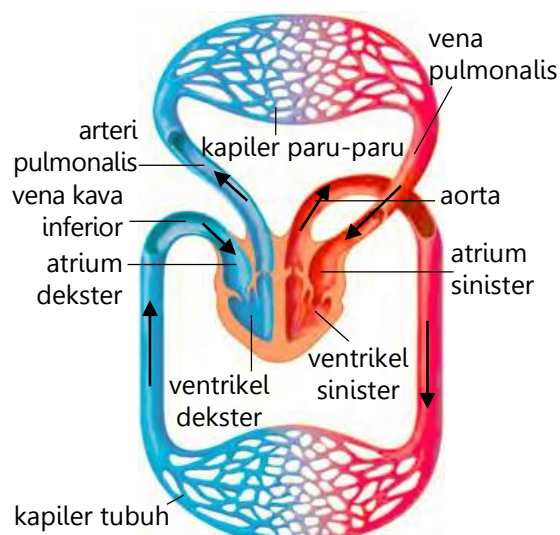
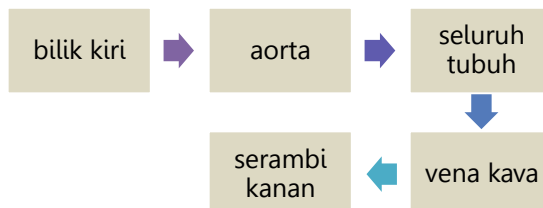
- 1) **Tertutup** karena darah selalu mengalir dalam pembuluh darah.
- 2) **Ganda** karena darah beredar melewati jantung dua kali.



**Peredaran darah pulmonalis/kecil** adalah peredaran darah jantung ke paru-paru, lalu ke jantung kembali.



**Peredaran darah sistemik/besar** adalah peredaran darah jantung ke seluruh tubuh, lalu ke jantung kembali.



## H. SISTEM LIMFA

**Sistem limfa** adalah sistem tubuh yang berperan dalam imunitas tubuh.

**Sistem limfa** terdiri atas cairan limfatik (getah bening), pembuluh limfatik dan organ limfatik.

**Fungsi sistem limfa:**

- 1) Sebagai pertahanan tubuh melawan penyakit.
- 2) Tempat pematangan leukosit.
- 3) Mengabsorpsi lemak dan vitamin dalam pembuluh kil lalu mengangkutnya ke darah.
- 4) Mengalirkan cairan interstitial ke ruang antar sel lalu mengembalikan kelebihananya ke darah.

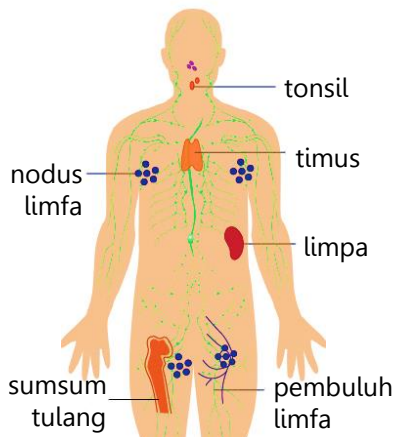
**Cairan interstitial** adalah cairan dari plasma darah yang merembes keluar dari kapiler darah (cairan limfa) yang mengisi ruang antar sel.

**Pembuluh limfatik** adalah saluran dimana cairan limfatik mengalir. Aliran cairan limfatik dipengaruhi oleh gerak otot polos dan lurik.

**Pembuluh limfatik** dimulai dari kapiler limfatik, lalu membentuk pembuluh limfatik yang lebih besar, dan berkumpul di pembuluh limfa dada.

**Pembagian pembuluh limfatik:**

- 1) **Pembuluh limfa kanan**, terdiri dari kepala, leher, dada, paru-paru, jantung dan lengan kanan. Pembuluh ini bermuara di **vena subklavian dekster**.
- 2) **Pembuluh limfa kiri/dada**, terdiri dari kepala, leher, dada, lengan kiri, dan daerah setelah rusuk. Pembuluh ini bermuara di **vena subklavian sinister**.



**Organ-organ limfatik** terdiri dari:

- 1) **Organ limfatik primer** terdiri dari:
  - a. **Sumsum tulang**, menghasilkan limfosit. Apabila limfosit menetap di sumsum tulang, maka limfosit berkembang menjadi limfosit B.
  - b. **Timus**, tempat pematangan limfosit dari sumsum tulang. Limfosit akan berkembang menjadi limfosit T.
- 2) **Organ limfatik sekunder** terdiri dari:
  - a. **Nodus limfa**, titik di sepanjang pembuluh limfa yang mengandung limfosit dan makrofag, fungsinya sebagai penghancur benda asing.
  - b. **Limpa/spleen**, fungsinya membuang antigen dalam darah dan menghancurkan eritrosit yang sudah tua.
  - c. **Tonsil**, fungsinya memerangi infeksi pada saluran pernapasan atas dan faring.

## I. GANGGUAN PADA SISTEM SIRKULASI

**Gangguan pada sistem sirkulasi** antara lain:

*Gangguan pada darah*

- 1) **Anemia**, kekurangan eritrosit karena pendarahan atau lambatnya produksi eritrosit.
- 2) **Anemia sickle-cell**, anemia karena eritrosit mengandung hemoglobin S abnormal dan berbentuk bulan sabit.

- 3) **Talasemia**, anemia karena faktor hereditas.
- 4) **Hemofilia**, darah sukar membeku karena faktor hereditas, karena mengalami defisiensi faktor VIII anti-hemofilia.
- 5) **Leukimia**, kanker darah dimana leukosit bertambah banyak secara tidak terkendali.
- 6) **Leukopenia**, sedikitnya jumlah leukosit.
- 7) **Trombositopenia**, sedikitnya jumlah trombosit.
- 8) **Agranulositosis**, menurunnya daya tahan tubuh terhadap penyakit.
- 9) **Eritroblastosis fetalis**, rusaknya eritrosit bayi karena darah bayi menolak darah ibu akibat perbedaan Rhesus ibu (Rh+) dan bayi (Rh-).

*Gangguan pada pembuluh darah*

- 1) **Abrasi**, inflamasi pembuluh darah yang menyisakan luka dan plak.
- 2) **Arteriosklerosis**, penyempitan pembuluh darah karena plak atau pengendapan kapur.
- 3) **Artherosklerosis**, penyempitan pembuluh darah karena penimbunan lemak berlebihan.
- 4) **Embolus**, tersumbatnya pembuluh darah karena benda yang bergerak.
- 5) **Trombus**, tersumbatnya pembuluh darah karena benda yang tidak bergerak.
- 6) **Hemorag**, pendarahan yang menyebabkan kematian karena tubuh kehabisan darah.
- 7) **Varises**, pelebaran pembuluh darah vena, biasanya terletak di tubuh bagian bawah.
- 8) **Ambeien/hemoroid**, varises di daerah anus.

*Gangguan pada jantung*

- 1) **Gagal jantung**, akibat pecahnya pembuluh kapiler yang akan menuju jantung.
- 2) **Angina pectoris**, akibat arteriosklerosis pada arteri koronaria.
- 3) **Jantung koroner**, akibat artherosklerosis pada arteri koronaria.
- 4) **Hipertensi**, tekanan darah >150/100 mmHg, dapat menyebabkan pembuluh darah pecah.
- 5) **Hipotensi**, tekanan darah <70/80 mmHg dan dapat menyebabkan tubuh mudah lemas.
- 6) **Takhikardia**, denyut jantung melebihi normal.
- 7) **Bradikardia**, denyut jantung kurang dari normal.