



Sistem Sirkulasi

SISTEM PEREDARAN DARAH

Sistem peredaran darah pada manusia dibagi menjadi 2, yaitu sistem peredaran darah tertutup dan sistem peredaran darah ganda.

Sistem peredaran darah tertutup, darah mengalir di dalam pembuluh darah.

Sistem peredaran darah ganda, darah dua kali melewati jantung dalam satu kali peredaran.

Fungsi sistem peredaran darah, yaitu sebagai berikut :

1. Transportasi makanan, garam mineral, gas, hormon, enzim, dan zat lainnya ke seluruh tubuh.
2. Menjaga suhu tubuh.
3. Melindungi tubuh terhadap cedera dan invasi benda asing.
4. Penyangga (buffering) untuk mempertahankan pH optimum darah.

Sistem peredaran darah pada manusia terdiri atas darah, jantung, dan pembuluh darah (arteri, kapiler, dan vena).

A. DARAH

Darah merupakan jaringan ikat khusus yang terdiri atas sel-sel darah, keping darah, dan matriks yang berbentuk cairan (plasma).

Karakteristik darah, yaitu sebagai berikut :

1. Darah lebih berat dan kental daripada air, berbau khas, dan memiliki pH 7,35-7,45
2. Warna darah bervariasi, merah terang hingga merah tua kebiruan.
3. Volume darah yang beredar di dalam tubuh adalah 8% dari berat badan.

Komponen penyusun darah, yaitu sebagai berikut :

- **Plasma darah**
Plasma darah adalah cairan berwarna bening kekuningan, mengandung 92% air, 7% protein, serta 1% bahan campuran kompleks (organik, anorganik, dan gas darah).

a. Protein plasma

3 jenis protein plasma, yaitu sebagai berikut :

1. Albumin, protein plasma yang terbanyak dan berperan untuk menjaga tekanan osmosis koloid darah
2. Globulin, terdiri dari alfa dan beta globulin berfungsi sebagai molekul pembawa lipid, hormon, dan substrat lainnya, gamma globulin (imunoglobulin) berfungsi sebagai antibody dalam imunitas tubuh
3. Fibrinogen, berfungsi pada mekanisme pembekuan darah

b. Bahan campuran kompleks

Plasma darah mengandung bahan organik, garam mineral, dan gas darah.

■ Sel darah merah (eritrosit)

a. **Karakteristik eritrosit**, yaitu sebagai berikut :

- Berbentuk seperti cakram (bikonkaf)
- Berdiameter 7,65 μm
- Bersifat elastis dan fleksibel
- Mengandung sekitar 300 juta molekul hemoglobin.

b. Jumlah eritrosit

Jumlah eritrosit pada laki-laki sehat sekitar 4,2-5,4 juta sel/mm³ darah, sedangkan pada wanita sehat sekitar 3,8-4,8 juta sel/mm³ darah.

c. Fungsi eritrosit

- Mengedarkan oksigen ke seluruh jaringan melalui pengikatan oksigen oleh hemoglobin.
- Membawa karbon dioksida ke paru-paru. Hemoglobin berikatan dengan karbon dioksida di bagian asam amino pada globin disebut karbaminohemoglobin.

d. Pengaturan produksi eritrosit

Pembentukan eritrosit disebut **eritropoiesis**. Terjadi di sumsum merah tulang dan diatur oleh eritropoietin.

Produksi eritrosit juga dipengaruhi oleh hormon kortison, hormon tiroid, dan hormon pertumbuhan.

Peningkatan produksi eritrosit dapat terjadi dalam keadaan sebagai berikut :

- Tinggal di dataran tinggi dengan kandungan oksigen rendah dalam waktu lama
 - Gagal jantung yang mengurangi aliran darah
 - Penyakit paru-paru yang mengurangi absorpsi oksigen
 - Kehilangan darah akibat hemoragik.
- Faktor diet yang memengaruhi produksi eritrosit, yaitu sebagai berikut :
- Zat besi, untuk menyintesis hemoglobin
 - Vitamin, seperti asam folat, vitamin C, dan vitamin B12
 - Tembaga, esensial protein yang mengubah Fe³⁺ menjadi Fe²⁺

e. Umur dan destruksi eritrosit

Eritrosit biasanya bersirkulasi selama 120 hari sebelum menjadi rapuh dan pecah.

Eritrosit tidak memiliki inti sel, mitokondria, dan retikulum endoplasma.

Fragmen-fragmen sel darah merah yang apabila rusak akan difagositosis oleh makrofag, yaitu sebagai berikut:

- Globin (bagian protein) -> asam amino
- Hem (bagian yang mengandung besi) -> biliverdin (pigmen hijau) -> bilirubin (pigmen kuning)
- Zat besi, digunakan untuk menyintesis eritrosit baru

Sel darah putih (leukosit)

a. Karakteristik leukosit, yaitu sebagai berikut :

1. Jumlah normal leukosit di dalam darah manusia sekitar 5.000-10.000 sel/mm³ darah
2. Leukosit lebih banyak beraktivitas di dalam jaringan
3. Leukosit berfungsi untuk melindungi tubuh terhadap benda asing, virus, dan bakteri
4. Sifat-sifat leukosit, yaitu sebagai berikut :
 - Diapedesis
Keluar menembus pori-pori membrane kapiler menuju ke jaringan
 - Bergerak ameboid
Bergerak seperti Amoeba
 - Kemotaksis
Pelepasan zat kimia oleh jaringan yang rusak menyebabkan leukosit bergerak mendekat (kemotaksis positif) atau menjauhi (kemotaksis negatif) sumber zat
 - Fagositosis
Menelan mikroorganisme, benda asing, dan sel-sel darah merah yang sudah tua atau rusak

b. Jenis leukosit

Berdasarkan ada atau tidaknya granula di dalam sitoplasma, leukosit dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut :

1. Granulosit

Granulosit dapat dibedakan menjadi 3 jenis berdasarkan warna granulosit setelah diberikan pewarna Wright, yaitu :

- Neutrofil, fagosit yang sangat aktif untuk menyerang dan menghancurkan bakteri, virus, dan agen penyebab cedera lainnya
- Eosinofil, fagosit yang lemah dan berperan dalam pembuangan racun penyebab radang pada jaringan yang cedera
- Basofil, mengandung histamin yang berfungsi untuk meningkatkan aliran darah ke jaringan yang cedera dan antikoagulan heparin untuk membantu mencegah penggumpalan darah intravaskuler

2. Agranulosit

Agranulosit dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

- Limfosit, berfungsi dalam reaksi imunologis.

Terdapat 2 jenis limfosit, yaitu :

- Limfosit B, memproduksi antibodi untuk merespons antigen tertentu
 - Limfosit T, tidak memproduksi antibodi tetapi memproduksi zat aktif limfokin untuk membantu limfosit B dalam merespons antigen, membunuh sel-sel asing, dan mengatur respons imunitas
- Monosit

Monosit berfungsi sebagai fagosit yang sangat aktif dan bermigrasi melalui pembuluh darah menjadi histiosit (makrofag) yang berumur Panjang di dalam jaringan

Keping darah (trombosit)

a. Karakteristik trombosit, yaitu sebagai berikut :

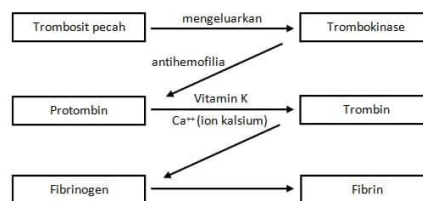
1. Trombosit merupakan fragmen sel, tidak bernukleus, berasal dari megakariosit
2. Berjumlah 150.000-400.000 butir sel/mm³ darah, berbentuk tidak beraturan, tidak berwarna, dan mudah pecah jika tersentuh benda kasar
3. Sitoplasma trombosit terbungkus oleh membrane plasma
4. Trombosit merupakan struktur yang sangat aktif di dalam darah berumur 5-9 hari

b. Fungsi trombosit

Trombosit berfungsi dalam hemostasis (penghentian darah), perbaikan pembuluh darah yang robek, dan pembekuan darah.

B. MEKANISME PEMBEKUAN DARAH

Proses Pembekuan Darah



Faktor-Faktor Pembekuan Darah

1. Protrombin adalah senyawa globulin yang larut dalam plasma darah.
2. Fibrinogen adalah protein plasma yang disintesis di hati dan dapat diubah menjadi fibrin
3. Ion kalsium merupakan ion anorganik dalam plasma dan dapat diperoleh dari makanan dan tulang.
4. Tromboplastin adalah enzim yang disintesis di dalam hati dan memerlukan vitamin K dalam bekerja.
5. Vitamin K adalah vitamin penting dalam sintesis protrombin. adalah vitamin yang sangat penting dalam sintesis protrombin

C. COLONGAN DARAH

Golongan darah adalah klasifikasi darah berdasarkan ada atau tidak adanya zat antigen warisan pada permukaan membran sel darah merah. Antigen dapat berupa protein, polisakarida, atau molekul lainnya yang dapat merangsang tubuh untuk menghasilkan antibodi dalam plasma darah. Reaksi antigen dengan antibodi dapat menyebabkan aglutinasi (penggumpalan) sel darah merah sehingga antigen disebut juga aglutinogen, sedangkan antibodi disebut juga aglutinin.

Penggolongan Darah Sistem ABO

Penggolongan darah sistem ABO ditemukan oleh ilmuwan Austria bernama Karl Landsteiner pada tahun 1930. Penggolongan darah sistem ABO dilakukan berdasarkan ada atau tidak adanya antigen (aglutinogen) tipe A dan tipe B pada permukaan eritrosit serta antibodi (aglutinin) tipe O (anti-A) dan tipe B (anti-B) di dalam plasma darahnya.

| Aglutinogen | Aglutinin | Golongan Darah |
|-------------|----------------------|----------------|
| A | β | A |
| B | α | B |
| A dan B | - | AB |
| - | α dan β | O |

Penggolongan Darah Sistem Rh (Rhesus)

ditemukan oleh Karl Landsteiner dan Wiener pada tahun 1940. Penggolongan darah sistem rhesus berdasarkan ada atau tidak adanya aglutinogen (antigen) RhD pada permukaan sel darah merah.

| Golongan Darah (Fenotipe) | Antigen dalam Eritrosit | Genotipe |
|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| Rh positif | Ada | Rh+Rh+ atau Rh+rh- |
| Rh negatif | Tidak ada | rh-rh- |

Uji Golongan Darah

Uji golongan darah dilakukan dengan serum. Uji golongan darah sistem ABO menggunakan serum anti-A, anti-B, dan anti-AB.

| Golongan Darah | Jenis Serum | | |
|----------------|-------------|--------|---------|
| | Anti-A | Anti-B | Anti-AB |
| A | + | - | + |
| B | - | + | + |
| AB | + | + | + |
| O | - | - | - |

Keterangan : (+) = menggumpal dan (-) = tidak menggumpal

| Golongan Darah | Serum Anti-D (Anti Rho) |
|-----------------|-------------------------|
| Rh ⁺ | + |
| Rh ⁻ | - |

Keterangan : (+) = menggumpal dan (-) = tidak menggumpal

D. TRANSFUSI DARAH

Transfusi darah adalah proses mentransfer darah atau produk berbasis darah dari seseorang ke sistem peredaran darah orang lain.

Transfusi darah bertujuan untuk menyelamatkan jiwa yang dilakukan pada kondisi seseorang kehilangan darah dalam jumlah yang besar akibat trauma, operasi, dll.

Transfusi darah digunakan untuk mengobati anemia berat, trombositopenia, hemophilia, dan siklemia.

Golongan darah O disebut donor universal karena golongan darah O tidak memiliki aglutinogen (antigen). Golongan darah AB disebut resipien universal karena tidak memiliki aglutinin (antibodi).

E. ORGAN PEREDARAN DARAH

Jantung

Jantung merupakan organ berongga yang terdiri atas empat ruangan dan terletak di antara kedua paru-paru.

Dinding jantung terdiri atas tiga lapisan, yaitu sebagai berikut:

- Epikardium
- Miokardium
- Endokardium

Jantung memiliki empat ruangan, yaitu atrium (serambi) kanan dan kiri serta ventrikel (bilik) kanan dan kiri.

a. Atrium kanan dan kiri dipisahkan oleh septum interatrial.

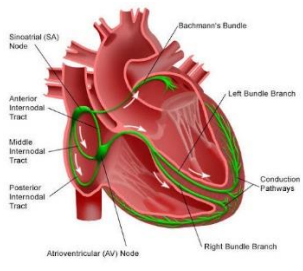
b. Ventrikel kanan dan kiri dipisahkan oleh septum interventrikuler. Ventrikel ber dinding tebal sehingga mampu mendorong darah keluar dari jantung menuju arteri yang membawa darah meninggalkan jantung.

c. Katup jantung terdiri atas katup trikuspid dan katup bikuspid (katup mitral)

- Katup trikuspid terletak di antara atrium kanan dan ventrikel kanan serta memiliki tiga daun katup
- Katup bikuspid (katup mitral) terletak di antara atrium kiri dan ventrikel kiri

Sistem Pengaturan Jantung

Jantung memiliki sifat otoritmisitas, yaitu mampu berkontraksi atau berdenyut secara ritmis akibat potensial aksi yang dihasilkannya sendiri.



Pembuluh Darah

Pembuluh darah utama ada 3 macam, yaitu arteri, kapiler, dan vena.

a. Arteri

Arteri berfungsi membawa darah meninggalkan jantung. Arteri memiliki dinding yang tebal, kuat, dan bersifat elastis. Dinding arteri terdiri atas 3 lapisan, yaitu sebagai berikut:

- Tunika eksterna
- Tunika media
- Tunika intima

b. Kapiler

Kapiler menghubungkan arteriol dengan venula. Fungsi kapiler, antara lain sebagai berikut:

- Penghubung antara arteri dengan vena
- Mengambil zat-zat dari kelenjar
- Tempat terjadinya pertukaran zat-zat antara darah dengan cairan jaringan

c. Vena

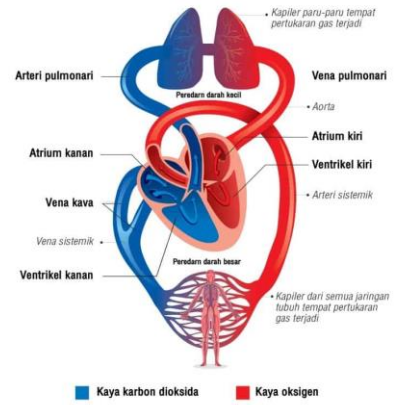
Vena adalah pembuluh darah yang membawa darah kembali ke atrium jantung. Sistem vena terdiri atas venula, vena kecil, vena sedang, dan vena besar.

Vena berukuran besar yang masuk ke jantung ada tiga macam, yaitu sebagai berikut:

- Vena kava superior menerima darah kaya CO₂ dari tubuh bagian atas, leher, dan kepala, kemudian masuk ke atrium kanan.
- Vena kava inferior menerima darah kaya CO₂ dari tubuh bagian bawah, kemudian mengalirkannya masuk ke atrium kanan.
- Vena pulmonalis membawa darah kaya O₂ dari paru-paru, kemudian mengalirkannya masuk ke atrium kiri.

F. MEKANISME PEREDARAN DARAH MANUSIA

Mekanisme sistem peredaran darah pada manusia ada 2 macam, yaitu **sistem peredaran darah pulmonalis** (peredaran darah kecil/pendek) dan **sistem peredaran darah sistemik** (peredaran darah besar/panjang).



C. SISTEM LIMFA

Sistem limfa merupakan jalur tambahan pada sistem sirkulasi.

Fungsi sistem limfa, yaitu:

- Mengembalikan kelebihan cairan jaringan. Jika cairan ini tidak dikeluarkan, cairan akan terkumpul dalam ruang antarsel dan menyebabkan edema.
- Mengendalikan kualitas aliran cairan jaringan dengan cara menyaringnya melalui nodus-nodus limfa sebelum dikembalikan ke sistem sirkulasi.
- Menyaring dan menghancurkan mikroorganisme.

Sistem limfa terdiri atas organ yang memproduksi dan menyimpan limfosit, pembuluh limfa, serta cairan limfa.

Organ limfa

a. Nodus limfa merupakan struktur berbentuk oval, berukuran 1-20 mm, serta berfungsi menyaring dan menghancurkan partikel asing agar tidak menyebar ke jaringan tubuh.

b. Kelenjar timus terletak di dada, berwarna kemerahan, terdiri atas dua lobus, dan berperan dalam sistem kekebalan karena memproduksi limfosit T.

c. Kelenjar amandel (tonsil) berfungsi menahan mikroorganisme (misalnya, bakteri dan virus) yang masuk melalui mulut, hidung, dan kerongkongan.

d. Limpa (lien) berfungsi menghasilkan limfosit dan zat antibodi, menghancurkan sel darah putih dan trombosit, serta menghasilkan sel darah merah pada masa janin.

Pembuluh limfa

berupa vena kecil yang memiliki banyak katup serta ber dinding transparan dan sangat permeabel sehingga partikel yang berukuran sangat besar dapat masuk ke dalam jaringan.

Cairan limfa (getah bening)

adalah cairan jaringan yang diabsorpsi ke dalam kapiler limfa, berwarna kekuning-kuningan, serta mengandung plasma protein, limfosit, keping darah, fibrinogen, lemak, dan sedikit oksigen.

Aliran Limfa

Terdapat dua macam batang saluran limfa utama, yaitu:

- Duktus limfatikus sinistra (kiri) disebut juga duktus torasikus, mengumpulkan cairan dari seluruh tubuh, kecuali kuadran kanan atas, serta menerima cairan limfa dari pembuluh limfa yang berasal dari kepala kiri, leher kiri, dada sebelah kiri, anggota gerak bawah, dan alat-alat dalam rongga perut.
- Duktus limfatikus dekstra (kanan) merupakan pembuluh limfa yang pendek serta menerima cairan limfa dari pembuluh limfa yang berasal dari kepala kanan, leher kanan, dada kanan, lengan sebelah kanan, dan trunkus bronkmediastinal kanan (saluran penampung limfa dari rongga di antara paru-paru).

H. GANGGUAN SISTEM PEREDARAN DARAH

1. Anemia adalah keadaan saat jumlah sel darah merah atau jumlah hemoglobin dalam sel darah merah berada di bawah normal. Anemia ditandai oleh hematokrit yang rendah.
2. Hemofilia adalah kegagalan dalam proses pembekuan darah pada pembuluh darah yang cedera (darah sulit membeku).
3. Leukimia adalah gangguan produksi leukosit yang terlalu banyak.
4. Siklemia (sickle cell disease) adalah penyakit genetik akibat mutasi gen yang menyebabkan sel darah memiliki hemoglobin abnormal.
5. Talasemia adalah penyakit keturunan yang terjadi akibat kelainan sel darah merah.
6. Hipertensi adalah tekanan darah arteri meningkat hingga di atas normal (misalnya, di atas 140/99 mmHg).

7. Hipotensi adalah tekanan darah arteri menurun hingga di bawah normal (misalnya, kurang dari 90/60 mmHg).
8. Varises adalah pelebaran pembuluh darah vena, biasanya pada anggota tubuh bawah (misalnya, betis).

I. TEKNOLOGI SISTEM PEREDARAN DARAH

1. Ekokardiograf (Echocardiography/ECG) Teknik untuk mengetahui struktur internal, mendiagnosis adanya gumpalan darah, arah aliran darah, tumor, anatomi, dll.
2. Pemindaian dengan bahan radioaktif Teknik yang aman untuk mendeteksi adanya penyakit jantung.
3. Operasi bypass (Coronary Artery Bypass Graft, CABG, bedah pintas kooner) Teknik revaskularisasi (membuat saluran baru).
4. Terapi gen Teknik untuk menumbuhkan pembuluh darah baru dengan cara menyuntikkan beberapa salinan gen yang mengkode VEGF.
5. Angioplasti Teknik untuk membuka sumbatan berupa plak atau timbunan lemak pada pembuluh darah yang tidak parah.
6. Transplantasi jantung Teknik yang dianggap paling sukses. Dilakukan untuk menggantikan jantung yang sakit dengan jantung donor yang sehat. Pacemaker adalah alat pemacu detak jantung berupa sebuah perangkat bertenaga baterai untuk menstabilkan detak jantung.

J. CONTOH SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Perhatikan pernyataan di bawah ini :
 - 1) Darah memiliki kekentalan yang sama dengan air
 - 2) Berbau khas dan memiliki pH 7,35 - 7,45
 - 3) Warna darah bervariasi dari merah terang hingga merah tua kebiruan
 - 4) Komponen darah hanya terdiri dari eritrosit dan leukosit

Pernyataan yang benar mengenai karakteristik darah ditunjukkan oleh nomor...

- A. (1) dan (2)
- B. (1) dan (3)
- C. (2) dan (3)
- D. (2) dan (4)
- E. (3) dan (4)

Jawaban : C

Pembahasan :

Darah mempunyai karakteristik, sebagai berikut:

1. Darah lebih berat dan kental daripada air
2. Memiliki bau yang khas dan pH sekitar 7,35-7,45
3. Memiliki warna yang bervariasi, mulai dari merah terang hingga merah tua kebiruan
4. Volume darah yang beredar dalam tubuh adalah 8% dari berat badan
5. Komponen penyusun darah terdapat plasma darah, eritrosit, leukosit, dan trombosit

Oleh karena itu, pernyataan yang sesuai dengan karakteristik darah terdapat pada nomor **(2) dan (3)**.

2. Jenis granulosit yang mengandung histamin dan antikoagulan heparin adalah...

- A. Basofil
- B. Eosinofil
- C. Neutrofil
- D. Limfosit
- E. Monosit

Jawaban : A

Pembahasan :

Leukosit dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu granulosit dan agranulosit.

1. Granulosit terbagi menjadi 3 jenis berdasarkan warnanya yang telah diberikan pewarna Wright, yaitu sebagai berikut :

a. Basofil

Mengandung histamin yang berfungsi untuk meningkatkan aliran darah ke jaringan yang cedera dan antikoagulan heparin untuk membantu mencegah penggumpalan darah intravaskuler.

b. Eosinofil

Fagosit yang lemah dan berperan dalam pembuangan racun penyebab peradangan jaringan.

c. Neutrofil

Fagosit yang sangat aktif untuk menyerang dan mengancurkan bakteri, virus, dan agen lainnya.

Sementara limfosit dan monosit termasuk dalam agranulosit. Oleh karena itu, pilihan jawaban yang sesuai adalah **Basofil**.

3. Perhatikan pernyataan berikut ini !

- Berdinding tebal dan elastis
 - Bertekanan kuat
 - Darah kaya akan O₂
 - Hanya memiliki satu katup
 - Apabila terluka darah akan memancar
 - Arah alirannya meninggalkan jantung
- Pernyataan di atas merupakan ciri-ciri dari...

- A. Kapiler
- B. Arteri
- C. Vena
- D. Atrium
- E. Ventrikel

Jawaban : B

Pembahasan :

| No | Karakteristik | Pembuluh Nadi | Pembuluh balik |
|----|------------------|------------------------------------|---|
| 1 | Tempat | Agak ke dalam tersebunyi | Dekat permukaan tubuh, tampak kebiru-biruan |
| 2 | Dinding pembuluh | Tebal, kuat, elastis | Tipis, tidak elastis |
| 3 | Aliran darah | Dari jantung | Menuju jantung |
| 4 | Denyut | Terasa | Tidak terasa |
| 5 | Katup | Hanya di satu tempat dekat jantung | Di sepanjang pembuluh |
| 6 | Jika terluka | Darah memancar keluar | Darah tidak memancar, hanya menetes |

Kapiler (pembuluh rambut) merupakan penghubung antara arteri dan vena.

Atrium (serambi) dan ventrikel (bilik) merupakan ruang-ruang yang terdapat di dalam jantung.

Oleh karena itu, jawaban yang sesuai dengan pernyataan di atas adalah **pembuluh darah arteri (pembuluh nadi)**.