



BIOLOGI

SISTEM SIRKULASI PADA MANUSIA I

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan berikut.

1. Memahami tentang darah dan komponen-komponennya.
2. Memahami tentang mekanisme pembekuan darah.
3. Memahami tentang golongan darah.
4. Memahami tentang uji golongan darah dan transfusi darah.
5. Memahami tentang salah satu organ peredaran darah, yaitu jantung.

A. Darah

Darah merupakan jaringan ikat khusus berbentuk cairan yang tersusun dari plasma darah, sel-sel darah, dan keping darah (trombosit). Sel-sel darah terdiri atas sel darah merah (eritrosit) dan sel darah putih (leukosit). Darah memiliki karakteristik sebagai berikut.

- Darah lebih berat dan lebih pekat daripada air. Darah memiliki bau yang khas dengan pH 7,35 – 7,45.
- Darah memiliki warna yang bervariasi, dari merah terang hingga merah tua kebiruan. Warna darah tergantung pada kadar oksigen yang dibawa oleh eritrosit.
- Volume darah yang beredar di dalam tubuh adalah 8% dari berat badan. Volume darah orang dewasa yang sehat mencapai 5 liter dan biasanya volume darah pada laki-laki lebih banyak daripada perempuan.

Darah memiliki fungsi sebagai berikut.

- Mengangkut oksigen ke jaringan di seluruh tubuh.
- Mengangkut sari-sari makanan ke seluruh tubuh.

- Mengangkut sisa-sisa metabolisme, seperti urea dan karbon dioksida ke organ-organ ekskresi.
- Mengangkut hormon dari kelenjar hormon ke tempat-tempat yang membutuhkan.

1. Plasma Darah

Plasma darah adalah cairan bening kekuningan yang mengandung 92% air, 7% protein plasma, dan 1% bahan campuran kompleks yang terdiri atas senyawa organik, anorganik, dan gas darah. Fungsi plasma darah adalah menjaga tekanan osmosis darah, mengangkut sari-sari makanan, mengangkut sisa-sisa metabolisme seperti karbon dioksida dan beberapa gas, serta mengangkut hormon.

a. Protein plasma

Ada tiga macam protein plasma, yaitu albumin, globulin, dan fibrinogen.

- 1.) **Albumin** adalah protein plasma yang paling banyak jumlahnya, yaitu sekitar 55–60%. Albumin disintesis di dalam hati dan berperan menjaga tekanan osmosis koloid darah. Albumin merupakan protein plasma dengan muatan negatif yang sangat kuat untuk mengikat molekul kecil agar dapat diedarkan melalui darah.
- 2.) **Globulin** adalah protein plasma yang jumlahnya sekitar 35%. Ada tiga jenis globulin, yaitu alfa dan beta globulin, serta gamma globulin.
 - Alfa dan beta globulin
Alfa dan beta globulin disintesis di hati. Kedua molekul ini berfungsi sebagai pembawa lipid, hormon, dan berbagai substrat lainnya.
 - Gamma globulin (imunoglobulin) disintesis di dalam jaringan limfoid. Gamma globulin merupakan antibodi yang berfungsi dalam imunitas tubuh dan merupakan protein plasma bermuatan negatif terlemah.
- 3.) **Fibrinogen** adalah protein plasma yang jumlahnya sekitar 4%. Fibrinogen berperan dalam proses pembekuan darah. Cairan darah yang tidak mengandung fibrinogen disebut **serum**. Ada empat jenis serum, yaitu serum albumin, serum globulin, serum lipoprotein, dan serum wewenang.
 - **Serum albumin** adalah serum yang mengandung protein albumin. Serum ini berfungsi memelihara tekanan osmosis darah dan mengangkut molekul lain.
 - **Serum globulin** adalah serum yang mengandung protein globulin. Serum ini berfungsi membentuk sistem kekebalan tubuh.
 - **Serum lipoprotein** adalah serum yang mengandung protein dan lemak. Serum ini dapat berbentuk enzim, antigen, dan toksin.

- **Serum wewenang** adalah serum yang hanya berjumlah 1%. Serum ini terdiri atas enzim, proenzim, dan hormon. Serum wewenang berfungsi mengatur ekspresi genetik dan kontraksi otot.

b. Bahan campuran kompleks

Bahan campuran kompleks penyusun plasma darah adalah sebagai berikut.

- 1.) **Senyawa organik**, berupa glukosa, lemak, asam amino, urea, asam urat, kreatin, dan kolesterol.
- 2.) **Senyawa anorganik**, berupa garam mineral natrium klorida, natrium bikarbonat, garam kalsium, fosfor, magnesium, besi, dan sulfat.
- 3.) **Gas-gas**, berupa oksigen, karbon dioksida, dan nitrogen.

Selain kedua senyawa dan gas tersebut, plasma darah juga mengandung enzim, antigen, dan hormon.

2. Eritrosit

a. Ciri-Ciri Eritrosit

Eritrosit memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

- 1.) Memiliki bentuk seperti cakram dengan cekungan di bagian tengahnya (bikonkaf).
- 2.) Memiliki membran sel yang bersifat elastis dan fleksibel, sehingga mudah menembus kapiler darah.
- 3.) Tidak memiliki inti sel, sehingga tidak mengandung DNA.
- 4.) Setiap eritrosit mengandung 300 juta molekul hemoglobin yang dapat mengikat oksigen. **Hemoglobin** adalah metaloprotein atau protein yang mengandung zat besi. Hemoglobin berfungsi mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh. Kadar hemoglobin bervariasi, tergantung pada jenis kelamin dan umur seseorang. Pada kondisi normal, kadar hemoglobin pada laki-laki dewasa adalah 13-18 gram per 100 mL darah, pada perempuan dewasa adalah 12-16 gram per 100 mL darah, dan pada bayi adalah 14-20 gram per 100 mL darah.
- 5.) Eritrosit memiliki masa hidup antara 100 – 120 hari.
- 6.) Eritrosit dibentuk di endotelium dan sumsum tulang.

b. Fungsi Eritrosit

- 1.) Mengangkut oksigen dan mengedarkannya ke seluruh tubuh. Hemoglobin di dalam eritrosit mengikat oksigen membentuk oksihemoglobin yang berwarna merah terang. Jika oksigen telah dilepaskan ke jaringan, akan terbentuk

deoksihemoglobin yang berwarna merah gelap atau merah kebiruan.

- 2.) Mengangkut karbon dioksida dari seluruh tubuh dan membawanya ke paru-paru untuk dilepaskan. Hemoglobin yang berikatan dengan karbon dioksida disebut **karbaminohemoglobin**. Penamaan ini didasarkan karena karbon dioksida diikat pada asam amino globin.
- c. 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. Satu tetes darah setara dengan 50 mm³ atau 50 µL (mikroliter). **Hematokrit** adalah perbandingan antara volume eritrosit yang dipisahkan dari plasma darah dengan menggunakan metode sentrifugasi dan volume total darah. Nilai sampel darah dinyatakan dalam persentase. Hematokrit pada laki-laki adalah 42%-54%, sedangkan hematokrit pada perempuan 37%-47%.
- d. Pembentukan Eritrosit
- Proses pembentukan eritrosit disebut **eritropoiesis**. Proses ini berlangsung di dalam sumsum tulang dan diatur oleh hormon eritropoietin. Pembentukan eritrosit juga dipengaruhi oleh hormon kortison, tiroid, dan hormon pertumbuhan. Sel yang dapat membentuk eritrosit adalah **hemositoblas**, yaitu sel batang mieloid yang dapat berkembang menjadi berbagai jenis sel darah. Hemositoblas terletak di dalam sumsum tulang dan dapat membentuk eritrosit, berbagai jenis leukosit (termasuk limfosit B dan limfosit T), sel plasma, dan megakariosit (pembentuk keping darah).
- Pembentukan eritrosit dapat meningkat karena faktor-faktor berikut.
- 1.) Tinggal di dataran tinggi yang memiliki kadar oksigen rendah dalam waktu yang lama.
 - 2.) Menderita sakit paru-paru yang mengurangi penyerapan oksigen oleh darah.
 - 3.) Kehilangan darah akibat **hemoragik**, yaitu keluarnya darah dari pembuluh darah akibat adanya luka atau infeksi.
 - 4.) Menderita gagal jantung yang mengurangi aliran darah ke jaringan.
- Selain itu, pembentukan eritrosit juga dipengaruhi oleh beberapa zat makanan berikut.
- 1.) Zat besi, yang berfungsi dalam pembentukan hemoglobin.
 - 2.) Tembaga, merupakan bagian esensial dari protein yang dapat mengubah ion besi ferri (Fe³⁺) menjadi ion besi ferro (Fe²⁺).
 - 3.) Vitamin, seperti vitamin B12, asam folat, dan vitamin C.

e. Pembongkaran Eritrosit

Jika sudah bersirkulasi selama kurang lebih 120 hari, eritrosit akan menjadi rapuh dan pecah. Komponen-komponen eritrosit yang pecah akan difagositosis oleh makrofag di dalam hati, limpa, dan sumsum tulang untuk digunakan kembali. Komponen-komponen eritrosit tersebut antara lain adalah sebagai berikut.

- 1.) **Hemin** adalah bagian yang mengandung zat besi. Hemin akan diubah menjadi biliverdin (pigmen hijau) dan kemudian diubah menjadi bilirubin (pigmen kuning). Bilirubin yang merupakan zat warna empedu akan diserap oleh hati dan disekresikan ke dalam empedu.
- 2.) **Globin** adalah protein yang mengalami pemecahan menjadi asam amino. Globin akan digunakan lagi untuk menyusun asam amino baru.
- 3.) Zat besi yang dilepaskan oleh hemin dan akan digunakan lagi untuk membentuk eritrosit baru.

3. Leukosit

a. Ciri-Ciri Leukosit

Leukosit memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

- 1.) Memiliki bentuk yang bervariasi dan berinti.
- 2.) Tidak mengandung hemoglobin.
- 3.) Jumlah normal leukosit di dalam darah adalah sekitar 5.000 – 10.000 sel/mm³ darah. Jumlah ini dapat bertambah jika terjadi infeksi atau kerusakan jaringan.
- 4.) Leukosit lebih banyak beraktivitas di dalam jaringan, bukan di dalam pembuluh darah.
- 5.) Leukosit diproduksi di dalam sumsum merah dan sumsum kuning tulang.
- 6.) Di dalam darah, leukosit hanya bertahan satu hari dan kemudian akan menuju ke dalam jaringan. Di dalam jaringan, leukosit mampu bertahan selama beberapa hari hingga beberapa bulan, tergantung jenis leukositnya.
- 7.) Leukosit berfungsi melindungi tubuh dari serangan benda-benda asing seperti virus dan bakteri.

b. Sifat-Sifat Leukosit

Leukosit memiliki beberapa sifat berikut.

- 1.) **Fagositosis** merupakan kemampuan menelan benda-benda asing, mikro-organisme, atau eritrosit yang sudah tua atau rusak.
- 2.) **Diapedesis** merupakan kemampuan menembus kapiler darah menuju ke jaringan.

- 3.) **Gerak amuboid** merupakan kemampuan bergerak seperti *Amoeba* dengan membentuk kaki-kaki semu yang panjangnya dapat mencapai tiga kali panjang semula dalam waktu satu menit.
- 4.) **Kemotaksis** merupakan kemampuan bergerak mendekati (kemotaksis positif) dan menjauhi (kemotaksis negatif) sumber zat kimia yang dilepaskan oleh jaringan yang rusak.

c. Macam Leukosit

Berdasarkan ada tidaknya granula di dalam sitoplasmanya, leukosit dibedakan menjadi dua jenis, yaitu granulosit dan agranulosit.

- 1.) **Granulosit** adalah sel-sel leukosit yang memiliki granula-granula di dalam sitoplasmanya. Berdasarkan warna granula serta sifat asam dan basa sitoplasmanya, granulosit dibagi menjadi tiga macam, yaitu neutrofil, eosinofil, dan basofil.
 - Neutrofil memiliki ciri-ciri sebagai berikut.
 - o Memiliki granula kecil-kecil berwarna merah muda.
 - o Memiliki diameter 9-12 μm .
 - o Nukleus memiliki 3-5 lobus yang dihubungkan oleh benang-benang kromatin tipis.
 - o Berjumlah 60% dari jumlah leukosit.
 - o Berfungsi sebagai fagosit yang aktif untuk menyerang dan menghancurkan bakteri, virus, dan benda-benda asing lainnya.
 - Eosinofil memiliki ciri-ciri sebagai berikut.
 - o Memiliki granula besar-besar dan kasar berwarna jingga kemerahan.
 - o Memiliki diameter 12-15 μm .
 - o Nukleus memiliki 2 lobus.
 - o Berjumlah 1 -3% dari jumlah leukosit.
 - o Berfungsi sebagai fagosit yang lemah dan berperan dalam pembuangan racun penyebab radang pada jaringan yang cedera.
 - Basofil memiliki ciri-ciri sebagai berikut.
 - o Memiliki granula besar berwarna keunguan hingga hitam.
 - o Memiliki diameter 12-15 μm .
 - o Nukleus berbentuk seperti huruf S.
 - o Berjumlah kurang dari 1% dari jumlah leukosit.
 - o Mengandung histamin dan heparin. **Histamin** adalah senyawa yang dikeluarkan oleh *mast cell* dan basofil sebagai reaksi terhadap antigen,

senyawa kimia, dan kerusakan jaringan. Fungsi histamin adalah meningkatkan aliran darah ke jaringan yang cedera. **Heparin** adalah senyawa antikoagulan yang membantu mencegah penggumpalan darah di dalam pembuluh darah.

- o Dapat membunuh parasit besar, seperti cacing.

2.) **Agranulosit** adalah leukosit yang tidak memiliki granula-granula di dalam sitoplasmanya. Agranulosit dibagi menjadi dua macam, yaitu monosit dan limfosit.

- Monosit memiliki ciri-ciri sebagai berikut.
 - o Merupakan sel darah yang berukuran paling besar.
 - o Memiliki diameter 12-18 μm .
 - o Memiliki nukleus besar dengan bentuk seperti telur atau ginjal.
 - o Sitoplasmanya berwarna biru keabuan pucat.
 - o Berjumlah 3%-8% dari jumlah leukosit.
 - o Berfungsi sebagai fagosit yang sangat aktif dan dapat bermigrasi keluar dari pembuluh darah menjadi histiosit (makrofag) yang berumur panjang di dalam jaringan.
- Limfosit memiliki ciri-ciri sebagai berikut.
 - o Sebagian besar ditemukan di dalam jaringan limfa, berumur hingga beberapa tahun.
 - o Memiliki diameter 5-15 μm .
 - o Memiliki nukleus bulat berwarna biru gelap.
 - o Memiliki fungsi dalam reaksi imunologis (kekebalan tubuh).
 - o Ada dua macam limfosit, yaitu limfosit B dan limfosit T.
 - ✓ Limfosit B berfungsi memproduksi antibodi untuk merespons antigen tertentu.
 - ✓ Limfosit T tidak memproduksi antibodi. Limfosit T berfungsi mengenali dan melakukan interaksi dengan antigen melalui protein reseptor yang ada di permukaan selnya. Limfosit T memproduksi senyawa limfokin untuk membantu limfosit B dalam merespons antigen, membunuh sel-sel asing, dan mengatur respons imun.

4. Trombosit

a. Ciri-Ciri Trombosit

Trombosit memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

- 1.) Berasal dari megakariosit yang sangat besar di dalam sumsum tulang.
- 2.) Bentuknya tidak teratur.
- 3.) Tidak memiliki nukleus.
- 4.) Memiliki diameter 2 – 4 μm .
- 5.) Berjumlah 150.000 – 400.000 butir sel/ mm^3 darah.
- 6.) Mudah pecah jika tersentuh benda kasar.
- 7.) Sitoplasmanya terbungkus oleh membran plasma dan mengandung berbagai jenis granula yang berperan dalam proses pembekuan darah.
- 8.) Trombosit berumur 5-9 hari di dalam darah. Jika sudah tua, trombosit akan diambil oleh makrofag di hati dan limpa saat melewati organ tersebut.

b. Fungsi Trombosit

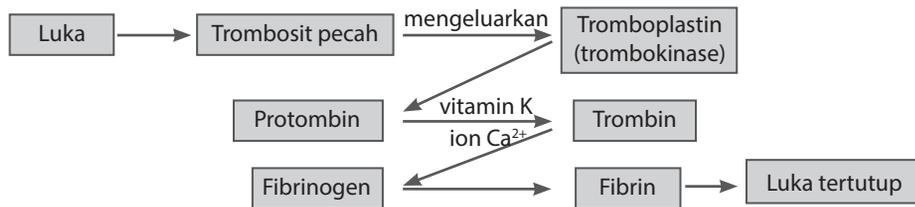
Trombosit berperan dalam hemostasis (penghentian pendarahan), memperbaiki pembuluh darah yang robek, dan berperan dalam proses pembekuan darah. Jika terdapat pembuluh darah yang terpotong, sisi yang rusak dari pembuluh darah akan melepaskan serotonin dan prostaglandin. Kedua senyawa tersebut berfungsi mendorong konstiksi (pengerutan) dari otot polos pembuluh darah untuk mengurangi kehilangan darah.

B. Mekanisme Pembekuan Darah

Mekanisme pembekuan darah adalah sebagai berikut.

1. Jika terjadi luka dan darah keluar, trombosit akan pecah karena bersentuhan dengan permukaan luka yang kasar.
2. Trombosit yang pecah akan mengeluarkan tromboplastin (trombokinase).
3. Tromboplastin bersama-sama dengan ion Ca^{2+} dan vitamin K akan mengubah protrombin menjadi trombin.
4. Trombin akan mengubah fibrinogen menjadi fibrin yang akan menghalangi keluarnya sel-sel darah.
5. Dalam waktu sekitar 5 menit, akan terjadi proses pembekuan darah dan luka akan tertutup.

Berikut ini adalah bagan proses pembekuan darah.



Gambar 1. Proses pembekuan darah

● SUPER "Solusi Quipper" ●

Untuk mempermudah mengingat proses pembekuan darah, gunakan cara berikut.

LUNA PECAHIN TERMOS PLASTIK PROTES TROMPET FEBRI DAN FIBI

Luka – pecah trombosit – tromboplastin – protrombin – trombin – fibrinogen - fibrin

Proses pembekuan darah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu sebagai berikut.

1. **Protrombin** adalah senyawa globulin yang larut dalam plasma darah. Protrombin dibuat di dalam hati dengan bantuan vitamin K. Protrombin akan diubah menjadi trombin.
2. **Fibrinogen** adalah protein plasma yang disintesis di dalam hati dan akan diubah menjadi fibrin.
3. **Ion kalsium** merupakan ion anorganik yang diperlukan pada seluruh tahap pembekuan darah.
4. **Vitamin K** adalah vitamin yang diabsorpsi dari usus dan merupakan vitamin yang sangat penting dalam sintesis protrombin di hati.
5. **Tromboplastin (trombokinase)** adalah enzim yang disintesis di dalam hati dan membutuhkan vitamin K dalam kerjanya. Enzim ini merupakan faktor antihemofilia (FAH).

C. Golongan Darah

Golongan darah adalah pengklasifikasian darah dari suatu individu berdasarkan ada atau tidaknya zat antigen warisan pada permukaan membran eritrosit. Ada atau tidaknya zat antigen ini disebabkan karena terdapat perbedaan jenis karbohidrat dan protein pada permukaan membran eritrosit tersebut.

1. Aglutinogen dan Aglutinin

Golongan darah manusia dibedakan berdasarkan komposisi aglutinogen dan aglutininnya.

- a. **Aglutinogen** atau **antigen** adalah suatu senyawa berupa protein, polisakarida, atau molekul lainnya yang terdapat pada permukaan eritrosit. Aglutinogen dapat merangsang tubuh untuk menghasilkan antibodi dalam plasma darah. Aglutinogen disebut zat spesifik golongan karena digunakan untuk menentukan golongan darah. Contoh aglutinogen adalah aglutinogen A yang menentukan golongan darah A atau aglutinogen B yang menentukan golongan darah B.
- b. **Aglutinin** atau **antibodi** adalah substansi yang menyebabkan aglutinasi sel (penggumpalan sel) jika bereaksi dengan aglutinogen yang tidak sesuai. Contoh aglutinin adalah aglutinin α (anti-A) dan aglutinin β (anti-B).

2. Macam-Macam Sistem Golongan Darah

Berdasarkan aglutinogennya, sistem golongan darah dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu golongan darah sistem ABO, golongan darah sistem rhesus, dan golongan darah sistem MN.

- a. Golongan darah sistem ABO

Golongan darah sistem ABO ditemukan oleh **Karl Landsteiner** dan **Julius Donath** pada tahun 1930. Dasar penggolongan darah sistem ABO adalah ada tidaknya aglutinogen tipe A dan B pada permukaan eritrosit, serta ada tidaknya aglutinin tipe α dan β di dalam plasma darahnya. Menurut sistem ABO, terdapat empat macam golongan darah, yaitu golongan darah A, golongan darah B, golongan darah AB, dan golongan darah O.

- 1.) **Golongan darah A** adalah golongan darah yang memiliki aglutinogen A dan aglutinin β (anti-B).
- 2.) **Golongan darah B** adalah golongan darah yang memiliki aglutinogen B dan aglutinin α (anti-A).
- 3.) **Golongan darah AB** adalah golongan darah yang memiliki aglutinogen A dan B, tetapi plasma darahnya tidak mengandung aglutinin α (anti-A) maupun β (anti-B).
- 4.) **Golongan darah O** adalah golongan darah yang tidak memiliki aglutinogen A dan B, tetapi plasma darahnya mengandung aglutinin α (anti-A) maupun β (anti-B).

Berikut ini adalah tabel untuk golongan darah sistem ABO.

Tabel 1. Golongan darah sistem ABO

Jenis Golongan Darah	Jenis Aglutinogen	Jenis Aglutinin
A	A	β (anti-B)
B	B	α (anti-A)
AB	A dan B	-
O	-	α (anti-A) dan β (anti-B)

b. Golongan darah sistem rhesus

Golongan darah sistem rhesus ditemukan oleh **Karl Landsteiner** dan **Wiener** pada tahun 1940 setelah melakukan riset dengan menggunakan darah kera rhesus (*Macaca mulatta*). Dasar penggolongan darah sistem rhesus adalah ada tidaknya aglutinogen RhD pada permukaan eritrosit. RhD berperan dalam reaksi imunitas tubuh. Menurut sistem rhesus, terdapat dua macam golongan darah, yaitu golongan darah Rh⁺ (rhesus positif) dan golongan darah Rh⁻ (rhesus negatif).

- 1.) **Golongan darah Rh⁺ (rhesus positif)** adalah golongan darah yang memiliki aglutinogen RhD.
- 2.) **Golongan darah Rh⁻ (rhesus negatif)** adalah golongan darah yang tidak memiliki aglutinogen RhD. Individu yang bergolongan darah Rh⁻ tidak memiliki aglutinin anti-RhD, tetapi aglutinin tersebut akan diproduksi ketika bertemu dengan darah Rh⁺.

Berikut ini adalah tabel untuk golongan darah sistem rhesus.

Tabel 2. Golongan darah sistem rhesus

Jenis Golongan Darah	Aglutinogen
Rh ⁺ (rhesus positif)	RhD
Rh ⁻ (rhesus negatif)	-

c. Golongan darah sistem MN

Golongan darah sistem MN ditemukan oleh Karl Landsteiner dan **P. Levine** pada tahun 1976 setelah melakukan riset menggunakan darah kelinci. Dasar penggolongan darah sistem MN adalah adanya perbedaan salah satu jenis antigen glikoprotein. Antigen glikoprotein ini terdapat pada membran sel darah merah yang disebut **glikoforin**

A. Glikoforin A yang ditransfusikan dari satu golongan darah ke golongan darah lainnya, tidak akan menimbulkan gangguan. Namun, jika antigen tersebut disuntikkan pada tubuh kelinci, serum kelinci akan membentuk zat antinya. Jika serum kelinci yang mengandung zat anti tersebut disuntikkan pada manusia, akan berpotensi menimbulkan gangguan. Menurut sistem MN, terdapat tiga macam golongan darah, yaitu golongan darah M, golongan darah N, dan golongan darah MN.

- 1.) **Golongan darah M** adalah golongan darah yang memiliki glikoforin M. Adanya glikoforin M ditentukan oleh gen L^M (L singkatan dari Landsteiner).
- 2.) **Golongan darah N** adalah golongan darah yang memiliki glikoforin N. Adanya glikoforin N ditentukan oleh gen L^N .
- 3.) **Golongan darah MN** adalah golongan darah yang memiliki glikoforin M dan N. Adanya kedua jenis glikoforin tersebut juga ditentukan oleh gen L^M dan L^N .

Adanya antigen M dan N bukan karena antigen tersebut berada di dalam darah, tetapi karena keberadaan gen L^M dan L^N . Oleh sebab itu, golongan darah sistem MN tidak membawa pengaruh dalam proses transfusi darah.

Berikut ini adalah tabel golongan darah sistem MN.

Tabel 3. Golongan darah sistem MN

Jenis Golongan Darah	Jenis Glikoforin Membran
M	Glikoforin M
N	Glikoforin N
MN	Glikoforin M dan N

Hasil studi genetik menunjukkan bahwa pewarisan antigen M dan N akibat perkawinan di antara kedua orangtua terhadap tipe antigen anak adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Pewarisan antigen M dan N pada anak

Antigen Orang Tua	Antigen Anak	Antigen yang Tidak Mungkin pada Anak
M >< M	M	N, MN
N >< N	N	M, MN
M >< N	MN	M, N

Antigen Orang Tua	Antigen Anak	Antigen yang Tidak Mungkin pada Anak
M >< MN	M, MN	N
N >< MN	N, MN	M
MN >< MN	M, N, MN	-

D. Uji Golongan Darah

Uji golongan darah dapat dilakukan dengan menggunakan serum, baik untuk sistem ABO, rhesus, maupun MN.

1. Uji Golongan Darah Sistem ABO

Uji golongan darah sistem ABO dapat dilakukan dengan menggunakan serum anti-A, anti-B, dan anti-AB. Analisis golongan darah dilakukan berdasarkan ada tidaknya aglutinasi atau penggumpalan terhadap serum-serum tersebut. Berikut ini adalah tabel hasil uji golongan darah sistem ABO.

Tabel 5. Hasil uji golongan darah sistem ABO

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

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

Golongan darah sistem ABO sangat berpengaruh pada proses transfusi darah. Oleh karena itu, jika akan melakukan transfusi darah, perlu dikenali dahulu jenis aglutinogen dan aglutinin dari pendonor dan penerima darah (resipien). Sebagai contoh, seseorang yang bergolongan darah A dan memiliki aglutinogen A tidak dapat mendonorkan darahnya kepada seseorang yang bergolongan darah B. Hal ini dikarenakan di dalam golongan darah B terkandung aglutinin α (anti-A) yang akan bereaksi dengan aglutinogen dari pendonor. Berikut ini adalah tabel kecocokan golongan darah sistem ABO dalam proses transfusi darah.

Tabel 6. Skema transfusi darah

Golongan Darah Pendoror	Golongan Darah Resipien			
	A (A, β)	B (B, α)	AB (A + B, -)	O (-, $\alpha + \beta$)
A	-	+	-	+
B	+	-	-	+
AB	+	+	-	+
O	-	-	-	-

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

Dalam perkawinan, golongan darah sistem ABO tidak menimbulkan gangguan seperti pada proses transfusi darah. Kemungkinan-kemungkinan tipe golongan darah anak hasil perkawinan berdasarkan sistem ABO dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Tipe golongan darah anak hasil perkawinan (sistem ABO)

Antigen Orang Tua	Antigen Anak	Antigen yang Tidak Mungkin pada Anak
A >< A	A, O	B, AB
A >< O	A, O	B, AB
A >< B	A, B, AB, O	-
A >< AB	A, B, AB	O
B >< B	B, O	A, AB
B >< O	B, O	A, AB
B >< AB	A, B, AB	O
O >< O	O	A, B, AB
O >< AB	A, B	O, AB
AB >< AB	A, B, AB	O

2. Uji Golongan Darah Sistem Rhesus

Uji golongan darah sistem rhesus dapat dilakukan dengan menggunakan serum anti-D (anti-Rho). Analisis golongan darah dilakukan berdasarkan ada tidaknya aglutinasi atau penggumpalan terhadap serum tersebut. Berikut ini adalah tabel hasil uji golongan darah sistem rhesus.

Tabel 8. Hasil uji golongan darah sistem rhesus

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

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

Golongan darah sistem rhesus berpengaruh pada proses transfusi darah jika seseorang yang memiliki golongan darah Rh⁻ menerima darah dari seseorang yang memiliki golongan darah Rh⁺. Transfusi tersebut pada awalnya tidak menimbulkan gangguan. Akan tetapi, pada transfusi berikutnya akan terjadi hemolisis karena darah resipien akan membentuk anti-D.

Dalam perkawinan, pasangan suami istri hendaknya memperhatikan faktor rhesus masing-masing. Jika seorang istri memiliki golongan darah Rh⁺, sedangkan suaminya bergolongan darah Rh⁻, perbedaan ini tidak akan menimbulkan masalah pada keturunannya. Namun, jika suami bergolongan darah Rh⁺ dan istrinya Rh⁻, sedangkan janin yang dikandungnya adalah Rh⁺ (sama dengan ayahnya), selama kehamilan anak pertama, dalam tubuh ibu akan terbentuk anti-D. Anak pertama tidak akan terganggu dengan anti-D ibunya. Akan tetapi, pada kehamilan anak kedua, jika golongan darah janin Rh⁺, anti-D ibu akan menyerang janin tersebut. Hal ini dapat menyebabkan kematian janin di dalam rahim atau bayi yang lahir akan menderita **eritroblastosis fetalis**. Tanda-tanda eritroblastosis fetalis adalah terjadinya pembengkakan hati dan limpa, anemia, penyakit kuning (*jaundice*), dan gagal jantung.

Untuk mencegah terjadinya eritroblastosis, dapat dilakukan injeksi anti-D imunoglobulin atau RhoGam pada setiap kehamilan. Dengan demikian, janin akan terlindung dari serangan antibodi ibu. Kemungkinan-kemungkinan tipe golongan darah anak hasil perkawinan berdasarkan sistem rhesus dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 9. Tipe golongan darah anak hasil perkawinan (sistem rhesus)

Tipe Rhesus			Injeksi RhoGam pada Ibu
Ayah	Ibu	Anak	
Rh ⁺	Rh ⁺	Rh ⁺ atau Rh ⁻	Tidak diperlukan
Rh ⁻	Rh ⁻	Rh ⁻	Tidak diperlukan
Rh ⁻	Rh ⁺	Rh ⁺ atau Rh ⁻	Tidak diperlukan
Rh ⁺	Rh ⁻	Rh ⁺ atau Rh ⁻	Diperlukan

3. Uji Golongan Darah Sistem MN

Uji golongan darah sistem MN dapat dilakukan dengan menggunakan serum anti-M dan anti-N. Analisis golongan darah dilakukan berdasarkan ada tidaknya aglutinasi atau penggumpalan terhadap serum tersebut. Berikut ini adalah tabel hasil uji golongan darah sistem MN.

Tabel 10. Hasil uji golongan darah sistem MN

Golongan Darah	Jenis Serum	
	Anti-M	Anti-N
M	+	-
N	-	+
MN	+	+

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

E. Transfusi Darah

Transfusi darah adalah proses mentransfer atau memindahkan darah atau produk berbasis darah dari seseorang ke sistem peredaran darah orang lain. Tujuan dari transfusi darah adalah untuk menyelamatkan jiwa seseorang karena mengalami kondisi medis tertentu, misalnya kehilangan banyak darah karena kecelakaan, anemia berat, operasi, atau trombositopenia (berkurangnya trombosit) karena penyakit darah, gangguan pembekuan darah, atau kelainan eritrosit sejak lahir (*sicklemlia*).

Dewasa ini, proses transfusi darah tidak lagi menggunakan darah secara keseluruhan, melainkan hanya komponen darahnya saja. Sebelum proses transfusi, terlebih dahulu harus dilakukan tes darah terhadap pasien untuk mengetahui golongan darahnya. Dengan begitu, resiko berupa reaksi akibat transfusi darah dapat dikurangi.

Donor adalah orang yang memberikan darahnya kepada orang lain yang membutuhkan, sedangkan **resipien** adalah orang yang mendapatkan transfusi darah dari orang lain. Pada saat melakukan proses transfusi darah, penting untuk memperhatikan aglutinogen dan aglutinin dari darah donor dan resipien. Plasma darah donor yang mengandung aglutinin akan diencerkan oleh plasma darah resipien, sehingga tidak terjadi aglutinasi (penggumpalan). Akan tetapi, aglutinogen donor sangat penting untuk diperhatikan dalam proses transfusi. Jika golongan darah donor tidak sesuai dengan golongan darah resipien, aglutinogen dalam darah donor akan digumpalkan oleh aglutinin dalam plasma darah resipien. Akibatnya, akan terjadi penyumbatan pada pembuluh-pembuluh darah kecil yang diikuti oleh peristiwa hemolisis (pecahnya eritrosit).

Hemoglobin dari eritrosit yang pecah akan terbawa oleh aliran darah dan mengendap di tubulus ginjal, sehingga ginjal menjadi tidak berfungsi.

Golongan darah yang dapat ditransfusikan ke beberapa golongan darah lainnya disebut **donor universal**, yaitu golongan darah O. Sementara itu, golongan darah yang dapat menerima transfusi darah dari golongan darah lainnya disebut **resipien universal**, yaitu golongan darah AB. Golongan darah O mudah didonorkan, karena tidak memiliki aglutinogen A maupun B, sehingga tidak menimbulkan reaksi dengan aglutinin resipien. Sebaliknya, golongan darah AB mudah menerima donor darah, karena tidak memiliki aglutinin α maupun β di dalam plasma darahnya. Hal yang sama juga berlaku untuk golongan darah sistem rhesus. Jika darah Rh⁺ didonorkan kepada darah Rh⁻, tubuh resipien akan segera membentuk anti-RhD. Pada awalnya, transfusi tidak membahayakan. Akan tetapi, pada transfusi berikutnya, akan terjadi hemolisis pada eritrosit donor karena anti-RhD dalam darah resipien sudah banyak terbentuk.

Pada setiap transfusi darah, darah yang dipakai rata-rata antara 300-1000 cc. Darah yang diambil dari donor dimasukkan ke dalam botol steril dan diberi larutan natrium sitrat 2,5% untuk mencegah penggumpalan. Setelah itu, darah disimpan pada tempat yang memiliki suhu di bawah 0°C.

F. Jantung

1. Pengertian Jantung

Jantung merupakan organ berongga berbentuk seperti kerucut tumpul dengan ujung bawahnya agak miring ke sebelah kiri. Organ ini terletak di dalam rongga dada di antara kedua paru-paru dan di atas diafragma. Jantung berukuran kurang lebih sama dengan kepalan tangan masing-masing pemiliknya, dengan berat mencapai 220-260 gram pada orang dewasa.

2. Fungsi Jantung

Sebagai organ utama penyusun sistem peredaran darah, jantung berfungsi sebagai alat pemompa darah ke seluruh tubuh.

3. Struktur Jantung

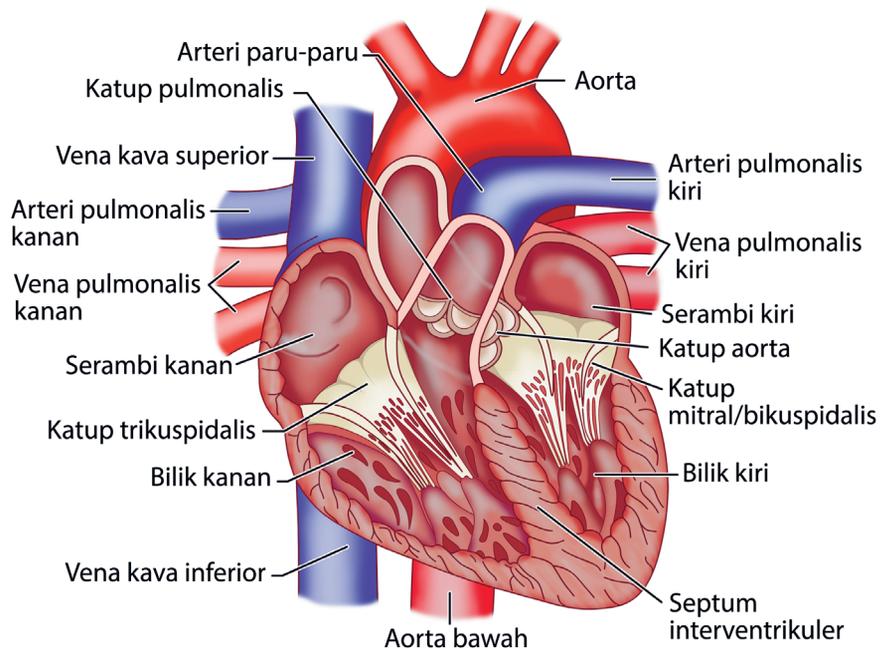
- a. Bagian terluar jantung dibungkus oleh membran perikardium. **Perikardium** merupakan kantong yang terdiri atas lapisan ganda yang dapat membesar dan mengecil. Perikardium mengandung cairan perikardial, serta melekat pada diafragma, sternum, dan pleura (lapisan pembungkus paru-paru).

- b. Dinding jantung terdiri atas tiga lapisan, yaitu sebagai berikut.
- 1.) **Epikardium** adalah lapisan terluar yang menutupi seluruh permukaan jantung. Epikardium terdiri atas lapisan sel-sel mesotelium yang berada di atas jaringan ikat.
 - 2.) **Miokardium** adalah lapisan tengah yang terdiri atas jaringan otot jantung. Adanya lapisan ini menyebabkan jantung mampu memompa darah. Ketebalan miokardium pada setiap ruang jantung berbeda-beda.
 - 3.) **Endokardium** adalah lapisan paling dalam yang tersusun dari lapisan endotelium. Endokardium melapisi jantung, katup, dan berhubungan dengan lapisan endotelium pembuluh darah yang masuk dan meninggalkan jantung.
- c. Jantung memiliki empat ruangan, yaitu serambi (atrium) kanan dan kiri, serta bilik (ventrikel) kanan dan kiri.
- 1.) Serambi
 - Dinding serambi relatif tipis. Antara serambi kanan dan kiri dipisahkan oleh sekat yang disebut **septum interatrial**. Pada janin, sekat ini masih berlubang yang disebut **foramen ovale**.
 - Fungsi serambi adalah menerima darah yang masuk ke jantung melalui vena. Serambi kanan menerima darah dari seluruh tubuh, kecuali paru-paru. Sementara itu, serambi kiri menerima darah dari paru-paru.
 - 2.) Bilik
 - Dinding bilik lebih tebal daripada dinding serambi. Antara bilik kanan dan kiri dipisahkan oleh sekat yang disebut **septum interventrikuler**. Dinding bilik kiri lebih tebal tiga kali lipat daripada dinding bilik kanan.
 - Fungsi bilik adalah memompa darah keluar dari jantung. Bilik kanan memompa darah ke paru-paru melalui pembuluh darah arteri pulmonalis. Sementara itu, bilik kiri memompa darah ke seluruh tubuh melalui pembuluh aorta.
- d. Pada jantung terdapat tiga macam katup, yaitu valvula bikuspidalis, valvula trikuspidalis, dan valvula semilunaris.
- 1.) **Valvula bikuspidalis** adalah katup yang terletak di antara serambi kiri dan bilik kiri. Katup ini berfungsi mencegah darah yang masuk ke bilik kiri kembali lagi ke serambi kiri selama sistol.
 - 2.) **Valvula trikuspidalis** adalah katup yang terletak di antara serambi kanan dan bilik kanan. Katup ini berfungsi mencegah darah yang masuk ke bilik kanan kembali lagi ke serambi kanan selama sistol.
 - 3.) **Valvula semilunaris** adalah katup yang terletak di pangkal aorta dan arteri

pulmonalis. Katup ini berfungsi mencegah darah dari aorta dan arteri pulmonalis kembali ke bilik selama diastol.

- e. Pada jantung, terdapat **serat Purkinje**, yaitu sel-sel otot jantung khusus yang berperan dalam sistem penghantar rangsangan. Serat Purkinje terletak di bawah endokardium.
- f. Pada sekat antara serambi kanan dan kiri jantung, terdapat simpul saraf tak sadar. Simpul saraf ini bercabang-cabang ke otot serambi jantung dan keluar sebagai suatu berkas yang disebut **berkas His**. Berkas His menuju sekat di antara kedua bilik dan akhirnya bercabang-cabang ke seluruh bilik.

Berikut ini adalah gambar struktur jantung.



Gambar 2. Struktur jantung

4. Cara Kerja Jantung

- a. Kerja jantung diatur oleh sistem saraf tak sadar (otonom), yaitu saraf simpatetik dan saraf parasimpatetik. Saraf simpatetik berfungsi mempercepat denyut jantung, sedangkan saraf parasimpatetik berfungsi memperlambat denyut jantung.
- b. Jantung memiliki **sifat otoritmisitas**, yaitu mampu berkontraksi secara ritmis karena adanya potensial aksi yang dihasilkannya sendiri. Bagian-bagian jantung yang dapat melakukan otoritmisitas antara lain adalah sebagai berikut.
 - 1.) **Serat purkinje** adalah serat-serat halus terminal yang menjulur dari berkas

- His dan menyebar ke seluruh miokardium ventrikel. Serat Purkinje memiliki potensial aksi 20 – 40 denyut per menit.
- 2.) **Berkas His** adalah sel-sel khusus yang berasal dari nodus atrioventrikuler (nodus AV) dan masuk ke septum interventrikuler. Berkas His bercabang menjadi dua, yaitu berkas kanan dan kiri yang turun menyusuri septum dan melengkung mengelilingi ujung rongga bilik. Berkas His memiliki potensial aksi 20 – 40 denyut per menit.
 - 3.) **Nodus sinuatrialis (nodus SA)** adalah daerah kecil di dinding serambi kanan dekat dengan vena kava superior. Nodus SA disebut juga pemacu normal, dengan potensial aksi sebesar 70 – 80 denyut per menit.
 - 4.) **Nodus atrioventrikuler (nodus AV)** adalah berkas kecil sel-sel otot jantung khusus yang terletak di dasar serambi kanan dekat septum, yaitu tepat di atas pertemuan antara bilik dan serambi. Potensial aksi yang dimiliki oleh nodus AV adalah 40 – 60 denyut per menit.
- c. Pada manusia normal, umumnya jantung berkontraksi 72 kali per menit dan memompa darah sebanyak 60 cm³.
- d. **Siklus jantung** adalah periode dari suatu akhir kontraksi ke akhir kontraksi berikutnya. Siklus jantung terdiri atas dua periode, yaitu periode relaksasi dan periode kontraksi.
- 1.) **Periode relaksasi** atau **periode diastol** adalah keadaan saat serambi jantung menguncup dan bilik jantung mengembang. Pada saat diastol, otot bilik berelaksasi maksimum sehingga ruang bilik mengembang maksimum.
 - 2.) **Periode kontraksi** atau **periode sistol** adalah keadaan saat serambi jantung mengembang dan bilik jantung menguncup. Pada periode sistol, darah di dalam bilik dipompa keluar dari jantung, yaitu ke paru-paru dan seluruh tubuh.
- e. Ada dua macam tekanan darah, yaitu tekanan sistol dan tekanan diastol. Tekanan darah ini dapat diukur menggunakan tensimeter atau sphygmomanometer.
- 1.) **Tekanan sistol** adalah tekanan darah yang diukur saat darah keluar dari jantung. Besarnya tekanan sistol pada orang dewasa yang sehat adalah 120 mmHg.
 - 2.) **Tekanan diastol** adalah tekanan darah yang diukur saat darah masuk ke jantung. Besarnya tekanan diastol pada orang dewasa yang sehat adalah 80 mmHg.
- Tekanan sistol dan diastol pada orang dewasa yang sehat biasanya ditulis sebagai 120/80 (sistol/diastol).