



| Heri Setiadi, M.Si.

Pengayaan Materi IPA SD

SISTEM PEREDARAN DARAH



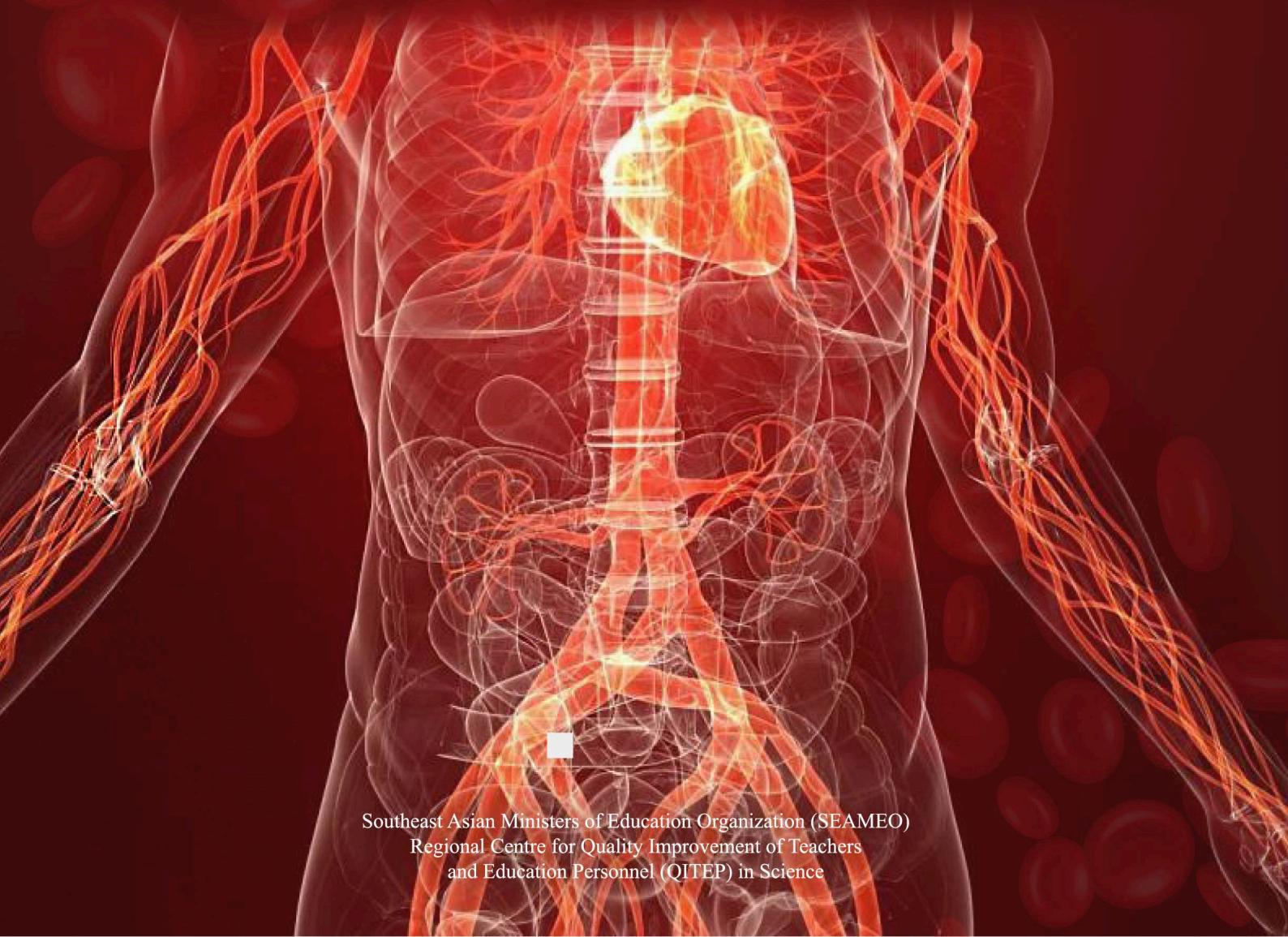
Southeast Asian Ministers of Education Organization (SEAMEO)
Regional Centre for Quality Improvement of Teachers
and Education Personnel (QITEP) in Science



| Heri Setiadi, M.Si.

Pengayaan Materi IPA SD

SISTEM PEREDARAN DARAH



Southeast Asian Ministers of Education Organization (SEAMEO)
Regional Centre for Quality Improvement of Teachers
and Education Personnel (QITEP) in Science

SISTEM PEREDARAN DARAH

Pengayaan Materi IPA SD



Southeast Asian Ministers of Education Organization (SEAMEO)
Regional Centre for Quality Improvement of Teachers and Education Personnel (QITEP)
in Science

SISTEM PEREDARAN DARAH

Pengayaan Materi IPA SD

Penanggung Jawab

Dr Indrawati

Penulis

Heri Setiadi, M.Si.

Penelaah

Prof. Dr. Nuryani Rustaman, M.Pd.

Penyunting

Zuhe Safitra, M.Pd.

Perancang Grafis

Octo Litadiputra Reinaldi, S.Sn.

Penata Letak

Nursidik

Penerbit

SEAMEO QITEP in Science

Tahun Cetak

2020

Hak Cipta©2020

Southeast Asian Ministers of Education Organization (SEAMEO)

Regional Centre for Quality Improvement of Teachers and

Education Personnel (QITEP) in Science

KATA SAMBUTAN

SEAMEO Regional Center for QITEP in Science sebagai salah satu center SEAMEO yang diberi mandat meningkatkan kompetensi pendidikan dan tenaga kependidikan di bidang Sains, telah menunjukkan kiprahnya untuk melaksanakan mandatnya melalui berbagai kegiatan peningkatan kapasitas pendidik dan tenaga kependidikan. Salah satu kegiatan yang dilaksanakan adalah pelatihan pendidik .

Di dalam melaksanakan kegiatan pelatihan tidak terlepas dari komponen-komponen pendukung, salah satu komponen yang harus diperhatikan adalah materi pelatihan. Bagaimana agar peserta pelatihan dapat menguasai materi pelatihan baik dari aspek pengetahuan , keterampilan, dan sikap yang diharapkan dalam suatu pelatihan, bergantung pada bagaimana materi pelatihan dikemas dan dikembangkan.

Pengemasan materi pelatihan dalam bentuk modul-modul, merupakan salah satu upaya yang baik yang dilakukan oleh Center, untuk itu saya menyambut baik dan memberikan apresiasi terhadap upaya-upaya peningkatan untuk memenuhi agar sistem pelatihan terlaksana dengan baik. Semoga modul-modul yang dikembangkan dapat digunakan sebagai media transformasi pengetahuan, keterampilan, dan sikap kepada peserta untuk mencapai standar kompetensi guru, baik standar kompetensi profesional terkait penguasaan materi pelajaran maupun kompetensi pedagogi yang terkait bagaimana membelajarkan peserta didik, serta kompetensi lainnya yaitu bagaimana guru harus melaksanakan penilaian.

Semoga modul-modul ini bermanfaat bagi guru-guru Sains.

Bandung, Juni 2020

Dr Gatot Hari Priowirianto
Koordinator SEAMEO Centres Indonesia,



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas tersusunnya modul-modul Pengayaan Materi IPA bagi Guru Sekolah Dasar (SD). Modul-modul Pengayaan Materi IPA bagi Guru SD ini disusun sebagai bahan belajar yang dapat digunakan baik secara mandiri maupun sebagai bahan ajar dalam kegiatan pelatihan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Science Standard yang digunakan secara universal oleh setiap negara dalam mengembangkan kurikulum IPA.

Pada tahun 2020 ini SEAMEO QITEP in Science telah mengembangkan lima modul Pengayaan Materi IPA bagi Guru SD dengan judul-judul sebagai berikut.

1. Perubahan Materi
2. Sistem Peredaran Darah
3. Struktur Fungsi dan Metabolisme Tubuh Tumbuhan
4. Listrik di Sekitarku
5. Cahaya: Jangan Takut akan Gelap
6. Energi dan Perubahannya: Bersahabat dengan Energi

Modul-modul tersebut telah ditelaah dan direvisi oleh tim internal dan eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih mengharapkan para penelaah dan pengguna lainnya untuk selalu memberikan masukan untuk penyempurnaan isi modul sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terkini.

Besar harapan kami bahwa Modul Pengayaan Materi IPA bagi Guru SD ini dapat digunakan sebagai bahan ajar dan alternatif sumber bacaan bagi guru-guru yang mengajar IPA dalam menyusun rencana pembelajaran IPA berbasis inkuiri dengan pendekatan keterampilan proses IPA yang mendukung keterampilan abad 21.

Dengan tersusunnya modul ini, kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada tim penyusun, para dosen dari Universitas Pendidikan Indonesia dan Universitas Negeri Lampung yang telah membantu dalam proses penelaahan, serta para guru yang telah terlibat dalam proses uji keterbacaan modul-modul tersebut di sekolah.

Meskipun proses pengembangan modul-modul ini sudah dilakukan melalui tahapan telaahan pakar dan uji keterbacaan oleh guru, namun bila masih ditemukan kekurangan dan kelemahan, kami mohon Bapak/Ibu pengguna dapat memberikan masukan melalui email secretariat@qitepinscience.org untuk penyempurnaan lebih lanjut modul yang telah dikembangkan di atas sehingga dihasilkan bahan ajar yang memadai.

Bandung, Juni 2020
Direktur SEAMEO QITEP in Science,

Dr Indrawati, M.Pd
NIP 196112021986032001



Kata Sambutan

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	2
BAB III KEGIATAN BELAJAR	4
A. Kegiatan Belajar 1: Gambaran Umum Sistem Peredaran Darah, Darah dan Komponennya.	4
1. Pengantar	4
2. Tujuan	4
3. Bahan, Alat, dan Sumber Belajar	5
4. Langkah Kegiatan	5
5. Bahan Bacaan	6
6. Aktivitas Pembelajaran	21
7. Tugas	23
8. Refleksi	24
B. Kegiatan belajar 2: Peredaran Darah Manusia	26
1. Pengantar	26
2. Tujuan	26
3. Bahan, Alat, dan Sumber Belajar	27
4. Langkah Kegiatan	27
5. Bahan Bacaan	28
6. Aktivitas Pembelajaran	38
7. Tugas	41
8. Refleksi	41
BAB IV EVALUASI	42
BAB V PENUTUP	50
DAFTAR PUSTAKA	50
GLOSARIUM	52
LAMPIRAN	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Kegiatan Belajar - 1	2
Gambar 3.1	Langkah-langkah pembelajaran kegiatan Belajar-1	5
Gambar 3.2	Perbandingan Sistem Sirkulasi Tertutup (A) dan Terbuka (B) pada hewan	7
Gambar 3.3	Sirkulasi Pada Pisces	8
Gambar 3.4	Proses Pembentukan Sel darah (Hematopoiesis) pada tubuh manusia	11
Gambar 3.5	Proses Penisahan Komponen Darah melalui Sentrifugasi	11
Gambar 3.6	Komponen Darah Manusia	12
Gambar 3.7	Bentuk Eritrosit dan Struktur hemoglobin	13
Gambar 3.8	Mekanisme pengangkutan oksigen dan karbon dioksida	14
Gambar 3.9	Bentuk dan macam-macam sel darah putih (leukosit)	15
Gambar 3.10	Diagram Proses Pembekuan Darah	16
Gambar 3.11	Karl Landsteiner (1868-1943), tokoh penemu penggolongan darah	17
Gambar 3.12	Struktur Antigen yang membedakan golongan darah A, B, AB, dan O pada sistem ABO.	17
Gambar 3.13	Diagram Hasil Pengujian Golongan Darah dengan penambahan serum anti-A dan anti-B.	18
Gambar 3.14	Diagram Transfusi Darah	19
Gambar 3.15	Langkah-langkah pembelajaran kegiatan Belajar-2	20
Gambar 3.16	Penampang Melintang Anatomi Jantung Manusia	28
Gambar 3.17	Kegiatan Pengukuran Tekanan Darah	29
Gambar 3.18	Keadaan Jantung saat berkontraksi (sistol, darah keluar jantung) dan berelaksasi (diastole, darah masuk ke jantung)	30
Gambar 3.19	Perbandingan struktur pembuluh Darah (Arteri, vena, dan kapiler)	31
Gambar 3.20	Perbandingan Struktur Pembuluh Darah Arteri, Arteriola, Kapiler, Venula, dan Vena	32
Gambar 3.21	Diagram sistem peredaran darah pulmonalis dan system peredaran darah sistemik	33
Gambar 3.22	Peredaran darah pada janin	34
Gambar 3.23	Gambar Darah Penderita Anemia	35
Gambar 3.24	Gambar Darah Penderita Anemia Bulan Sabit (Sicklemia)	35
Gambar 3.25	Perbandingan arteri normal dan penderita Atherosclerosis	37
Gambar 3.26	Angioplasti pada kasus penyumbatan pembuluh darah arteri	37
Gambar 3.27	Pemasangan Pacemaker pada jantung	38



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Perbandingan sistem sirkulasi beberapa hewan	7
Tabel 3.2	Tabel Golongan Darah Tipe ABO	18
Tabel 3.3	Tabel Kecocokan Sel Darah Merah Pendonor dan Penerima	20
Tabel 3.4	Tabel Perbedaan pembuluh nadi dan pembuluh balik	32
Tabel 3.5	Hasil pengamatan denyut Jantung pada berbagai kondisi	40



BAB 1

PENDAHULUAN

Organisme multiseluler dengan sel-sel khusus yang terspesialisasi memiliki sistem transportasi untuk memindahkan berbagai molekul dari atau ke dalam sel serta antar jaringan satu ke jaringan yang lain pada waktu tertentu. Transport zat ini sangatlah penting untuk memastikan gas, nutrisi, zat sisa metabolisme, dan hormon dapat berpindah tempat dalam tubuh menuju organ yang tepat. Layaknya sebuah pompa yang berfungsi mengalirkan air melalui pipa, jantung akan memompa darah melewati pembuluh darah pada tubuh untuk menjalankan fungsi sistem transportasi atau yang dikenal sebagai sistem peredaran darah. Sistem peredaran darah memiliki peranan yang sangat vital dalam kelangsungan hidup manusia. Jantung merupakan organ utama yang memungkinkan darah bisa mengalirkan oksigen dan nutrisi ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah. Dapat dibayangkan apabila jantung kita berhenti memompa darah beberapa saat saja, maka proses fungsi organ yang lainnya juga secara langsung akan ikut terganggu. Ilustrasi berita di atas bisa memberikan gambaran bagi kita tentang pentingnya menjaga kesehatan organ peredaran darah, salah satunya adalah dengan cara menjaga pola hidup sehat dan pengaturan pola makan yang baik.

Modul ini adalah modul pengayaan konsep dasar IPA untuk Sekolah Dasar yang menjelaskan tentang Sistem Peredaran Darah. Dengan mempelajari modul ini diharapkan guru lebih terampil menerapkan konsep-konsep yang terdapat dalam modul ini dalam pembelajaran di kelas sesuai target Kompetensi Dasar (KD) pada kurikulum 2013. Modul ini bisa dijadikan sebagai salah satu alternatif sumber bahan ajar bagi guru jenjang Sekolah dasar untuk memahami topik sistem transportasi pada manusia. Dengan membaca dan memahami modul ini guru diharapkan memiliki pengetahuan dasar yang memadai untuk mengajarkan materi yang sama ke peserta didiknya yang disesuaikan dengan tujuan pembelajaran Biologi di sekolah masing-masing secara profesional.

Materi Sistem Peredaran Darah juga cukup dekat dengan kehidupan keseharian, sehingga bisa diaplikasikan secara langsung terutama kaitannya dengan upaya menjaga Kesehatan organ sistem peredaran darah. Dalam modul ini akan dijelaskan tentang gambaran umum mekanisme peredaran darah, darah dan komponennya, alat peredaran darah pada manusia, kelainan sistem peredaran darah, dan mengenal teknologi-teknologi dalam mengatasi kelainan sistem peredaran darah. Materi pada modul ini telah disesuaikan dengan kompetensi dasar yang tercantum dalam kurikulum 2013 untuk jenjang Sekolah Dasar kelas V Tema 4: Sehat itu Penting pada subtema 1 tentang ‘Peredaran Darahku Sehat’ untuk **KD 3.4**, yakni menjelaskan organ peredaran darah dan fungsinya pada hewan dan manusia serta cara memelihara kesehatan organ peredaran darah manusia dan **KD 4.4** Menyajikan karya tentang organ peredaran darah pada manusia.

Ruang lingkup materi pada Modul ini disusun dalam lima bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Petunjuk Penggunaan Modul, Kegiatan Belajar, Penilaian, dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup, dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran berisi pengantar, tujuan, uraian materi, aktivitas pembelajaran, tugas, dan refleksi. Modul ini juga dilengkapi dengan aktivitas praktikum sederhana yang dapat diaplikasikan untuk peserta didik jenjang Sekolah Dasar. Di akhir kegiatan belajar dilengkapi dengan penilaian yang komprehensif sebagai sarana latihan bagi guru jenjang Sekolah Dasar, yang akan bermanfaat untuk melatih persiapan diri menghadapi uji kompetensi dan persiapan melatih persiapan kompetisi IPA untuk peserta didik.



BAB 2

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Modul ini dirancang untuk dapat digunakan secara mandiri oleh guru untuk belajar materi Sistem Peredaran Darah pada Manusia. Langkah-langkah belajar secara umum adalah sebagai berikut.



Gambar 2.1 Alur Kegiatan Belajar

Deskripsi kegiatan belajar:

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan anda diberi kesempatan untuk mempelajari:

- latar belakang yang memuat gambaran materi.
- tujuan kegiatan pembelajaran.
- kompetensi atau indikator yang akan dicapai melalui modul.
- ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran.

2. Membaca Petunjuk Penggunaan Modul

Anda dapat mempelajari cara penggunaan modul dan alur kegiatan belajar yang dilakukan.

3. Kegiatan Belajar

Anda dapat mempelajari materi yang diuraikan secara singkat sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar. Pada kegiatan ini anda dapat melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul, baik bagian 1. Uraian Materi, 2. Praktik (apabila ada), ataupun 3. Penyusunan Soal Ujian dan aktivitas mengisi soal Latihan/lembar kerja. Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan, dan mengolah data sampai membuat Kesimpulan kegiatan.

4. Penilaian

Pada kegiatan ini Anda dapat merefleksi penguasaan materi sistem peredaran darah pada manusia setelah mengikuti seluruh kegiatan pembelajaran dengan mengisi soal pada bagian lembar penilaian. Anda dapat mencocokkan jawaban dengan kunci jawaban yang ada pada lampiran modul.

5. Refleksi

Setelah mempelajari modul dan mengisi lembar penilaian, Anda dapat mencocokkan jawaban dengan kunci jawaban pada lampiran modul dan melakukan refleksi pencapaian kegiatan belajar yang telah dilakukan.

Untuk membantu Anda dalam mempelajari modul ini, ada baiknya diperhatikan petunjuk berikut ini.

1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan modul agar Anda memahami secara menyeluruh tentang apa, untuk apa, dan bagaimana mempelajari modul ini.
2. Bacalah bagian demi bagian pada setiap Kegiatan Belajar.
3. Pahamilah isi modul ini secara mandiri atau bertukar pikiran dengan rekan guru lain atau dengan fasilitator Anda.
4. Lakukan aktivitas pembelajaran sesuai petunjuk kerja yang tersedia.
5. Kerjakan tugas yang tersedia pada setiap akhir kegiatan belajar dan refleksikan hasil belajar Anda dalam bentuk sesuai dengan instruksi pada kolom yang tersedia.
6. Jawablah soal-soal yang tersedia pada bagian penilaian untuk mengetahui apakah Anda sudah memahami dengan benar isi modul ini.

Mudah-mudahan Anda dapat memahami materi yang diuraikan dalam modul ini secara menyeluruh, sebab pemahaman tersebut akan menjadi bekal Anda dalam pelaksanaan proses pembelajaran yang bermakna bagi para siswa.





BAB 3

KEGIATAN BELAJAR

A. Kegiatan Belajar 1: Gambaran Umum Sistem Peredaran Darah, Darah, dan Komponennya

1. Pengantar

Tubuh manusia memiliki sistem peredaran darah yang berperan untuk mengalirkan nutrisi dan oksigen ke seluruh bagian tubuh. Namun, tidak hanya menyalurkan kedua zat tersebut, sebetulnya masih banyak lagi fungsi lain yang dimiliki oleh sistem peredaran darah manusia. Sistem peredaran dalam bahasa medis sering disebut dengan sistem kardiovaskular. Istilah ini secara etimologis muncul dari bahasa Latin, *Cardio* = jantung dan *vasculo* = pembuluh darah. Dari istilah sendiri sistem peredaran darah akan melibatkan secara langsung beberapa organ seperti jantung, paru-paru, dan pembuluh darah.

Materi pada Kegiatan Belajar 1 mencakup gambaran umum sistem sirkulasi dan komponen darah yang mengalir di dalamnya. Adapun ruang lingkup materi pada Kegiatan Belajar 1 adalah sebagai berikut.

- a. Gambaran umum sistem peredaran darah.
- b. Peranan penting sistem peredaran darah dalam.
- c. Peredaran darah tertutup dan peredaran darah tunggal.
- d. Darah dan komponennya.
- e. Proses Pembekuan darah.
- f. Sistem penggolongan darah.

2. Tujuan

2.1 Tujuan umum

Memahami Sistem Peredaran Darah Manusia meliputi struktur organ, fungsi organ, dan kelainan-kelainannya.

2.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus yang diharapkan tercapai setelah mempelajari paparan bagian Kegiatan Belajar 1 adalah:

- a. Menjelaskan sistem sirkulasi.
- b. Mendeskripsikan fungsi darah.
- c. Mengidentifikasi komponen darah.
- d. Membandingkan sistem golongan darah ABO dan Rhesus.



- e. Menganalisis proses pembekuan darah.
- f. Memahami faktor yang mempengaruhi proses pembekuan darah.

3. Bahan, Alat, dan Sumber Belajar

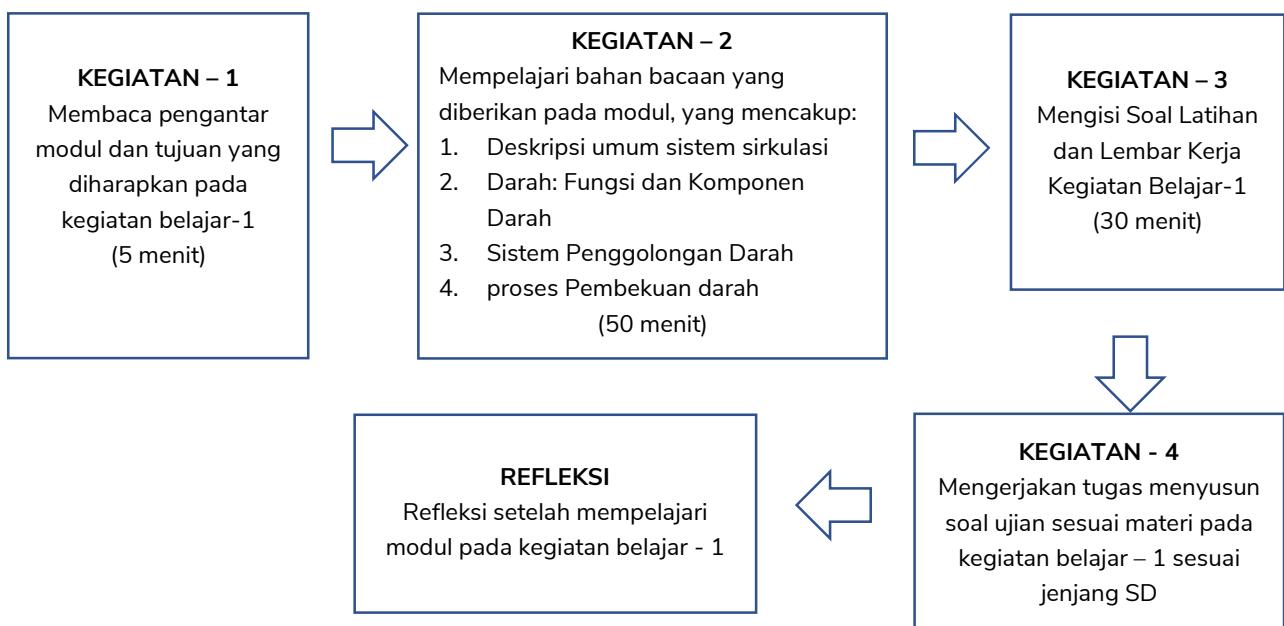
- a. Bahan : Modul
- b. Alat : Alat tulis
- c. Sumber belajar :

Sumber belajar yang dapat digunakan antara lain sebagai berikut.

No.	Judul
1.	Campbell, N.A., Reece, J.B., 2008. Biologi Edisi 8 Jilid 3. Alih bahasa Damaring Tyas Wulandari S.Si. Jakarta: Erlangga.
2.	Derrickson, B., and Tortora, G.J.(2009).Principles of ANATOMY &PHYSIOLOGY, 12 th Edition.River Street, Hoboken, USA: John Wiley & Sons, Inc.
3.	Goodenough, J. and McGuire, B.(2010). Biology of Humans Concepts, Applications, and Issues, 4 th edition, New York, USA: Benjamin Cummings.
4.	Martini, F.H., Timmons, M.J., and Tallitsch, R.B.(2009).Human Anatomy, 6 th Edition. New York,USA: Pearson Education, Inc.

4. Langkah Kegiatan

Langkah-langkah pembelajaran sesuai dengan topik pada pembelajaran 1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Langkah-langkah pembelajaran kegiatan belajar-1



5. Bahan Bacaan

a. Gambaran Umum Sistem Sirkulasi dalam Tubuh Organisme

Tubuh manusia memiliki tidak kurang dari lima liter darah yang mengalir tiada henti dalam pembuluh darah. Panjang pembuluh darah yang dimiliki orang dewasa rata-rata adalah 2 kali keliling bumi. Lalu bagaimana tubuh mengatur sistem yang sedemikian luas dan rumitnya? Semua pengaturan tersebut berhubungan dengan fungsi darah dan mekanisme transportasinya dalam tubuh manusia yang akan dibahas pada kegiatan belajar ini.

Pernahkan Anda menahan napasmu beberapa detik? Lalu apa yang Anda rasakan setelah menahan napas tersebut? Dada terasa sangat sesak bukan? Napas pun menjadi tersenggal-senggal karena tubuh kita tidak mendapatkan asupan oksigen yang cukup. Begitu istimewanya tubuh kita dalam mengatur kebutuhannya. Kekurangan oksigen sedikit saja tubuh langsung memberikan respon agar bisa cepat memulihkan asupan oksigen. Keberadaan oksigen dalam tubuh begitu penting dan hal ini diatur oleh sistem sirkulasi. Pengaturan kadar oksigen tubuh oleh sistem sirkulasi ini tidak terlepas dari peran pertukaran gas yang terjadi didalamnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem sirkulasi dalam pengaturan tubuh berfungsi untuk menyebarkan oksigen hasil pertukaran gas ke seluruh tubuh.

Adanya tekanan yang diberikan oleh cairan sistem sirkulasi yang mengalir pada tempatnya yang berbeda menjadikan sistem sirkulasi dapat terjadi **secara terbuka** atau **tertutup**. Dalam satu organisme, sistem sirkulasi hanya terjadi salah satu saja, tidak keduanya. Baik sistem sirkulasi terbuka maupun tertutup, keduanya memiliki pembuluh untuk mengalirkan cairannya. Sistem sirkulasi terbuka terjadi jika cairan sirkulasi berada diluar pembuluh. Apa maksudnya? Maksudnya adalah cairan sirkulasi pada sistem sirkulasi terbuka tidak selalu berada di dalam pembuluh. Pada sistem sirkulasi terbuka ini, cairan sirkulasi ada yang berada di sekeliling atau merendam organ-organ secara langsung. Mengapa demikian? Mari kita baca penjelasan selanjutnya.

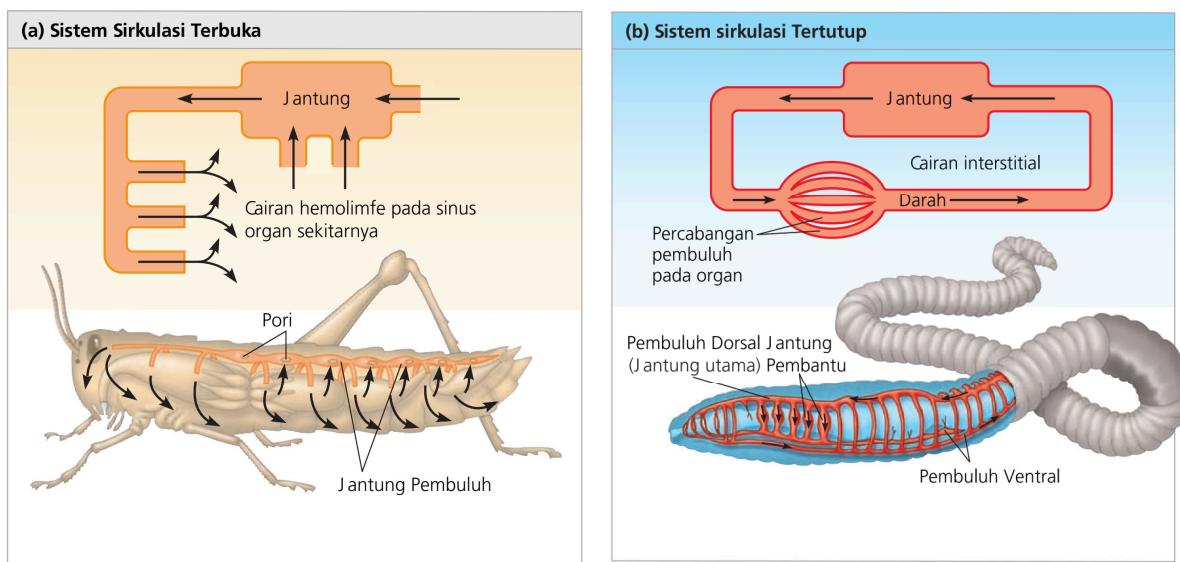
Cairan sirkulasi pada sistem sirkulasi terbuka bukan dalam bentuk darah. Cairan sirkulasi pada sistem sirkulasi terbuka disebut **hemolymph/hemolimfe**, yang juga merupakan cairan interstisial atau cairan yang berada di sekeliling sel. Jika cairan sirkulasi sama dengan cairan interstitial, dapat dipastikan bahwa cairan sirkulasi memang ada yang berada diluar pembuluh. Sehingga hal itulah yang dimaksudkan dengan cairan sirkulasi berada diluar pembuluh pada sistem sirkulasi terbuka. Sistem sirkulasi terbuka dimiliki oleh hewan-hewan dari filum Arthropoda (serangga, laba-laba, udang-udangan) dan sebagian besar hewan Moluska. Mekanisme sistem sirkulasi terbuka ini tetap menggunakan jantung sebagai alat pemompa hemolimfe ke seluruh tubuh. Kontraksi jantung memompa hemolimfe bergerak melalui pembuluh sirkulasi ke dalam sinus untuk kembali menuju jantung.

Berbeda dengan sistem sirkulasi terbuka, cairan sirkulasi pada sistem sirkulasi tertutup disebut darah dan tidak pernah keluar dari pembuluh. Sistem sirkulasi tertutup ini dimiliki oleh filum Annelida (cacing tanah), hewan kelas Cephalopoda (cumi-cumi dan gurita), dan semua Vertebrata. Oleh karena itu sirkulasi yang dimiliki manusia pun termasuk sistem sirkulasi tertutup. Pada sistem sirkulasi tertutup, cairan sirkulasi diedarkan melalui pembuluh besar yang bercabang-cabang menuju organ. Pertukaran gas pun terjadi antara pembuluh darah dengan cairan interstisial. Cairan sirkulasi pada sistem sirkulasi tertutup disebut darah yang berbeda dari cairan interstisial. Sama dengan sistem sirkulasi terbuka, keberadaan jantung menjadi alat pemompa cairan sirkulasi sehingga darah dapat mengalir dari jantung menuju paru-paru dan bagian tubuh lainnya. Agar lebih jelas terkait gambaran sistem sirkulasi terbuka dan tertutup bisa dilihat pada gambar.

Berdasarkan jumlah putaran darah yang melewati jantung, saat darah dua kali melewati jantung disebut dengan peredaran darah ganda, sementara jika melewatinya hanya satu kali disebut sebagai peredaran darah tunggal. Pada satu organisme jenis sistem sirkulasi tertutup hanya terjadi salah satunya, misalnya pada manusia, sistem sirkulasi yang digunakan disebut sistem sirkulasi tertutup



ganda. Gambar 3.2. berikut memperlihatkan perbandingan sistem sirkulasi tertutup dan terbuka pada hewan.



Gambar 3.2 Perbandingan Sistem Sirkulasi Terbuka (B) dan Tertutup (A) pada Hewan
(Sumber: Campbell et al., 2014)

Bagaimana dengan sistem sirkulasi pada hewan-hewan Vertebrata? Coba Anda lengkapi tabel dibawah ini dengan tepat untuk membandingkan sistem sirkulasi beberapa hewan, Anda bisa mencari informasi tambahan di internet atau buku pendamping lain!

Tabel 3.1 Perbandingan sistem sirkulasi beberapa hewan

Nama Hewan	Fillum	Sistem Sirkulasi
Ikan Mas		
Burung Merpati		
Katak		
Buaya		
Monyet		
Kadal		
Salamander		

*) Sistem sirkulasi bisa diisikan tertutup atau terbuka dan apakah tunggal atau ganda.

Apakah setiap individu dalam satu fillum memiliki sistem sirkulasi yang sama?

.....

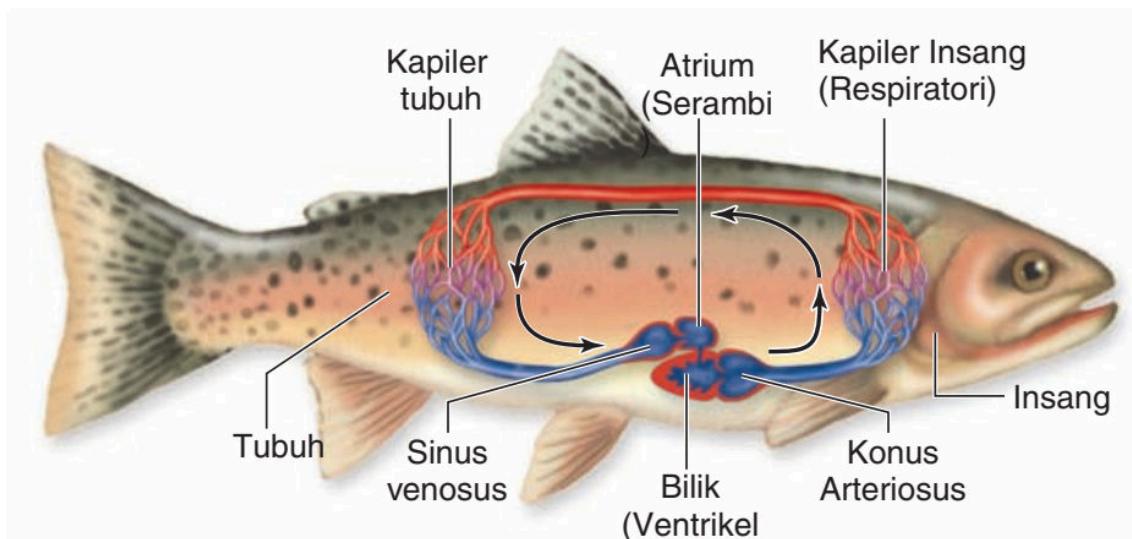
Apakah setiap individu yang berbeda fillum memiliki sistem sirkulasi yang berbeda pula?

.....

Sudah disebutkan sebelumnya bahwa sistem sirkulasi tertutup dibagi menjadi sistem sirkulasi tunggal dan ganda berdasarkan jumlah putaran darah saat melewati jantung. Darah yang melewati jantung dalam satu kali sirkulasi disebut **peredaran darah tunggal**. Pada sistem peredaran darah tunggal ini darah yang keluar dari jantung akan masuk ke organ tempat pertukaran gas lalu darah kaya O₂ disebar ke seluruh tubuh lalu kembali lagi ke jantung. Sehingga total darah yang memasuki jantung pada sistem



peredaran darah tunggal hanya beredar satu kali. Pada kelompok hewan Vertebrata, hanya kelas Pisces yang memiliki sistem peredaran darah tunggal. Meskipun kita sering mendengar bahwa ikan bernapas dengan insang namun tetap saja ikan juga memiliki jantung sebagai pemompa darahnya. Mari kita bahas sistem sirkulasi pada ikan sebagai salah satu model dari sistem peredaran darah tunggal. Darah yang miskin O₂ akan mengalir pada tubuh ikan menuju jantung. Darah yang keluar dari insang sudah tentu merupakan darah kaya O₂ yang siap disebarluaskan ke seluruh bagian tubuh ikan. Ketika darah sudah miskin O₂ karena sudah mengalami pertukaran gas di kapiler organ, darah pun akan kembali ke jantung. Darah yang keluar dari insang merupakan darah kaya O₂ karena di insang inilah terjadi pertukaran gas secara difusi melalui tumbukan air yang melewati insang secara tegak lurus (Counter Current). Insang yang memiliki struktur berupa lembaran tipis, kaya kapiler darah, dan berlipat-lipat menjadikan organ ini efektif sebagai tempat pertukaran gas. Untuk lebih memudahkanmu memahami penjelasan mengenai sistem sirkulasi tunggal, perhatikan gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3. Sirkulasi Pada Pisces

(Sumber: Raven et al., 2017)

Sekarang, mari kita lanjutkan pembahasan mengenai sistem peredaran darah ganda. Sistem peredaran ganda terjadi ketika pada sistem ini terdapat dua jenis sirkulasi, yaitu sirkulasi sistemik (peredaran darah besar) dan sirkulasi pulmonari (peredaran darah kecil). Meskipun keduanya sama-sama sirkulasi yang dilalui darah namun lintasannya berbeda. Meskipun memiliki kesamaan dalam jenis sistem peredaran darah tertutupnya, namun perbedaan tetap terjadi ke empat filum kelompok Vertebrata tersebut di antaranya perbedaan jumlah ruang jantung dan adaptasi pernapasannya. Bahasan ini akan kita pelajari lebih lanjut pada Kegiatan Belajar-2.

b. Darah: Karakteristik dan Fungsinya

Semua sel yang hidup memerlukan nutrisi, oksigen, dan substansi penting lainnya untuk bisa bertahan hidup dan melakukan berbagai aktivitas, termasuk aktivitas pengangkutan zat. Pada manusia pengangkutan zat ini dilakukan dengan bantuan darah dan cairan limfa. Jumlah darah dalam tubuh seseorang bervariasi, namun umumnya pada orang dewasa yang memiliki berat badan 70 kg memiliki darah sebanyak 5,5 liter. Banyaknya darah seseorang bergantung pada berat tubuh dan ukuran badannya. Setiap manusia membutuhkan darah untuk bertahan hidup. Pada dasarnya susunan ataupun jumlah komposisi darah dapat menentukan kesehatan seseorang. Oleh karena itu pemeriksaan darah merupakan salah satu bagian penting dalam mengukur kesehatan seseorang.

Cermatilah artikel berikut ini!

Anemia Aplastik

Mendengar kata anemia, tentu identik dengan penyakit kekurangan sel darah merah. Namun anemia aplastik adalah kondisi yang lebih jarang terjadi, yaitu saat tubuh berhenti memproduksi sel darah yang dibutuhkan. Konsekuensinya, penderitanya bisa merasa lesu dan berisiko terkena infeksi. Anemia aplastik bisa terjadi pada usia berapa pun. Penyakit ini dapat terjadi tiba-tiba, bisa juga berlangsung secara perlahan dan semakin memburuk dari waktu ke waktu. Lebih jauh lagi, anemia aplastik dapat menjadi sangat parah dan berakibat fatal.

Anemia aplastik terjadi ketika ada kerusakan pada sumsum tulang belakang sebagai penghasil sel darah. Konsekuensinya, produksi sel darah baru menjadi lebih lambat bahkan berhenti sepenuhnya. Di dalam sumsum tulang, ada sel punca atau stem cell yang memproduksi sel darah, baik itu sel darah merah, sel darah putih, serta platelet. Pada penderita anemia aplastik, sumsum tulangnya hanya mengandung sedikit sel darah (hipoplastik) atau bahkan kosong (aplastik).

Beberapa faktor yang memicu terjadinya anemia aplastik di antaranya: Radiasi dan kemoterapi dampak dari pengobatan yang diberikan bagi penderita kanker, Paparan bahan beracun seperti yang digunakan dalam pestisida dan insektisida, Pasien yang mengonsumsi obat tertentu seperti untuk mengatasi artritis dan antibiotic, pasien penderita gangguan sistem kekebalan tubuh, imun tubuhnya justru menyerang sel yang sehat. Ada juga beberapa jenis virus yang bisa menyebabkan anemia aplastik seperti hepatitis, Epstein-Barr, cytomegalovirus, parvovirus B19, dan juga HIV. Lagi-lagi, infeksi ini menyebabkan sumsum tulang tidak bisa menjalankan fungsinya dengan optimal. Ibu hamil juga berisiko mengalami anemia aplastik. Biasanya, hal ini berkaitan dengan masalah sistem kekebalan tubuh yang terganggu saat sedang hamil. Selain beberapa penyebab di atas, ada juga faktor yang masih belum diketahui mengapa seseorang menderita anemia aplastik. Hal ini disebut anemia aplastik idiopatik.

Bagi penderita anemia aplastik yang menjalani pengobatan, dokter akan melakukan dua hal yaitu meredakan gejala anemia aplastik serta memberi stimulus ke sumsum tulang untuk memproduksi sel darah baru. Tidak menutup kemungkinan penderita anemia aplastik menerima transfusi darah untuk memastikan kadar sel darahnya kembali normal. Selain itu, dokter dapat meresepkan antibiotik apabila penderita anemia aplastik mengalami infeksi. Hal ini bertujuan untuk membantu kinerja sel darah putih.

Sumber: <https://www.sehatq.com/artikel/ini-yang-membedakan-anemia-aplastik-dengan-anemia-biasa>
(diakses 4 Mei 2020, pukul 07.00)

Berdasarkan artikel tersebut, mengapa sel darah sangatlah penting untuk manusia?



Cuplikan artikel tersebut memberikan gambaran bagaimana pentingnya darah dalam tubuh manusia. Darah merupakan jaringan ikat khusus yang terdiri atas sel-sel darah, keping darah, dan matriks yang berbentuk cairan (plasma). Darah memiliki **karakteristik** sebagai berikut.

- (1) Darah lebih berat dan lebih kental daripada air, berbau khas, dan memiliki pH 7,35 – 7,45.
- (2) Warna darah bervariasi, karena memiliki pigmen khusus yang disebut haemoglobin (Hb), darah berwarna merah terang hingga merah tua kebiruan, bergantung pada kadar oksigen yang dibawa oleh sel darah merah.
- (3) Volume darah yang beredar didalam tubuh adalah 8% dari berat badan. Orang dewasa yang sehat memiliki darah sekitar 5 liter. Biasanya volume darah pada laki-laki lebih banyak dari wanita. Hal ini tergantung pada ukuran tubuh dan berbanding terbalik dengan jaringan lemak (adipose) di dalam tubuh.

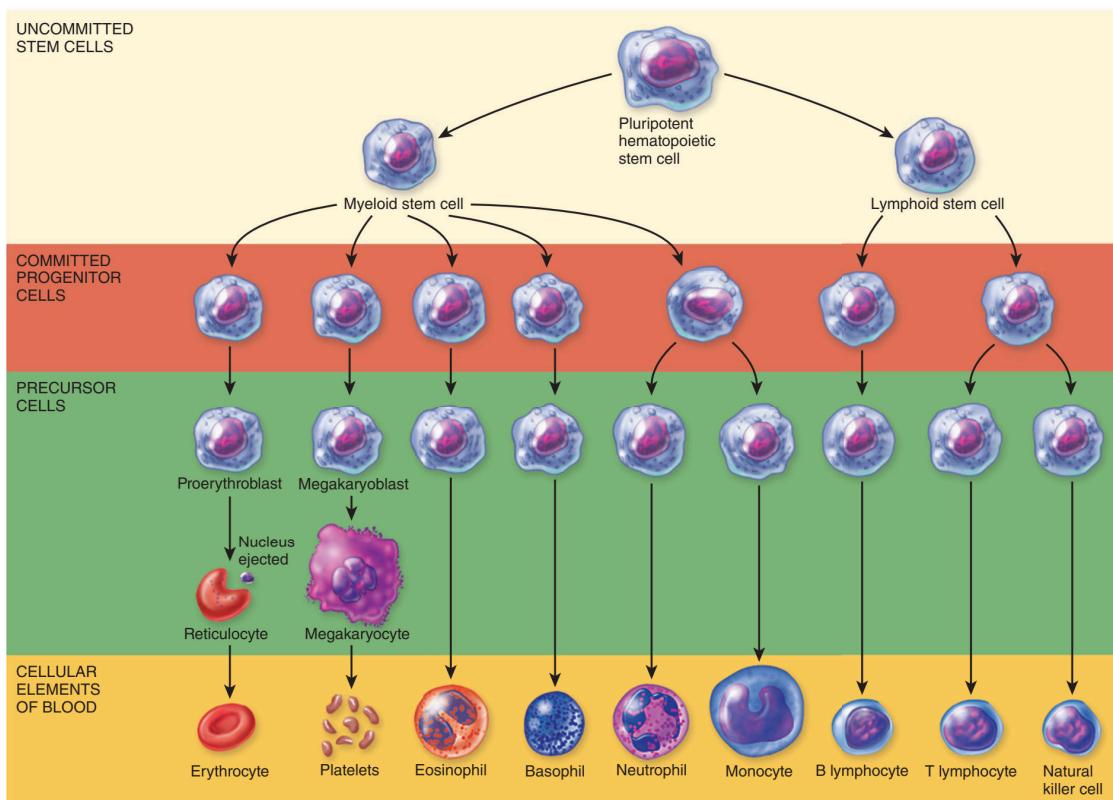
Darah merupakan jaringan yang terdiri dari bermacam-macam sel dan cairan. Darah memiliki banyak fungsi penting dalam setiap kegiatan yang dilakukan oleh tubuh manusia, **fungsi darah** diantaranya:

- (1) mengangkut gas pernapasan (oksigen dan karbondioksida), nutrisi, dan hormon.
- (2) Mengangkut sisa metabolisme dari sel tubuh untuk dikeluarkan dari tubuh yang dilakukan oleh plasma darah, karbon dioksida dikeluarkan melalui paru-paru, urea dikeluarkan melalui ginjal.
- (3) Mengatur derajat keasaman (pH) dan komposisi ion cairan interstisial atau cairan jaringan.
- (4) Untuk pertahanan diri dari serangan mikroorganisme (virus, bakteri, jamur, dll.) atau sebagai sistem imun, karena melawan senyawa toksik dan patogen di dalam tubuh.
- (5) Mempertahankan suhu tubuh.
- (6) Mencegah kehilangan cairan yang terjadi akibat luka, karena di dalam darah mengandung substansi yang berperan dalam pembekuan darah.
- (7) Mengatur keseimbangan antara darah dengan cairan interstisial.

Pada manusia, sel darah dibentuk di sumsum tulang merah terutama di tulang belakang, tulang dada, tulang rusuk, dan panggul. Saat bayi, sel darah merah dibentuk di hati dan sum-sum tulang merah. Menurut Derrickson (2017), sel darah berasal dari perkembangan lanjutan sel yang disebut **sel punca hematopoietik pluripoten**. Sel punca pluripoten kemudian berdiferensiasi menjadi dua jenis sel lain, yakni sel punca myeloid dan sel punca limfoid. Sel punca myeloid berkembang menjadi sel darah merah (eritrosit), keping darah (trombosit), dan empat jenis sel darah putih (leukosit), yakni: neutrofil, basofil, eosinofil, dan monosit/makrofag. Sementara sel punca limfoid berkembang menjadi dua jenis leukosit lain yang berfungsi dalam sistem kekebalan spesifik, yakni limfosit B dan limfosit T.

Istilah khusus untuk pembentukan secara spesifik masing-masing tipe sel darah adalah eritropoiesis/hematopoiesis untuk pembentukan sel darah merah, leukopoiesis untuk pembentukan sel darah putih, dan trombopoiesis untuk pembentukan keping darah/platelet. Pengaturan diferensiasi jaringan pembentuk sel darah di dalam sum-sum tulang menjadi sel darah dipicu oleh hormone regulator eritropoietin yang dihasilkan oleh ginjal sebagai respon dari kekurangan oksigen dan trombopoietin yang dihasilkan oleh sel megakariosit di sum-sum tulang merah. Gambar 3.4 berikut menunjukkan bagaimana sel punca bisa berdiferensiasi menjadi sel-sel darah pada tubuh manusia.





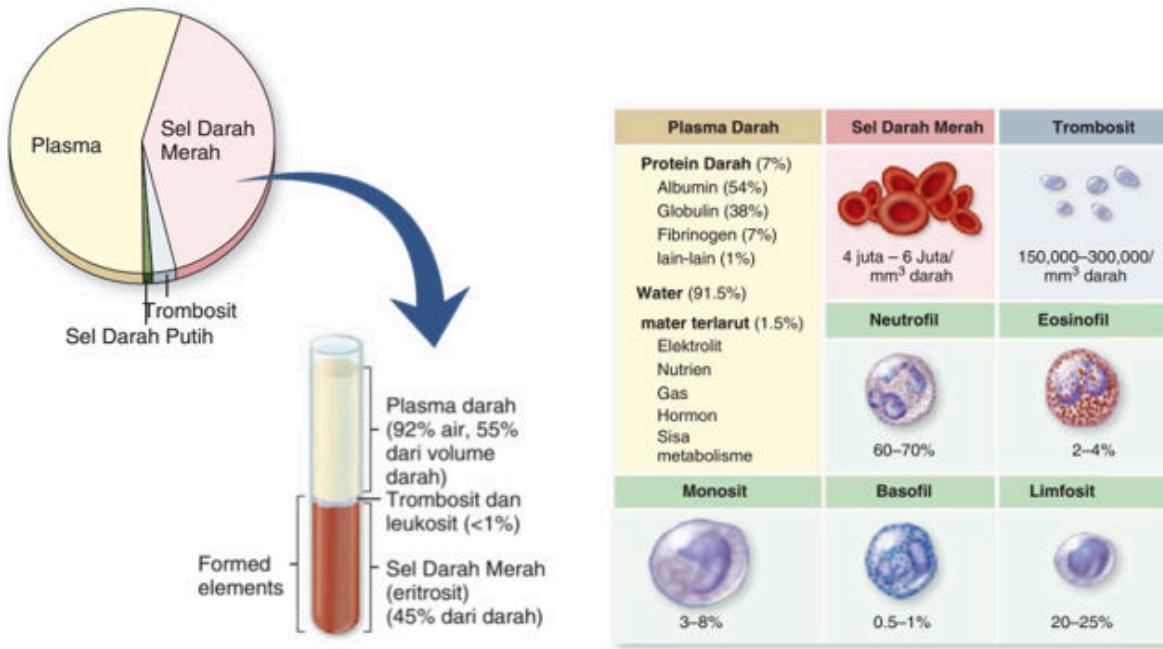
Gambar 3.4. Proses Pembentukan Sel darah (Hematopoiesis) pada tubuh manusia
(Sumber: Derrickson, 2017)

c. Komponen Penyusun Darah

Komponen penyusun darah, terdiri atas plasma darah, sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit). Komposisi plasma darah sekitar 55%, sedangkan sel-sel darah dan keping darah sekitar 45%. Sel darah dan keping darah lebih berat dibanding plasma darah, sehingga komponen tersebut dapat dipisahkan melalui teknik sentrifugasi (metode yang digunakan untuk mempercepat proses pengendapan partikel-partikel) seperti tampak pada gambar 3.5 dan 3.6.



Gambar Error! No text of specified style in document..5 Proses Pemisahan Komponen Darah melalui Sentrifugasi
(Sumber: Raven et al., 2017)



Gambar 3.6 Komponen Darah Manusia
(Sumber: Raven et al.,2017)

Perbandingan jumlah sel darah merah dengan volume darah keseluruhan yang dihitung dalam persentase disebut sebagai **hematokrit**. Contohnya jika kadar hematokrit Anda diketahui 40 persen, ini artinya ada 40 mililiter sel darah merah per 100 mililiter darah Anda. Rata-rata hematokrit normal pada wanita berkisar antara 38-46%, sementara pada laki-laki berkisar antara 40-54%. Keberadaan hormone testosterone pada pria dapat memicu produksi sel darah merah lebih banyak, ini yang menyebabkan hematokrit pada pria lebih tinggi.

(1) Plasma Darah

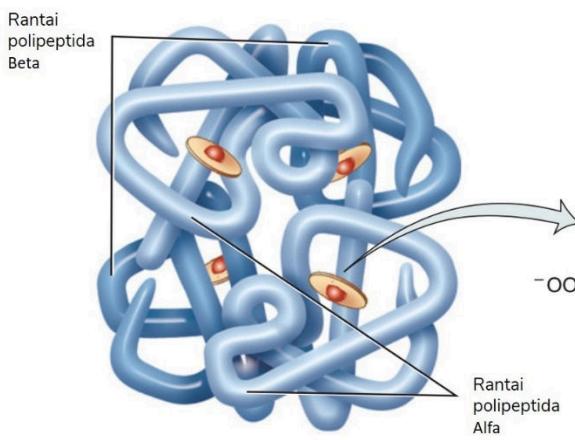
Plasma darah adalah cairan berwarna bening kekuningan, mengandung 92% air, 7% protein plasma, 1% bahan campuran kompleks organik, anorganik dan gas darah. Terdapat tiga jenis protein plasma yang utama, yaitu albumin, globulin, dan fibrinogen. Albumin dan globulin merupakan protein penyusun serum. Cairan serum tidak mengandung fibrinogen. Plasma darah juga mengandung serum lipoprotein, yaitu senyawa biokimiawi yang mengandung protein dan lemak. Serum lipoprotein dapat berbentuk enzim, antigen, dan toksin.

(2) Sel Darah Merah (eritrosit)

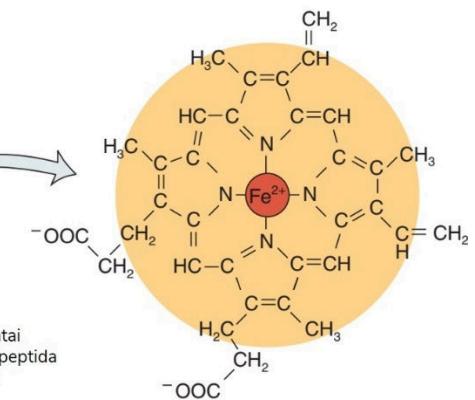
Sel darah merah memiliki bentuk seperti cakram dengan cekungan di bagian sentralnya (bikonka), berdiameter 6.2–8.2 μm , dan dibungkus oleh membran sel dengan permeabilitas yang tinggi. Membran sel darah merah juga bersifat elastik dan fleksibel, sehingga memungkinkan sel untuk menembus kapiler (pembuluh darah terkecil). Setiap eritrosit mengandung sekitar 300 juta molekul hemoglobin yang dapat mengikat oksigen. Struktur sel darah merah manusia dan struktur pigmen haemoglobin dapat dilihat pada Gambar 3.7.



(a) Bentuk Eritrosit



(b) Molekul Haemoglobin

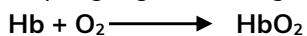


(c) Posisi ion Fe dalam Heme

Gambar Error! No text of specified style in document..7 (a) Bentuk Sel Darah Merah, (b) Struktur Molekul Haemoglobin, dan Posisi ion Besi (Fe^{2+}) dalam Haemoglobin (Derrickson, 2017)

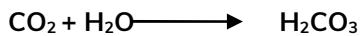
Sel darah merah (eritrosit) berfungsi untuk mengedarkan oksigen ke seluruh jaringan melalui pengikatan oksigen oleh hemoglobin. Hemoglobin mengikat oksigen sehingga menjadi **oksihemoglobin (HbO_2)**. Eritrosit juga berfungsi untuk membawa karbon dioksida ke paru-paru. Hemoglobin berikatan dengan karbon dioksida di bagian asam amino pada globin, sehingga disebut **karbaminohemoglobin (HbCO_2)**. Hanya 20% karbon dioksida dalam darah yang terikat pada karbaminohemoglobin, 80% sisanya berbentuk ion bikarbonat. Pembentukan ion bikarbonat dipengaruhi oleh **enzim karbonat anhidrase** yang terdapat di dalam eritrosit. Ion bikarbonat berdifusi keluar dari eritrosit menuju ke plasma (perhatikan Gambar 3.8).

[a] Reaksi pengangkutan oksigen oleh hemoglobin pada eritrosit:

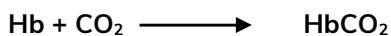


[b] Proses pengangkutan karbondioksida:

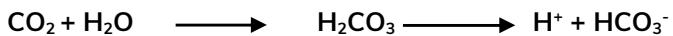
- 1) Karbon dioksida larut dalam plasma, dan membentuk asam karbonat (H_2CO_3) dengan enzim anhidrase, reaksi sebagai berikut.

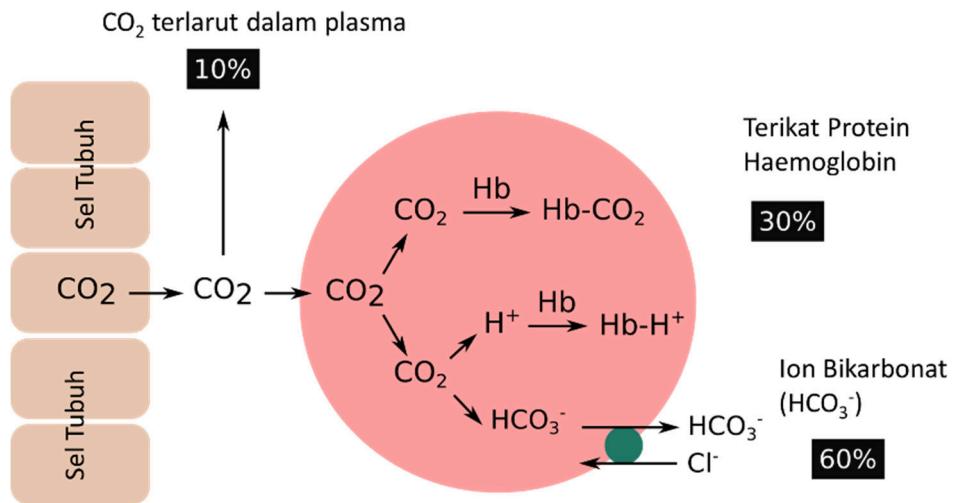


- 2) Karbondioksida terikat pada hemoglobin dalam bentuk karbomino hemoglobin (HbCO_2) dengan reaksi sebagai berikut.



- 3) Karbon dioksida terikat dalam gugus ion bikarbonat (HCO_3^-) dengan reaksi sebagai berikut.





Gambar Error! No text of specified style in document..8 Mekanisme pengangkutan oksigen dan karbon dioksida oleh sel darah merah

(Sumber: <https://www.quora.com/In-which-form-does-carbon-dioxide-move-out-of-the-blood>)

(3) Sel Darah Putih (Leukosit)

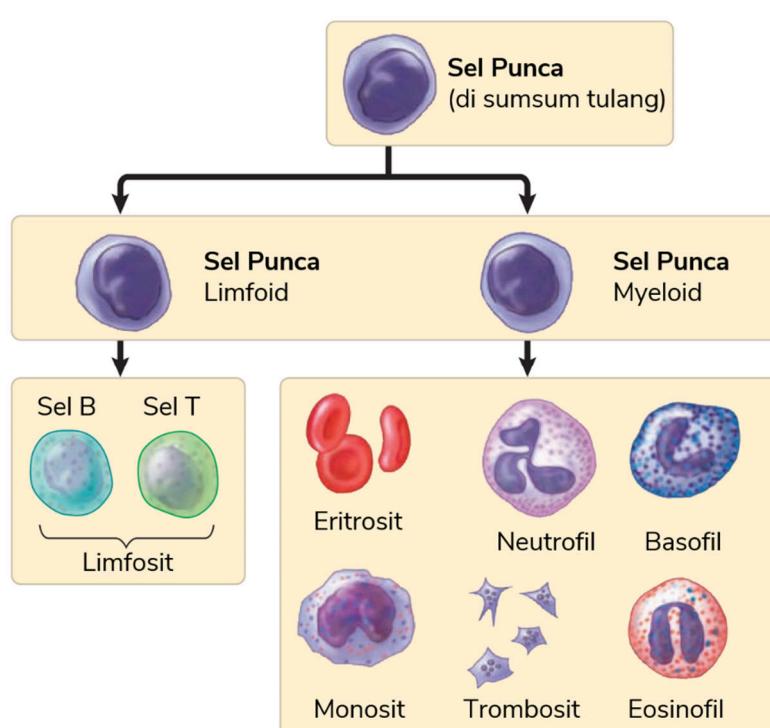
Sel darah putih disebut juga leukosit. Sel ini memiliki inti, tetapi tidak memiliki bentuk sel yang tetap dan tidak berwarna. Sel darah putih dalam setiap milimeter kubik darah lebih kurang berjumlah 6.000 - 8.000 sel/ml. Tempat pembentukan sel darah putih yakni pada sumsum merah tulang pipih, limpa, dan kelenjar getah bening. Semua sel darah putih memiliki masa hidup antara enam hingga delapan hari. Leukosit kemudian dapat dibedakan menjadi beberapa macam, yaitu: sel limfosit, sel Monosit, sel Neutrofil, sel Eosinofil, dan sel Basofil. Berdasarkan ada atau tidak adanya granula (butiran) pada sel nya, sel darah putih dikelompokkan menjadi sel darah putih bergranula (granulosit) dan tidak bergranula (agranulosit). Sel darah putih yang termasuk ke dalam kelompok sel bergranula adalah neutrofil, sel eosinofil, dan sel basofil. Sementara itu, sel yang termasuk ke dalam kelompok sel tidak bergranula adalah monosit dan limfosit.

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.9, sel darah putih umumnya berukuran lebih besar daripada sel darah merah, bentuk amoeboid (tidak beraturan), dan berinti sel bulat atau cekung. Jenis sel darah putih yang terbanyak ialah neutrofil, sekitar 60%. Neutrofil berfungsi menyerang dan mematikan bakteri penyebab penyakit yang masuk ke dalam tubuh, dengan cara menyelubunginya dan melepaskan suatu zat yang mematikan bakteri. Jumlah eosinofil dalam darah putih sekitar 5%. Eosinofil berfungsi menyerang bakteri, membuang sisa sel yang rusak, dan mengatur pelepasan zat kimia pada saat menyerang bakteri. Basofil di dalam darah putih berjumlah sekitar 1%. Basofil berfungsi mencegah penggumpalan di dalam pembuluh darah. Sel darah putih memiliki sifat fagosit, yaitu dapat mematikan kuman penyakit dengan cara "memakan" kuman tersebut. Jenis leukosit selanjutnya adalah eosinofil. Eosinofil merupakan salah satu jenis sel darah putih yang memiliki jumlah 7% yang ada di dalam sel darah putih dan juga meningkat jika berhubungan dengan asma, alergi, dan juga demam. Eosinofil merupakan salah satu kelompok granulosit yang mempunyai tugas untuk membunuh parasit dalam jangka waktu 8 sampai 12 hari.

Sel darah putih selanjutnya adalah sel limfosit dan monosit. Jumlah limfosit di dalam sel darah putih sekitar 20-30%. Limfosit bertugas membentuk antibodi, yaitu sejenis protein yang berfungsi memerangi kuman penyakit. Jumlah monosit di dalam darah putih sekitar 5-10%. Limfosit adalah sel darah putih yang penting untuk menjaga sistem kekebalan tubuh. Limfosit merupakan sel darah putih terbanyak kedua sesudah neutrofil. Limfosit terbentuk di dalam sumsum tulang dan juga limfa. Limfosit

memproduksi sekitar 1 kubik atau sekitar 8000 sel di dalam darah putih. Limfosit dibagi menjadi 6 yaitu limfosit B, sel T penolong, sel T sitotoksik, sel T memori, dan juga sel T supresor.

Sel darah putih berikutnya adalah monosit. Seperti halnya neutrofil, monosit berfungsi menyerang dan mematikan bakteri. Monosit adalah sel darah putih sifatnya paling rakus diantara sel darah putih yang lainnya. Sel leukosit ini jumlahnya ada sekitar 5 persen dari keseluruhan sel darah putih. Fungsi truk sampah monosit ini adalah berpindah ke jaringan-jaringan dalam tubuh sembari membersihkan sel-sel mati di dalamnya. Sel darah putih monosit berfungsi untuk menghancurkan sel-sel asing, mengangkat jaringan yang sudah mati, membunuh sel kanker, pembersih dari fagositosis yang dilakukan oleh neutrofil. Untuk menghancurkan kuman penyakit, sel darah putih dapat menembus dinding pembuluh darah. Kemampuan itu disebut diapedesis. Peningkatan jumlah sel darah putih yang tidak terkendali dapat mengakibatkan sel-sel darah putih memakan sel darah merah atau bersifat abnormal. Hal ini terjadi pada penderita kanker darah (leukemia).



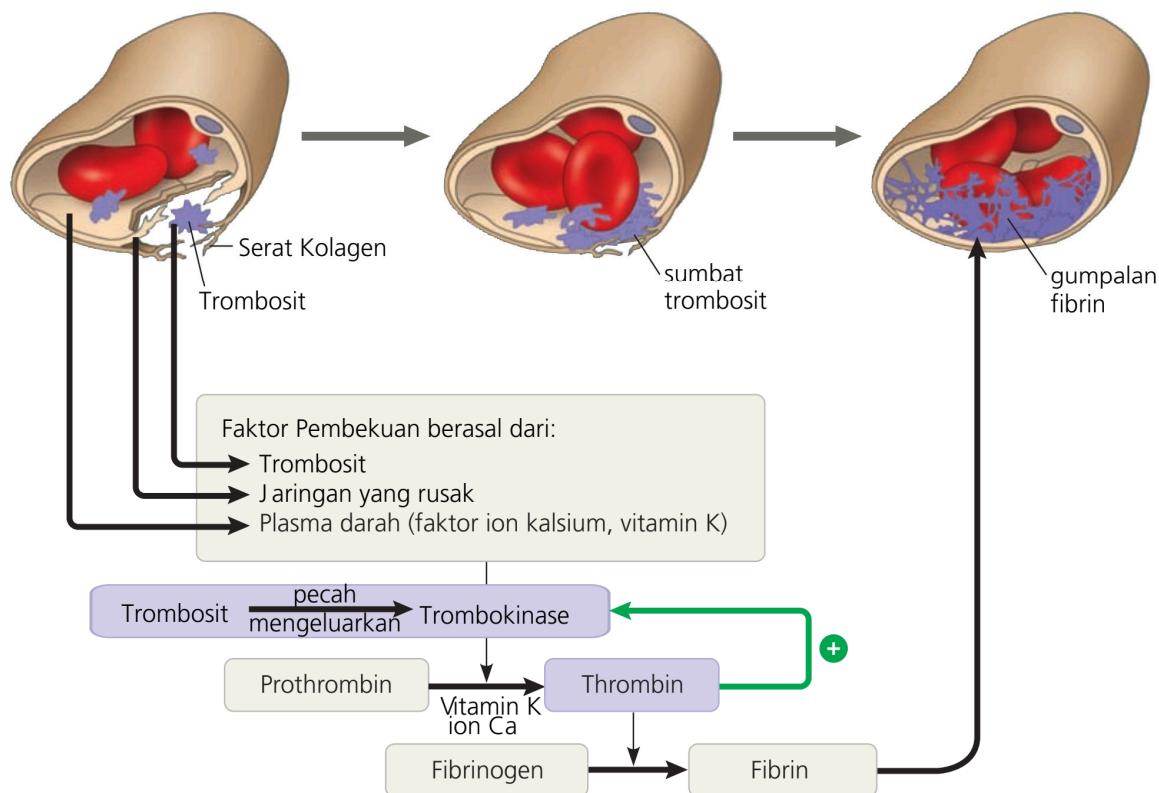
Gambar Error! No text of specified style in document..9 Bentuk dan macam-macam sel darah putih (leukosit)
(Sumber: Campbell et al., 2014)

(4) Keping Darah (Trombosit)

Keping-keping darah atau trombosit atau platelet memiliki bentuk yang tidak beraturan seperti pecahan keramik, tak berwana, dan tidak berinti. Pada kondisi normal jumlah keping darah dalam tubuh manusia lebih kurang 250.000 tiap milimeter kubik darah. Keping-keping darah ini berfungsi dalam proses pembekuan darah. Darah mengandung protein (trombin) yang larut dalam plasma darah yang mengubah fibrinogen menjadi fibrin atau benang-benang. Fibrin ini akan membentuk anyaman dan terisi keping darah, sehingga mengakibatkan penyumbatan dan akhirnya darah dapat membeku. Kulit terluka menyebabkan darah keluar dari pembuluh. Trombosit ikut keluar juga bersama darah kemudian menyentuh permukaan-permukaan kasar dan menyebabkan trombosit pecah. Trombosit akan mengeluarkan zat (enzim) yang disebut trombokinase.



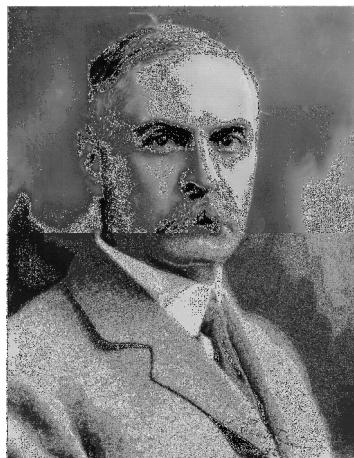
Trombokinase akan masuk ke dalam plasma darah dan akan mengubah protrombin menjadi enzim aktif yang disebut trombin. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh ion kalsium (Ca^{2+}) di dalam plasma darah. Protrombin merupakan senyawa protein yang larut dalam darah yang mengandung globulin, berupa enzim yang belum aktif yang dibentuk oleh hati. Pembentukannya dibantu oleh vitamin K. Trombin yang terbentuk akan mengubah fibrinogen menjadi benang-benang fibrin. Terbentuknya benang-benang fibrin menyebabkan luka akan tertutup sehingga darah tidak mengalir keluar lagi. Fibrinogen adalah sejenis protein yang larut dalam darah. Proses pembekuan darah yang lebih sederhana dapat dilihat pada gambar dan skema pada Gambar 3.10.



Gambar Error! No text of specified style in document.10 Diagram Proses Pembekuan Darah
(Sumber: Campbell et al., 2014)

d. Golongan Darah

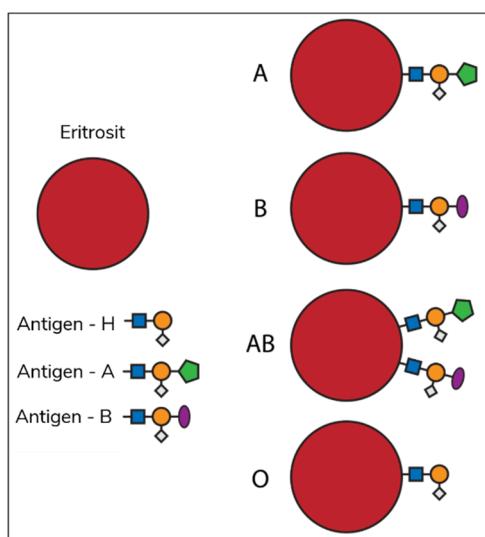
Golongan darah dikelompokan berdasarkan ada atau tidak adanya zat antigen warisan pada permukaan membran sel darah merah. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan jenis karbohidrat dan protein pada permukaan membran sel darah merah tersebut. Dua jenis penggolongan darah yang paling penting adalah penggolongan **sistem ABO** dan **sistem Rhesus (faktor Rh)** yang ditemukan oleh Ilmuwan asal Austria, **Karl Landsteiner (Gambar 3.11)**. Kedua sistem ini dapat sangat membantu jika Anda ingin melakukan transfusi darah.



Gambar 3.11. Karl Landsteiner (1868-1943), tokoh penemu penggolongan darah sistem ABO dan sistem Rhesus. (Sumber: <https://www.genetics.org/content/155/3/995>)

Penggolongan Darah Sistem ABO

Golongan darah seseorang ditentukan berdasarkan ada atau tidaknya zat antigen pada sel darah merah dan plasma darah. Antigen berfungsi seperti tanda pengenal sel tubuh Anda. Ini supaya tubuh bisa membedakan sel tubuh sendiri dari sel yang berasal dari luar tubuh. Antigen yang menjadi pembeda golongan darah terletak pada permukaan membran sel darah merah (Gambar 3.12). Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan jenis karbohidrat dan protein pada permukaan membran sel darah merah tersebut. Perbedaan jenis karbohidrat pada membran sel darah merah dapat diamati pada gambar berikut. Jika sel dengan antigen yang berlawanan masuk ke dalam tubuh, maka sistem kekebalan tubuh akan memulai perlawanannya terhadap sel yang dianggap asing tersebut dengan memproduksi antibodi atau aglutinin.

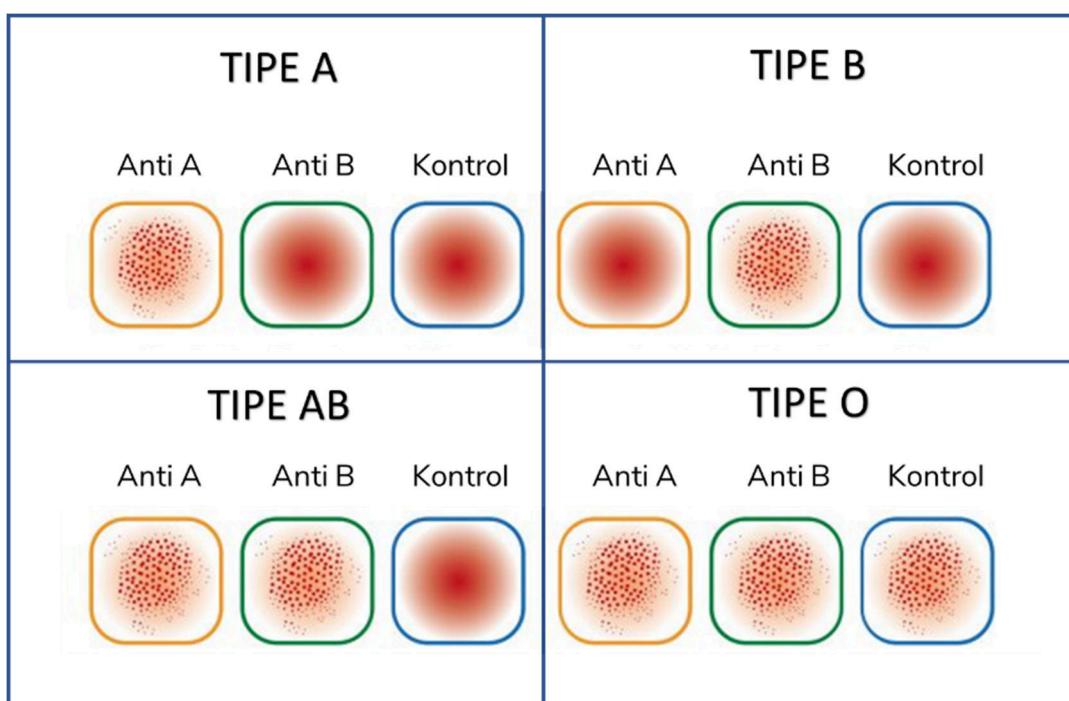


Gambar 3.12. Struktur Antigen yang membedakan golongan darah A, B, AB, dan O pada sistem ABO.
(Sumber: <http://www.thepipettepen.com/transforming-blood-transfusions/>)

Karl Landsteiner berhasil menemukan 3 dari 4 golongan darah (yang kemudian disebut sistem ABO) dengan cara memeriksa golongan darah beberapa teman sekerjanya. Percobaan sederhana itu dilakukan dengan mereaksikan sel darah merah dengan serum dari para donor. Hasil percobaan itu menghasilkan dua macam reaksi (menjadi dasar antigen A dan B, dikenal dengan golongan darah A dan B), dan satu macam tanpa reaksi (tidak memiliki antigen, dikenal dengan golongan darah O).

Kesimpulannya, ada dua macam antigen A dan B di dalam sel darah merah yang disebut golongan A dan B, atau sama sekali tidak ada reaksi yang disebut golongan O.

Kemudian, **Alfred Von Decastello** dan **Adriano Sturli**, kolega Landsteiner menemukan golongan darah AB. Pada golongan darah AB, kedua antigen A dan B ditemukan secara bersamaan pada sel darah merah, sedangkan pada serum tidak ditemukan antibodi. Saat ini secara mudah golongan darah dapat diketahui melalui pengujian golongan darah menggunakan serum anti-A (antibodi/agglutinin α/β). Diagram pada Gambar 3.13 dan Tabel 3.2 berikut menunjukkan hasil pengujian golongan darah. Hasil pengujian didasarkan pada reaksi antigen/agglutinogen dan antibodi yang sesuai. Jika keduanya bertemu maka akan terjadi reaksi penggumpalan/aglutinasi sehingga menunjukkan perubahan terdapatnya gumpalan-gumpalan kecil darah, sehingga terlihat berbintik-bintik secara visual.



Gambar 3.13. Diagram hasil pengujian golongan darah dengan penambahan serum anti-A dan anti-B.

Table Error! No text of specified style in document..2 Tabel Golongan Darah Tipe ABO

Golongan Darah	Aglutinogen/antigen dalam eritrosit	Aglutinin/antibodi dalam plasma darah
A	A	β (b)
B	B	α (a)
AB	A dan B	Tidak ada
O	Tidak ada	α (a) dan β (b)

Penggolongan darah Sistem Rhesus

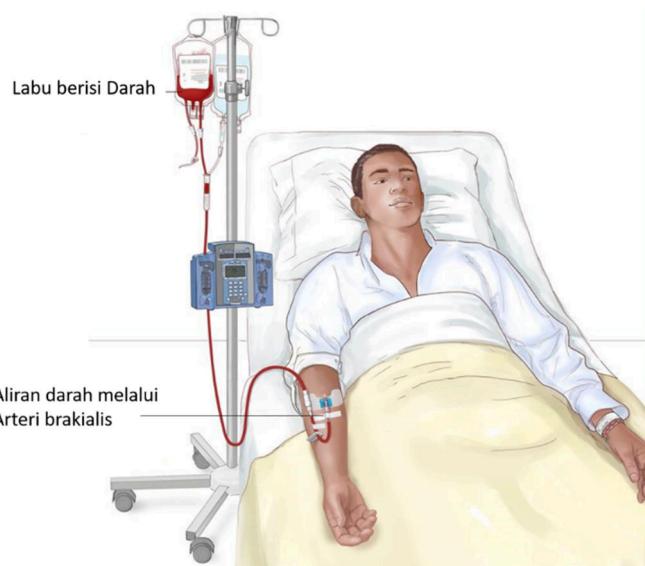
Sistem golongan darah Rhesus ditemukan pada tahun 1939-1940 oleh **K. Landsteiner** dan **A.S. Wiener**. Saat itu mereka melihat bahwa injeksi yang dilakukan dari monyet rhesus (*Rhesus macaccus*) ke kelinci menyebabkan reaksi dengan sebagian besar sel darah merah manusia. Tidak jauh dari sistem A B O, golongan darah Rhesus ini juga menggolongkan darah seseorang berdasarkan adanya antigen tertentu dalam darah. Antigen yang digunakan untuk menggolongkan darah berdasarkan Rhesus disebut sebagai antigen D. Sederhananya, jika seseorang memiliki antigen D dalam darahnya, ia termasuk Rhesus positif (Rh+). Sebaliknya, jika seseorang tidak memiliki antigen D, ia termasuk Rhesus negatif (Rh-).

Meski penggolongannya lebih sederhana, ternyata perbedaan Rhesus tidak **dapat** diabaikan begitu saja. Orang dengan Rh- tidak bisa menerima donor dari Rh+. Hal ini disebabkan karena darah Rh- cenderung akan membuat antibodi terhadap antigen D, sehingga akan menolak adanya antigen D di dalam darahnya. Orang dengan Rh- harus menerima darah dari orang Rh- juga. Sayangnya, jumlah orang dengan Rh- di dunia ini sangat sedikit, sehingga pasokan darahnya pun terbatas.

Selain itu, golongan darah Rhesus ini juga wajib diperhatikan bagi ibu hamil. Seorang ibu dengan Rh- jika mengandung anak dengan Rh+, kemungkinan darah sang ibu akan membentuk antibodi akibat darah anaknya mengandung antigen D. Antibodi ini dapat masuk ke dalam plasenta janin, sehingga akan menyebabkan reaksi penggumpalan terhadap darah bayinya. Kelainan ini disebut sebagai eritroblastosis foetalis.

e. Transfusi Darah

Transfusi darah adalah pemberian darah dari satu orang ke orang lain, yang kekurangan satu atau lebih komponen darah. Orang yang menyumbangkan darahnya disebut sebagai **donor**, sedangkan orang yang menerima darah dari orang lain disebut sebagai **resipien**. Prosedur transfusi darah dapat dilakukan di fasilitas kesehatan maupun pada kegiatan donor darah yang khusus diadakan untuk menambah jumlah tabungan di dalam bank darah. Tidak hanya bermanfaat bagi penerima, transfusi darah juga dapat memberikan manfaat kesehatan bagi pemberinya. Meski begitu, pendonor darah juga tidak bisa menutup mata dari risiko yang mungkin muncul, termasuk kemungkinan terjadinya penolakan oleh tubuh penerima. Gambar 3.14 memperlihatkan gambaran seseorang yang sedang menjalani proses transfusi darah,



Gambar Error! No text of specified style in document..1 Diagram Transfusi Darah

(Sumber: <https://www.cancer.gov/images/cdr/live/CDR755979-750.jpg>)



Saat akan melakukan proses transfusi darah, hal yang perlu diperhatikan untuk **pendonor** adalah aglutinogen/antigennya, sementara untuk penerima (**resipien**) yang dilihat aglutinin/antibodi. Jika terjadi penggumpalan (aglutinasi), peristiwa yang terjadi adalah aglutinogen/ antigen donor digumpalkan oleh aglutinin/antibodi resipien. Berkaitan dengan kemampuan transfusi darahnya, golongan darah AB bersifat **resipien universal**, artinya bisa menerima darah dari golongan darah manapun, sementara golongan darah O bersifat **donor universal**, artinya bisa memberikan darahnya kepada semua golongan darah tentunya dengan kesesuaian Rhesusnya. Untuk melihat lebih jelas kemungkinan transfusi antar golongan darah berbeda dengan mempertimbangkan sistem ABO dan faktor rhesus dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Tabel Kecocokan Sel Darah Merah Pendonor dan Penerima

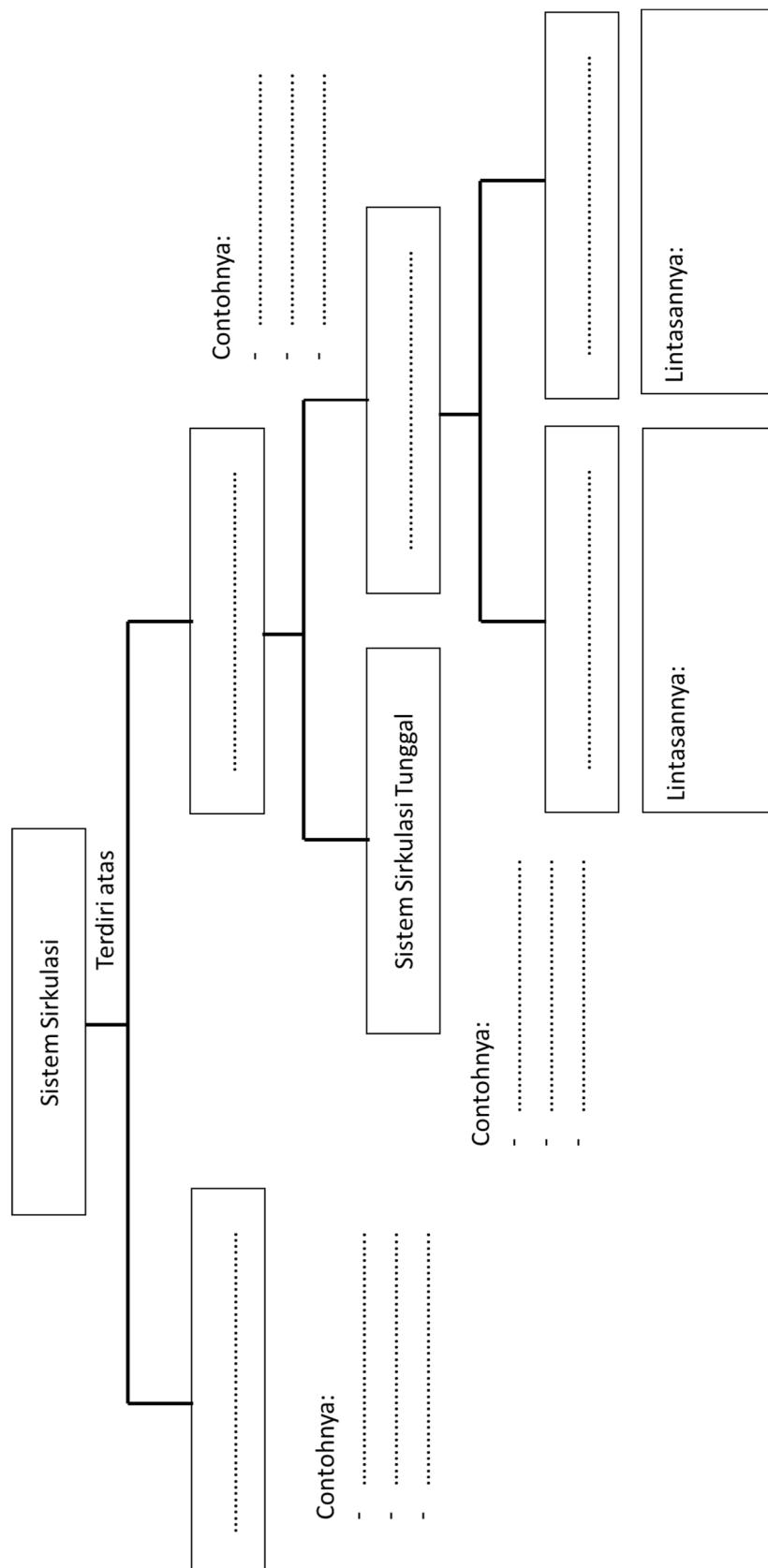
Penerima	Pendonor							
	O-	O+	A-	A+	B-	B+	AB-	AB+
O-	V	X	X	X	X	X	X	X
O+	V	V	X	X	X	X	X	X
A-	V	X	V	X	X	X	X	X
A+	V	V	V	V	X	X	X	X
B-	V	X	X	X	V	X	X	X
B+	V	V	X	X	V	V	X	X
AB-	V	X	V	X	V	X	V	X
AB+	V	V	V	V	V	V	V	V

Keterangan: V = cocok; X = tidak cocok

6. Aktivitas Pembelajaran

Untuk lebih memahami materi pada kegiatan belajar-1, cobalah mengerjakan lembar kerja berikut!

- a) Isilah bagan konsep di bawah ini berdasarkan pembahasan mengenai jenis-jenis sistem sirkulasi!



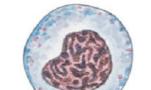
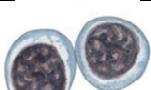
b) Lengkapilah narasi berikut sehingga menjadi suatu informasi yang utuh!

Darah tersusun dari dua komponen utama, yaitu **plasma darah** dan _____. Saat embrio darah dibentuk pada organ _____ dan _____, sementara saat dewasa dibentuk di _____. Proses pembentukan sel darah merah disebut sebagai _____. Plasma darah terdiri atas ___ % air dan ___ % komponen terlarut dalam air, seperti: _____, _____, _____, _____, dan _____. Sel darah terdiri atas: _____, _____, dan _____. Sel yang tak berinti dan memiliki bentuk bikonkaf adalah _____, dan memiliki pigmen khusus yang mampu mengikat gas ___, ___, dan ___ yang disebut _____. Sementara itu, sel darah yang berperan untuk respons kekebalan dan pertahanan tubuh terhadap benda asing adalah _____, yang kemudian dibagi 2 berdasarkan ada tidaknya _____. Sel yang memiliki _____, terdiri atas: neutrofil, _____, dan _____, sedangkan sel yang tidak memiliki _____ terdiri atas: _____ dan _____. Sel darah yang tidak berinti adalah _____ dan _____. Sel yang berperan khusus untuk proses _____ adalah keping darah atau disebut juga _____. Sel ini dibentuk secara khusus oleh sel _____ yang ada di sumsum tulang merah.

c) Tuliskan 5 fungsi darah bagi tubuh manusia!

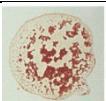
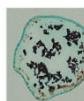
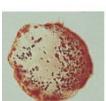
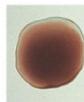
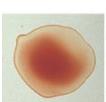
- [a] _____
- [b] _____
- [c] _____
- [d] _____
- [e] _____

d) Tulislah nama sel darah di bawah ini dengan nama sel yang sesuai dan lengkapi fungsinya!

	Nama Sel Darah: Fungsi:
	Nama Sel Darah: Fungsi:
	Nama Sel Darah: Fungsi:
	Nama Sel Darah: Fungsi:
	Nama Sel Darah: Fungsi:
	Nama Sel Darah: Fungsi:



- e) Perhatikan hasil uji test golongan darah berikut!

Pasien	Setelah penambahan serum	
	Anti A	Anti B
Pasien A		
Pasien B		
Pasien C		
Pasien D		

- a) Berdasarkan hasil uji golongan darah tersebut, tentukan golongan darah pasien A, B, C, dan D!

Pasien A	
Pasien B	
Pasien C	
Pasien D	

- b) Manakah yang hanya dapat menerima darah dari satu golongan saja?
 c) Manakah pasien yang dapat mendonorkan darahnya ke semua pasien yang ada?
 d) Pasien manakah yang disebut resipien universal?

7. Tugas

- a) Buatlah kisi-kisi soal Ujian Sekolah/Penilaian Tengah Semester/Penilaian Akhir Semester pada lingkup materi yang dipelajari sesuai format yang tertera pada Lampiran 1. (Sesuaikan dengan Kurikulum 2013).
 b) Berdasarkan kisi-kisi diatas, buatlah soal Ujian Sekolah/Penilaian Tengah Semester/Penilaian Akhir Semester pada lingkup materi yang dipelajari pada modul ini.
 c) Sedapat mungkin kembangkan soal-soal yang melatihkan keterampilan berpikir aras tinggi (Higher Order Thinking Skills).
 d) Kembangkan soal pilihan ganda (PG) sebanyak 2 soal sesuai format yang tertera pada Lampiran 2a.
 e) Kembangkan soal uraian (Essay) sebanyak 2 Soal sesuai format yang tertera pada Lampiran 2b.

8. Refleksi

Materi yang Anda pelajari dalam kegiatan pembelajaran ini merupakan konsep dasar/esensial dan pengayaan untuk materi sistem peredaran darah, khususnya tentang darah secara umum. Untuk kajian lebih lanjut yang dapat Anda pelajari lebih dalam lagi dengan memanfaatkan sumber belajar yang lain (textbook, buku elektronik, artikel ilmiah, internet, dll.) Untuk itu, silakan mengeksplorasi referensi lain selain yang dituliskan dalam daftar pustaka.



Setelah Anda mempelajari materi pada Kegiatan Belajar 1, silahkan refleksikan hasil belajar Anda dalam bentuk peta minda atau “Mind Map”. Silahkan juga tuliskan jika ada hal-hal yang belum dipahami pada kolom berikut.

Mind Map



Hal-hal yang belum dipahami:



A. Kegiatan Belajar 2: Peredaran Darah Manusia

1. Pengantar

Pada organisme bersel banyak, oksigen dan zat makanan yang telah mengalami proses pencernaan harus dialirkan ke seluruh bagian tubuh. Pada waktu yang bersamaan, gas karbon dioksida dan zat sampah metabolisme yang dihasilkan oleh sel harus dibuang, baik melewati sistem pernapasan, sistem pencernaan, dan sistem ekskresi ke luar tubuh. Proses itu semua tentunya akan melibatkan transportasi zat dalam tubuh yang akan melibatkan sistem sirkulasi.

Sistem peredaran darah memiliki peranan yang sangat vital dalam kelangsungan hidup manusia. Jantung merupakan organ utama yang memungkinkan darah bisa mengalirkan oksigen dan nutrisi ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah. Dapat dibayangkan apabila jantung berhenti memompa darah beberapa saat saja, maka proses fungsi organ yang lainnya juga secara langsung akan ikut terganggu. Ilustrasi berita di atas bisa memberikan gambaran tentang pentingnya menjaga kesehatan organ peredaran darah, salah satunya adalah dengan cara menjaga pola hidup sehat dan pengaturan pola makan yang baik. Uraian yang akan dibahas pada kegiatan belajar-2 berikut ini akan memberikan penjelasan lanjutan tentang materi sistem peredaran darah, sehingga diharapkan Anda dapat lebih memahami dan peduli terhadap kesehatan organ peredaran darah.

Adapun ruang lingkup materi kegiatan belajar-2 adalah sebagai berikut.

- a. Alat peredaran darah pada manusia.
- b. Jantung dan pembuluh darah (arteri, vena, kapiler).
- c. Mekanisme peredaran darah manusia.
- d. Kelainan sistem peredaran darah.
- e. Mengenal teknologi-teknologi dalam mengatasi kelainan sistem peredaran darah.

2. Tujuan

a. Tujuan umum

Memahami sistem peredaran darah manusia meliputi struktur organ, fungsi organ, dan kelainan-kenainannya.

b. Tujuan Khusus

Tujuan khusus yang diharapkan tercapai setelah mempelajari paparan bagian kegiatan belajar 2 adalah:

- a) mengidentifikasi alat peredaran darah pada manusia;
- b) memahami struktur jantung dan pembuluh darah (arteri, vena, kapiler);
- c) menjelaskan mekanisme peredaran darah manusia;
- d) menjelaskan berbagai kelainan sistem peredaran darah;
- e) mengenal teknologi-teknologi dalam mengatasi kelainan sistem peredaran darah;
- f) terampil melakukan observasi, klasifikasi, menyimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi proses peredaran darah manusia melalui percobaan pengukuran denyut jantung.



3. Bahan, Alat, dan Sumber Belajar

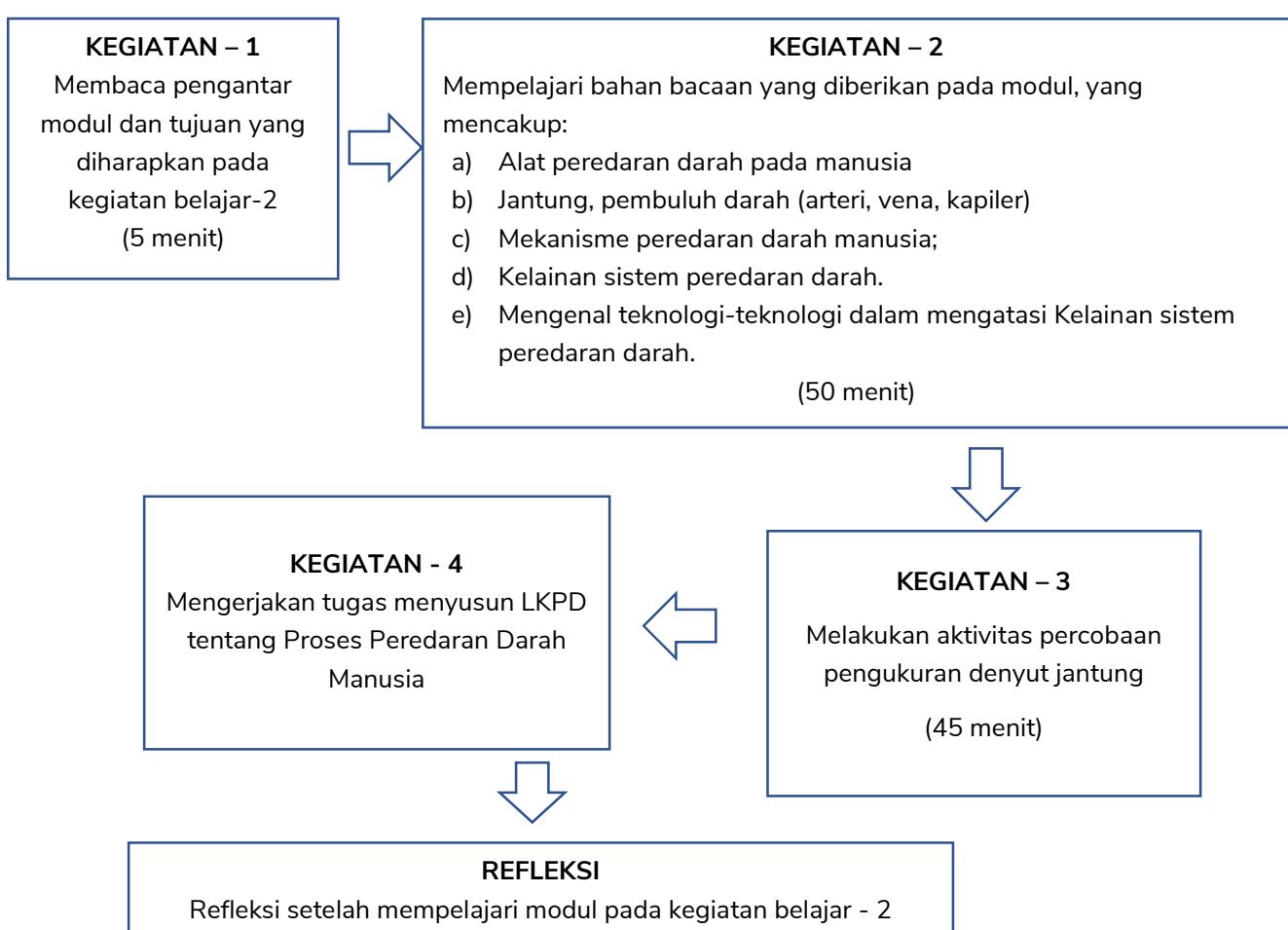
- a. Bahan : Modul
- b. Alat : Alat tulis
- c. Sumber belajar:

Sumber belajar yang dapat digunakan antara lain sebagai berikut.

No.	Judul
1.	Campbell, N.A. & Reece, J.B., (2008). Biologi Edisi 8 Jilid 3. Alih bahasa Damaring Tyas Wulandari S.Si. Jakarta: Erlangga.
2.	Derrickson, B. & Tortora, G.J.(2009).Principles of Anatomy & Physiology, 12 th Edition.River Street, Hoboken, USA: John Wiley & Sons, Inc.
3.	Goodenough, J. and McGuire, B.(2010). Biology of Humans Concepts, Applications, and Issues, 4 th edition, New York, USA: Benjamin Cummings.
4.	Martini, F.H., Timmons, M.J., and Tallitsch, R.B.(2009).Human Anatomy, 6 th Edition. New York,USA: Pearson Education, Inc.

4. Langkah Kegiatan

Langkah-langkah pembelajaran sesuai dengan topik pada pembelajaran 2 sebagai berikut.



Gambar 3.15. Langkah-langkah pembelajaran kegiatan Belajar-2



5. Bahan Bacaan

a. Alat peredaran darah pada manusia

Pada sistem sirkulasi, seperti pada hewan vertebrata pada umumnya, darah dipompa oleh jantung dan mengalir melalui pembuluh darah, hingga menuju kapiler darah tempat pertukaran zat terjadi. Paru-paru menjadi organ penting yang memungkinkan karbondioksida bertukar dengan oksigen, sementara di jaringan, nutrisi dan gas oksigen akan bertukar dengan karbon dioksida dan limbah sisa metabolisme. Proses pertukaran zat ini sangatlah penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Bisa anda bayangkan apa yang mungkin terjadi apabila jantung berhenti memompa darah?

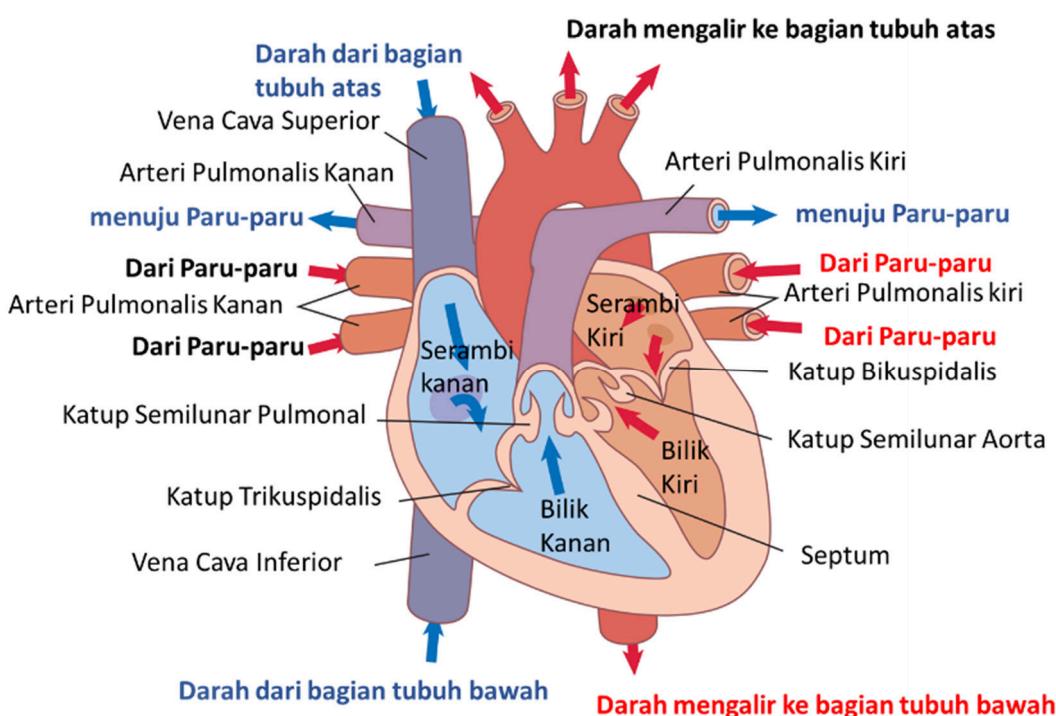
Organ utama penyusun sistem peredaran darah pada manusia adalah jantung dan pembuluh darah (arteri, kapiler, dan vena). Penjelasan lengkap mengenai organ utama penyusun sistem sirkulasi pada manusia adalah sebagai berikut.

(1) Jantung

Struktur jantung sendiri berbeda-beda antara setiap organisme namun struktur yang pasti yaitu jantung hewan vertebrata terdiri dari dua atau lebih ruang yang berotot. Ruang berotot pada jantung ini adalah atrium atau serambi dan ventrikel atau bilik. Ruang atrium berada pada jantung bagian atas dan ventrikel berada pada jantung bagian bawah. Pada jantung Amfibi, Reptil, Aves, dan Mamalia atrium dan ventrikel dibagi menjadi bagian kanan dan kiri.

Jantung manusia terletak di rongga dada sebelah kiri, berada di atas diafragma. Jantung manusia mempunyai empat ruang yang terbagi sempurna dan terletak di dalam rongga dada serta terbungkus oleh lapisan perikardia. Perikardia terdiri dari dua lapis, yakni lamina parientalis (sebelah luar) dan lamina vesicalis (menempel di dinding jantung). Diantara kedua lapisan ini terdapat kavum perikardia yang berisi cairan perikardia.

Perhatikanlah struktur jantung manusia pada gambar 3.16 dibawah ini, temukanlah dimana letak atrium kanan dan kiri juga ventrikel kanan dan kiri! Pelajari pula letak pembuluh darah yang berhubungan langsung dengan jantung!



Gambar 3.16. Penampang Melintang Anatomi Jantung Manusia (Sumber: Derrickson, 2017)



Jantung terdiri dari empat ruang, yakni dua serambi (atrium) dan dua bilik (ventrikel). Pada dasarnya, fungsi serambi adalah sebagai tempat lewatnya darah dari luar jantung ke bilik. Akan tetapi, serambi juga dapat berfungsi sebagai pompa yang lemah sehingga membantu aliran darah dari serambi ke bilik. Bilik memberi tenaga yang mendorong darah ke paru-paru dan sistem sirkulasi tubuh. Jantung dibentuk terutama oleh tiga jenis otot jantung (miokardia), yaitu otot serambi, otot balik, serta serabut otot perangsang dan pengantar khusus. Pada sekat antara kedua serambi terdapat simpul saraf yang merupakan simpul saraf tak sadar. Simpul saraf ini bercabang-cabang ke otot serambi jantung kemudian keluar sebagai suatu berkas yang disebut berkas His. Berkas ini menuju sekat di antara kedua bilik dan akhirnya bercabang-cabang ke seluruh bilik. Selain itu, jantung dipengaruhi juga oleh saraf simpatik dan parasimpatik (saraf vagus). Rangsangan saraf parasimpatik menurunkan frekuensi denyut jantung, sedangkan rangsangan saraf simpatik meningkatkan frekuensi denyut jantung. Otot bilik jantung lebih tebal dibandingkan otot bagian serambi dan bagian sebelah kiri lebih tebal dari pada bagian sebelah kanan.

Diantara serambi dan bilik jantung terdapat katup artrioventrikuler (valvula bikuspidalis) yang berfungsi mencegah aliran darah dari bilik ke serambi selama sistol. Katup semilunaris (katup aorta dan pulmonalis) mencegah aliran balik dari aorta dan arteri pulmonalis ke bilik selama diastol.

Untuk dapat menerima dan memompa darah, jantung menggunakan mekanisme kontraksi dan relaksasi yang dilakukan oleh masing-masing ruangnya secara teratur dalam satu gerakan ritmis. Ketika berkontraksi jantung memompa darah, ketika berrelaksasi, ruang jantung terisi dengan darah. Jantung mengalami kontraksi dan relaksasi dalam suatu siklus ritmis yang disebut siklus jantung. Satu siklus jantung ini terjadi ketika satu rangkaian pemompaan dan pengisian jantung secara lengkap. Perhatikanlah gambar 3.17 di bawah ini!



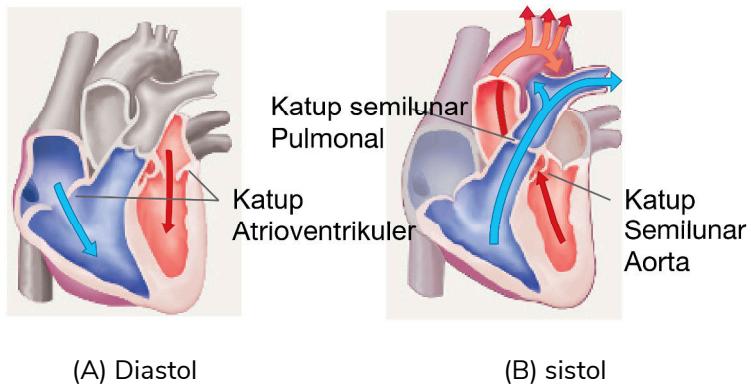
Gambar 3.17. Kegiatan Pengukuran Tekanan Darah
(Sumber: <https://pixnio.com>)

Pernahkah anda melakukan pengukuran tekanan darah? Berapa hasil pengukuran tekanan darah anda? Termasuk tekanan darah yang normal, tinggi, atau rendah? Apa sebenarnya hubungan tekanan darah dengan bahasan selanjutnya? Mari kita kembali pada bahasan mengenai siklus jantung.

Siklus jantung terdiri dari **fase sistol** dan **fase diastol**. Fase sistol dan diastol ini sebenarnya hanya penamaan dari kerja jantung dalam satu siklus jantung. Fase sistol dan diastol ini dapat diketahui melalui pengukuran tekanan darah menggunakan alat Sphygmomanometer atau tensimeter. Fase sistol



ditunjukan dengan nilai yang lebih besar pada nilai tekanan darah kita. Misalnya, tekanan darah kita 120/80 mmHg (termasuk tekanan darah normal) maka angka 120 menunjukkan nilai tekanan sistol dan 80 menunjukkan nilai tekanan diastol. Fase sistol terjadi saat jantung berkontraksi dengan memompa darah ke seluruh tubuh. Oleh sebab itu, nilai tekanan sistol harus lebih besar dibanding diastol karena tekanan ini diperlukan jantung untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Perhatikan Gambar 3.18 berikut untuk melihat bagaimana keadaan jantung saat berkontraksi dan berrelaksasi.



Gambar 3.18. Keadaan Jantung saat berkontraksi (sistol, darah keluar jantung) dan berrelaksasi (diastol, darah masuk ke jantung)

(Sumber: Freeman et al., 2017)

Berbeda dengan nilai fase sistol, nilai tekanan fase diastol harus lebih kecil karena fase diastol terjadi saat jantung berrelaksasi dan terisi penuh oleh darah. Saat berrelaksasi jantung tidak membutuhkan tekanan yang besar. Jika tekanan besar hal ini akan membahayakan jantung. Nilai tekanan darah sistol dan diastol ini dapat menjadi indikator kesehatan jantung kita. Jika tekanan darah sistol dan diastol melebihi angka normal yaitu 120/80 mmHg, hal ini memaksa jantung bekerja lebih keras sehingga memungkinkan terjadinya penyakit atau kerusakan pada jantung. Namun jika tekanan darah sistol dan diastol kurang dari angka normal, tubuh akan terasa lemas karena jantung tidak mampu memompa darah secara maksimal ke seluruh tubuh. Begitu pentingnya peran jantung untuk tubuh manusia sehingga mari kita jaga kesehatan jantung dengan rajin berolah raga dan menjaga pola makan serta gaya hidup sehat.

(2) Pembuluh darah (arteri, vena, kapiler)

Pembuluh darah merupakan serangkaian tabung (saluran) tertutup yang bercabang, yang berfungsi membawa darah dari jantung ke jaringan, kemudian kembali ke jantung. Pembuluh darah utama ada tiga macam, yaitu arteri, kapiler, dan vena.

(a) Pembuluh nadi (arteri)

Arteri berfungsi membawa darah meninggalkan jantung. Arteri memiliki dinding yang tebal, kuat, dan bersifat elastis. Pembuluh arteri memiliki sebuah katup (valvula semilunaris) yang berada tepat di luar jantung. Letak pembuluh nadi biasanya di dalam tubuh, hanya beberapa yang terletak di dekat permukaan sehingga dapat dirasakan denyutnya. Arteri terdiri dari tiga lapisan, yaitu:

1) Tunika eksterna (adventisia), lapisan terluar yang terdiri atas jaringan ikat fibrosa dan berfungsi menguatkan dinding arteri.

2) Tunika media, lapisan tengah yang terdiri atas jaringan otot polos dan serabut elastis.

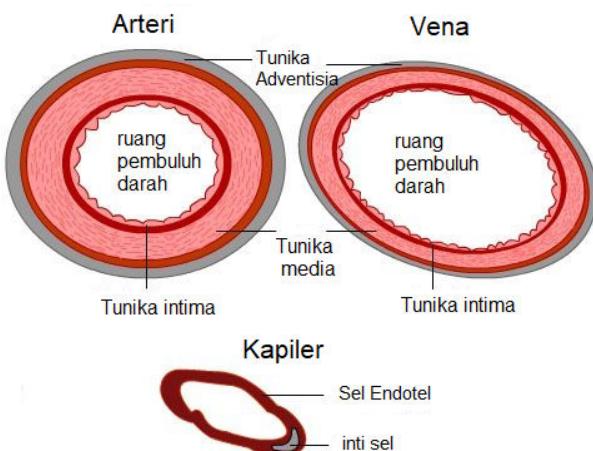
3) Tunika intima, lapisan dalam yang tersusun dari sel-sel endotelium.

Arteri yang terbesar adalah aorta dan arteri pulmonalis, dengan diameter 1-3 cm. Aorta adalah pembuluh yang dilewati darah dari bilik kiri jantung yang membawa darah kaya oksigen menuju seluruh tubuh. Pada perbatasan antara ventrikel kiri dengan aorta terdapat sebuah katup semilunar aorta. Aorta bercabang-cabang, makin lama makin kecil. Arteri yang bercabang-cabang makin kecil, disebut



arteriola. Arteriola bercabang-cabang halus di seluruh tubuh dan disebut kapiler. Kapiler mendapatkan nutrisi dari pembuluh darah vasa vasorum.

Arteri pulmonalis adalah pembuluh yang dilewati darah dari bilik kanan menuju paru-paru (pulmo). Pada perbatasan antara ventrikel kanan dengan arteri pulmonalis terdapat katup semilunar arteri paru-paru. Pembuluh ini banyak mengandung karbon dioksida yang akan dilepaskan ke paru-paru. Di dalam paru-paru, yaitu di alveolus, darah melepas karbon dioksida dan mengikat oksigen. Dari kapiler di paru-paru, darah akan menuju ke venula, kemudian ke vena pulmonalis dan kembali ke jantung.



Gambar 3.19. Perbandingan struktur pembuluh darah (Arteri, vena, dan kapiler)

(Sumber: Martini, 2009)

(b) Pembuluh Balik (Vena)

Pembuluh balik atau vena adalah pembuluh darah yang membawa darah kembali ke atrium jantung. Venaebih mudah dikenali dari pada nadi karena letaknya di daerah permukaan. Seperti halnya nadi, vena juga disusun oleh tiga lapisan, tetapi dinding pembuluh ini lebih tipis dan tidak elastis. Tekanan vena lebih lemah dibandingkan dengan pembuluh nadi dan di sepanjang vena terdapat katup yang menjaga agar darah tak kembali lagi ke sel atau jaringan. Sistem vena terdiri atas venula, vena kecil, vena sedang, dan vena besar. Venula berhubungan dengan kapiler. Vena yang berukuran besar yang masuk ke jantung ada tiga macam, yaitu:

- (1) Vena kava superior, vena yang menerima darah kaya karbon dioksida dari tubuh bagian atas, leher, kepala, kemudian masuk ke atrium kanan.
- (2) Vena kava inferior, vena yang menerima darah kaya akan karbon dioksida dari tubuh bagian bawah, kemudian masuk ke atrium kanan.
- (3) Vena pulmonalis, vena yang membawa darah kaya oksigen dari paru-paru kemudian masuk ke atrium kiri.

(c) Kapiler

Kapiler (pembuluh rambut) merupakan pembuluh darah yang sangat halus, berdiameter sekitar 0,008 mm, serta berdinding sangat tipis sehingga memudahkan plasma darah dan zat makanan merembes ke jaringan antar sel. Dinding kapiler tersusun dari selapis endotelium. Kapiler menghubungkan antara arteri dengan venula. Area kapiler di seluruh tubuh sangat luas, diperkirakan sekitar 7.000 m² pada orang dewasa. Bagian tubuh yang tidak memiliki kapiler, yaitu rambut, kuku, tulang rawan, dan kornea mata.

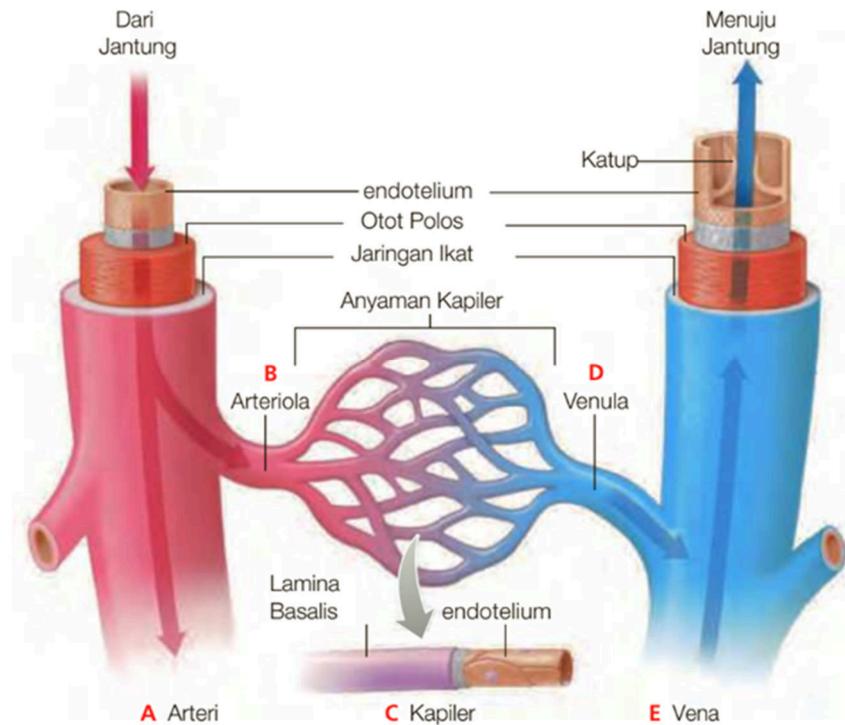
Fungsi kapiler, antara lain:

- (1) Penghubung antara arteri dengan vena.
- (2) Mengambil zat-zat dari kelenjar.



- (3) Tempat terjadinya pertukaran zat-zat antara darah dengan cairan jaringan.
- (4) Menyerap zat makanan dari usus.
- (5) Menyaring darah yang terdapat pada ginjal

Untuk memahami struktur pembuluh darah yang membawa darah keluar atau masuk ke jantung, perhatikan Gambar 3.20 berikut!



Gambar 3.20. Perbandingan Struktur Pembuluh Darah Arteri, Arteriola, Kapiler, Venula, dan Vena

(Sumber: Starr, Evers, and Starr, 2018)

Lengkapilah tabel 6 berikut untuk membedakan pembuluh arteri, vena, dan kapiler!

Tabel 3.4. Tabel Perbandingan pembuluh nadi dan pembuluh balik

Pembeda	Pembuluh Nadi (Arteri)	Pembuluh Balik (Vena)
Letak		
Fungsi		
Dinding pembuluh		
Arah aliran darah		
Kandungan CO ₂		
Kandungan O ₂		
Denyut		
Ada tidaknya katup		
Jika terluka		
Kecepatan aliran darah		



b. Mekanisme Peredaran Darah Manusia

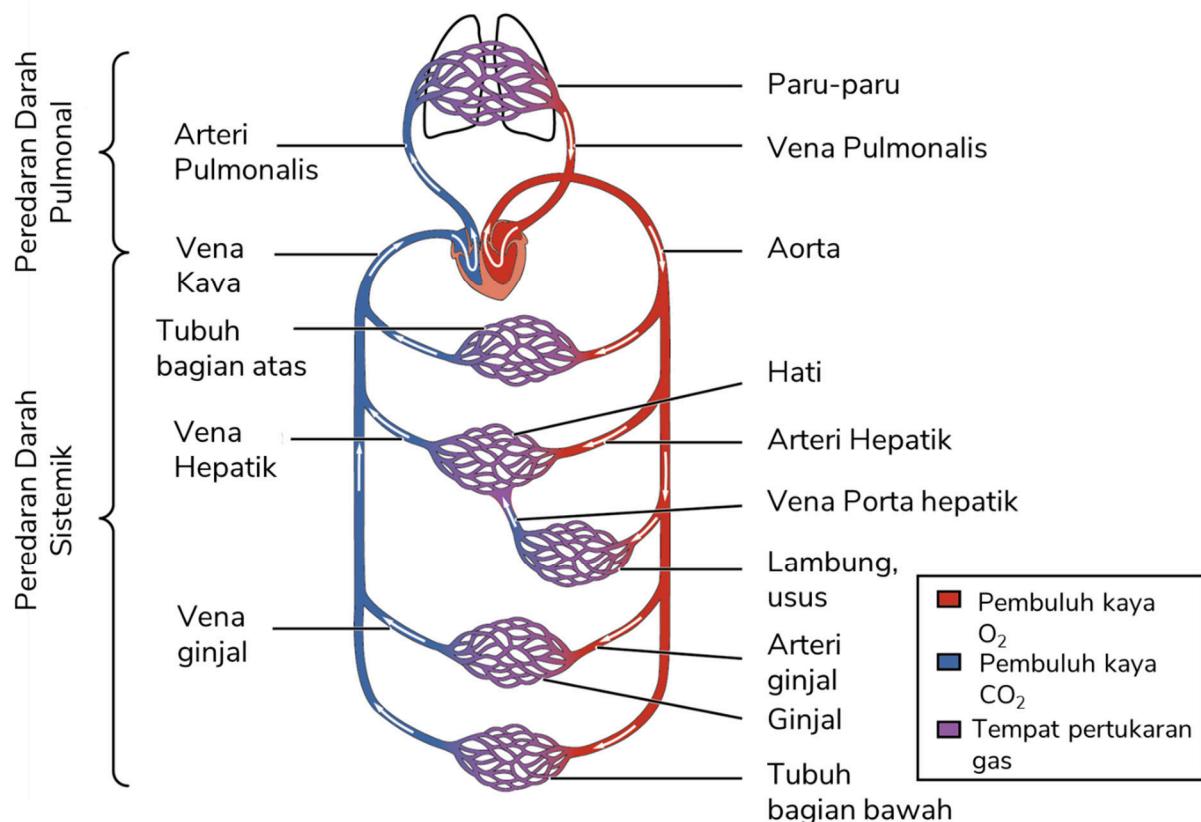
Seperti yang sudah disampaikan pada kegiatan belajar-1 bahwa sistem sirkulasi darah pada manusia tergolong ke dalam jenis sistem dirkulasi tertutup ganda. Mekanisme peredaran darah pada manusia terdiri atas dua sistem utama, yakni sistem peredaran darah pulmonalis (peredaran darah kecil/pendek) dan sistem peredaran darah sistemik (peredaran darah besar/panjang) seperti tampak pada Gambar 3.21.

- (1) **Sistem peredaran darah pulmonalis** (peredaran darah kecil/pendek), yaitu sistem peredaran dari jantung, menuju ke paru-paru dan kembali ke jantung.

Mekanismenya: ventrikel berkontraksi → katup trikuspid tertutup → katup semilunar arteri paru-paru terbuka → darah kaya CO_2 dari ventrikel kanan dibawa oleh arteri pulmonalis → menuju ke paru-paru kanan dan kiri → di paru-paru darah melepaskan CO_2 → darah mengambil O_2 di paru-paru → darah kaya O_2 dibawa oleh vena pulmonalis → menuju ke atrium kiri → ventrikel relaksasi → katup bikuspid terbuka → darah mengalir ke ventrikel kiri.

- (2) **Sistem peredaran darah sistemik** (peredaran darah besar/panjang), yaitu merupakan sistem peredaran darah dari jantung, diedarkan ke seluruh tubuh, dan kembali ke jantung.

Mekanismenya: ventrikel berkontraksi → katup bikuspid tertutup → katup semilunar aorta terbuka → darah kaya O_2 dari ventrikel kiri masuk ke aorta → darah kaya O_2 dibawa oleh arteri diedarkan ke seluruh tubuh (kecuali paru-paru) → darah melepaskan O_2 dan mengambil CO_2 dari seluruh jaringan tubuh → darah kaya CO_2 dibawa oleh vena kava → menuju ke atrium kanan → ventrikel relaksasi → katup trikuspid terbuka → darah mengalir ke ventrikel kanan.



Gambar 3.21 Diagram sistem peredaran darah pulmonalis dan sistem peredaran darah sistemik
(Sumber: <https://openstax.org>)

(3) Sirkulasi portal

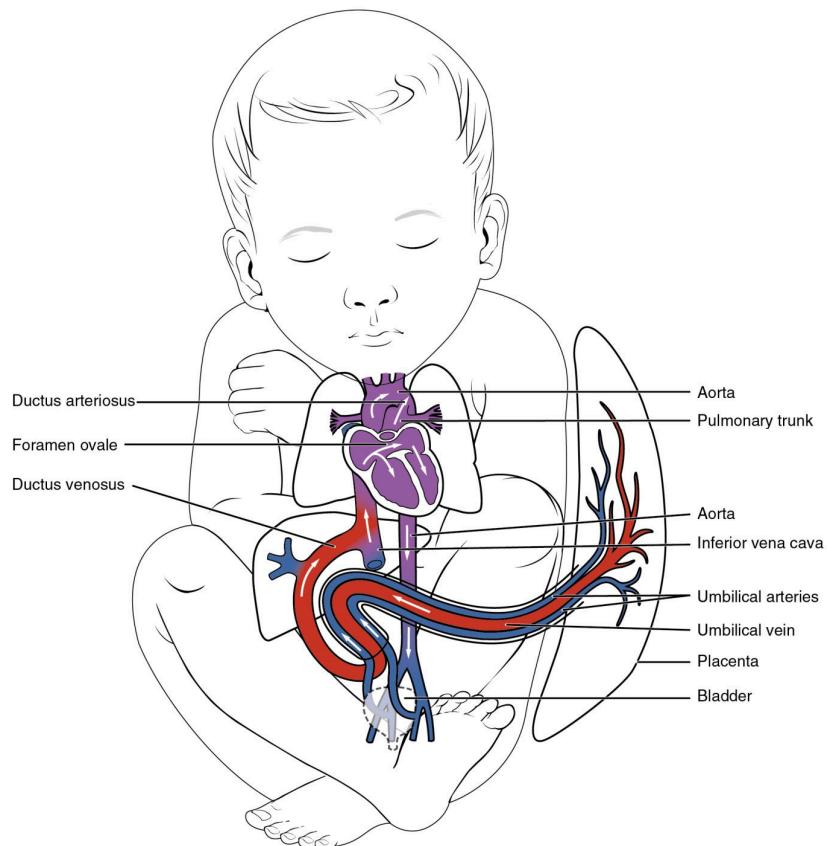
Sirkulasi portal adalah aliran darah balik (vena) yang berasal dari lambung, usus, pankreas, dan limpa yang dikumpulkan melalui vena porta hepatica menuju ke hati dan membentuk sistem kapiler. Kemudian, bersama dengan kapiler-kapiler dari arteri hepatica, darah keluar dari hati melalui vena hepatica dan melalui vena kava inferior menuju ke jantung.

(4) Sirkulasi koroner

Sirkulasi koroner adalah peredaran darah di dalam jantung, yang berfungsi memberikan darah untuk memenuhi nutrisi seluruh bagian jantung. Arteri koroner kanan dan kiri yang meninggalkan aorta, bercabang-cabang menjadi arteri-arteri kecil yang mengitari jantung.

(5) Peredaran darah pada fetus (janin)

Ketika masih di dalam kandungan, janin akan mendapatkan oksigen dan zat nutrisi dari darah ibu melalui plasenta. Plasenta merupakan jaringan dinding rahim yang banyak mengandung pembuluh darah sebagai tempat pertukaran zat. Zat yang diperlukan janin akan diambil dari darah ibu, sedangkan yang tidak berguna akan dikeluarkan. Plasenta terbentuk sekitar minggu ke-8 kehamilan, menempel pada dinding endometrium dan terikat kuat sampai bayi lahir. Plasenta memiliki tali pusar (ductus umbilikal) yang didalamnya terdapat vena umbilikal berjumlah satu buah, dan berfungsi membawa darah kaya oksigen dan nutrisi dari plasenta ke peredaran darah janin. Arteri umbilikal berjumlah dua buah, berfungsi membawa darah kaya karbon dioksida dan zat sisa dari tubuh janin ke plasenta. Gambar 3.22 berikut memperlihatkan aliran darah pada janin.



Gambar 3.22. Peredaran darah pada janin

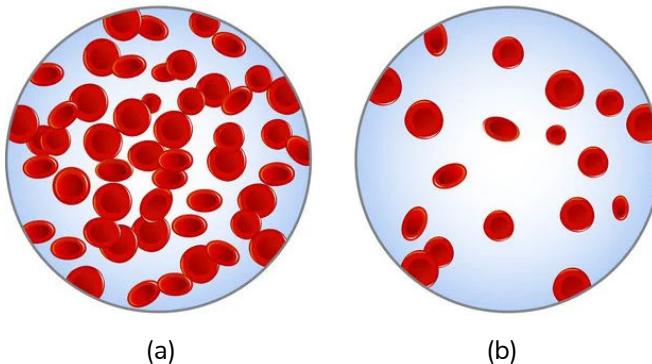
(Sumber: <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/20-6-development-of-blood-vessels-and-fetal-circulation>)



c. Kelainan sistem peredaran darah

Terdapat beberapa kelainan pada sistem peredaran manusia, menyangkut darah, pembuluh darah, dan jantung. Kelainan-kelainan pada pembuluh darah manusia meliputi:

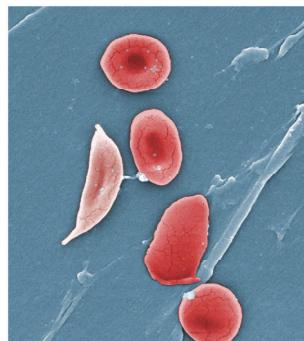
- (1) **Anemia** adalah suatu keadaan penurunan kapasitas sel darah merah dalam mengikat oksigen karena rendahnya konsentrasi hemoglobin di dalam darah.



Gambar 3.23. Gambar Darah pemeriksaan mikroskopik apusan jaringan darah pada orang normal (gambar a) dan penderita anemia (gambar b)

(Sumber: <https://www.tristatebariatrics.org/>)

- (2) **Sickle cell anemia** merupakan anemia yang disebabkan oleh terbentuknya hemoglobin yang abnormal, hal ini menyebabkan eritrosit menjadi berbentuk seperti bulan sabit pada saat kekurangan oksigen, sehingga eritrosit mudah pecah. Kelainan ini disebabkan oleh terjadinya mutasi pada salah satu asam amino rantai beta penyusun protein Hb.



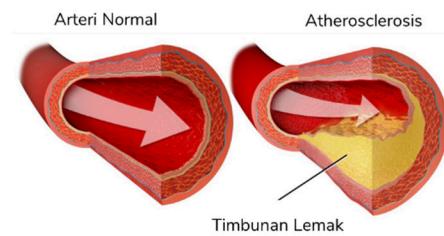
Gambar 3.24. Gambar Darah Penderita Anemia Bulan Sabit (Sickleemia)

(Sumber: <https://openstax.org/>)

- (3) **Thallasemia** merupakan kelainan pada struktur Hb, dalam hal ini, eritrosit tidak mampu menghasilkan sejumlah rantai alfa dan rantai beta secara normal. Akibatnya produksi eritrosit menjadi sangat lambat dan eritrosit yang matang menjadi sangat rapuh serta berumur pendek. Penderita Thallasemia membutuhkan transfusi darah secara rutin dalam setiap waktu.
- (4) **Polisitemiavera atau eritroma** atau penyakit Vaques Esler yaitu suatu keadaan peningkatan jumlah sel darah merah hingga mencapai 11-14 juta per mm³ darah. Kelainan ini disebabkan oleh adanya tumor pada organ pembuat sel darah.
- (5) **Leukemia** adalah suatu keadaan yang ditandai dengan kenaikan jumlah leukosit dalam darah secara drastis.

- (6) **Trombus**, yaitu proses terjadinya gumpalan atau bekuan darah yang menempel pada permukaan dalam pembuluh darah.
- (7) **Embolus** adalah suatu keadaan terjadinya gumpalan atau bekuan darah di dalam pembuluh darah dibawa oleh aliran darah. Embolism dapat menyebabkan penyumbatan pada pembuluh darah yang lebih kecil diabeternya, misalnya arteriol atau kapiler.
- (8) **Eritroblastosis foetalis** atau **Ichterus gravis neonatorum**, yaitu proses terjadinya aglutinasi sel darah bayi dalam kandungan yang disebabkan oleh perbedaan Rh antara darah **bayi yang Rh positif dengan darah ibunya yang Rh negatif**. Biasanya bayi meninggal dalam kandungan jika banyak terjadi perusakan sel darah merah bayi oleh komponen sel darah Ibunya. Pencegahan kasus dilakukan sejak dalam kandungan dengan memberi transfusi darah ke dalam rahim. Hal ini dilakukan untuk mengatasi anemia yang dialami bayi. Jika jantung dan paru-paru bayi sudah matang, umumnya bayi disarankan segera dilahirkan. Saat ini kasus Eritroblastosis foetalis dapat dicegah dengan menyuntikkan obat RhoGAM atau Rh immunoglobulin di usia kehamilan 28 minggu dan diulangi 72 jam setelah melahirkan. Melihat begitu besar dampaknya terhadap bayi yang dilahirkan, untuk itu sangat disarankan pada pasangan yang akan menikah melakukan pre-marital check up demi kesehatan keluarga nantinya.
- (9) **Varises**, yaitu terjadinya pelebaran pada pembuluh darah vena di betis, jika terjadi pada anus atau dubur dinamakan hemoroid atau ambeien atau wasir. Oleh sesuatu hal, varises dapat menyebabkan pendarahan.
- (10) **Hemofilia** adalah kelainan genetis yang diturunkan, ditandai dengan tidak dihasilkannya faktor-faktor yang diperlukan dalam proses pembekuan darah. Orang yang menderita hemophilia umumnya laki-laki, dan darahnya sulit membeku jika terjadi luka.
- (11) **Thrombotic thrombocytopenic purpura (TTP)** adalah suatu kelainan pada sistem imun yang disebabkan oleh produksi antibodi yang menyerang trombosit, sehingga jumlah trombosit menjadi sangat rendah, selain itu, trombosit yang dihasilkan mudah sekali pecah atau lisis.
- (12) **Pericarditis dan endocarditis** yaitu terjadinya infeksi oleh pathogen pada bagian pericardium (selaput pembungkus luar jantung) dan endokardium jantung (selaput pembungkus bagian dalam jantung).
- (13) **Kelainan katup jantung (valvular heart disease)**, dapat terjadi karena efek carditis, atau inflamasi jantung. Kelainan ini juga dapat disebabkan oleh suatu bawaan sejak lahir, jantung tidak cukup mampu untuk mempertahankan aliran darah dalam sirkulasi.
- (14) **Aneurisma**, yaitu terbentuknya suatu lapisan baru, non seluler dari suatu senyawa tertentu yang menyebabkan terbentuknya gelembung (bulge) pada dinding arteri sehingga dinding arteri jadi menyempit. Aneurism sangat berhubungan dengan arteri osklerosis dan syndrome Marfan's. Arteriosklerosis menyebabkan elastisitas dinding arteri kurang karena kalsifikasi, sedangkan sindrom Marfan's karena adanya kelainan pada jaringan ikat di pembuluh darah. Stroke merupakan contoh aneurisma pada jaringan otak.
- (15) **Arteriosklerosis**, yaitu pengerasan pembuluh nadi karena timbunan zat kapur.
- (16) **Atherosklerosis**, yaitu pengerasan pembuluh nadi karena timbunan zat lemak. Gambaran umum penderita kelainan ini seperti pada gambar 3.24 berikut.





Gambar 3.25 perbandingan arteri normal dan penderita Atherosclerosis
(Sumber: <https://www.flickr.com>)

d. Mengenal teknologi-teknologi dalam mengatasi kelainan sistem peredaran darah.

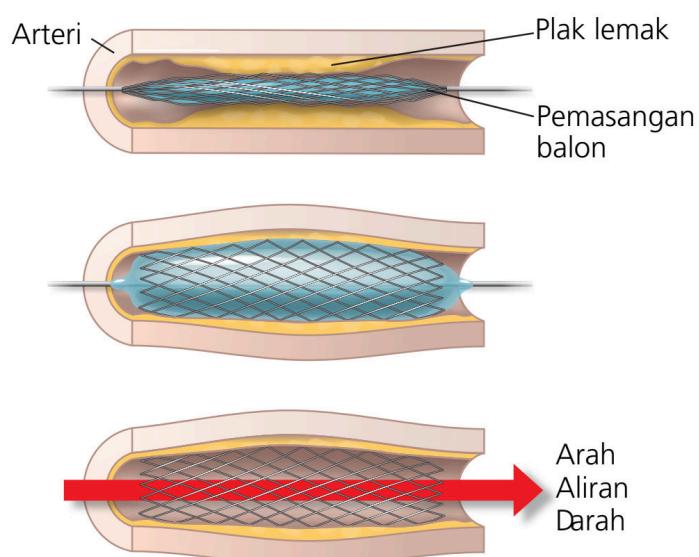
Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi memberikan kemudahan-kemudahan untuk mengetahui variabel-veriabel terkait sistem sirkulasi pada manusia. Teknologi yang muncul akhirnya mampu memberikan data akurat terkait sistem sirkulasi maupun upaya penyembuhan bagi pasien-pasien penderita kelainan sistem sirkulasi yang bersifat non herediter (bukan penyakit menurun/bawaan lahir). Teknologi-teknologi tersebut diantaranya:

(1) Elektrokardiograf (ECG).

Penemuan pertama teknologi dari sistem peredaran darah manusia yang digunakan dalam dunia klinis ini adalah elektrokardiograf atau ECG. ECG berfungsi untuk mengetahui struktur internal peredaran darah, diagnosis adanya gumpalan darah dalam aliran pembuluh darah, arah aliran darah dalam tubuh, hingga mendeteksi aliran darah dari jantung serta pembuluh darah besar. ECG dilakukan tanpa memasukan alat ke dalam tubuh pasien, tetapi dengan gelombang ultrasonik untuk membentuk gambar bayangan. Apakah anda pernah melihat secara langsung penggunaan ECG?

(2) Teknologi Angioplasti

Metode penyembuhan dengan memanfaatkan salah satu teknologi klinis untuk mengatasi masalah pada sistem peredaran darah manusia yang satu ini memanfaatkan sebuah balon khusus yang kemudian di masukkan ke dalam kateter. Setelah itu, kemudian dimasukkan ke dalam bagian sistem peredaran darah tubuh Anda yang mengalami penyempitan atau penyumbatan. Umumnya, metode angioplasti ini diterapkan pada bagian jantung seperti pada gambar 3.26 berikut.



Gambar 3.26 Angioplasti pada kasus penyumbatan pembuluh darah arteri: 1) Pemasangan balon dalam kateter; 2) Balon mengembang dalam pembuluh arteri; 3) Balon membuka jalan pembuluh arteri yang tersumbat.
(Sumber: Campbell et al., 2014)

(3) Teknologi Cangkok Jantung/Transplantasi Jantung

Transplantasi jantung merupakan teknik penggantian jantung yang rusak dengan menggunakan jantung yang berasal dari jantung orang lain sebagai pendonor. Untuk menjadi donor jantung ini terdapat beberapa syarat terkait kemungkinan kecocokan organ dan reaksi penolakan oleh tubuh penerima (resipien), sehingga tidak boleh dilakukan sembarangan.

(4) Teknologi Terapi Gen

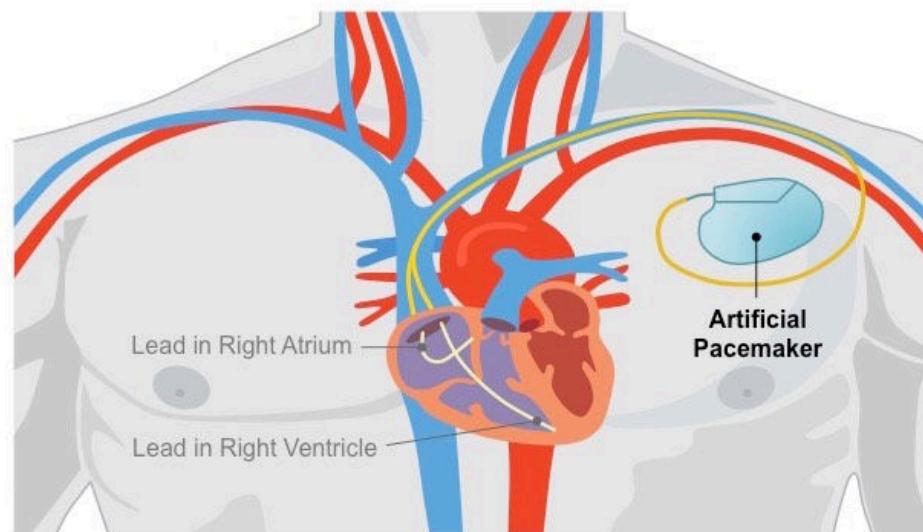
Terapi gen ini bekerja adalah dengan cara menumbuhkan pembuluh darah dan kemudian pembuluh darah yang tengah tumbuh tersebut akan menggantikan peran dari pembuluh darah yang telah rusak atau tidak berfungsi secara semestinya dengan menyuntikkan gen pengarah. Sel punca kemudian akan diarahkan untuk berkembang memperbaiki pembuluh darah yang rusak.

(5) Radioactive scanning atau pemindaihan dengan bahan radioaktif

Teknologi yang satu ini bisa mendeteksi adanya penyakit jantung dengan cara menyuntikkan bahan radioaktif ke dalam tubuh pasien. Aktivitas radioaktif kemudian dideteksi untuk mempelajari adanya kemungkinan gangguan peredaran darah. Setelah itu, hasilnya akan direkam untuk dijadikan bahan tinjauan selanjutnya.

(6) Teknologi Pacemaker

Pacemaker merupakan alat pemicu detak jantung untuk menstabilkan detak jantung dengan memberi impuls listrik berkekuatan ringan. Alat tersebut dipasangkan ke dalam organ jantung manusia sehingga pacemaker ini membantu pasien untuk tetap dapat mengalirkan aliran darah ke seluruh tubuh secara sempurna meskipun dengan kondisi jantung yang bermasalah. Jadi, alat pacemaker ini memberikan stimulus agar jantung tetap bisa memompa darah ke seluruh tubuh. Gambar 3.27 berikut menunjukkan pemasangan pacemaker.



Gambar 3.27 Pemasangan Pacemaker pada jantung

(Sumber: <https://ib.bioninja.com.au>)



6. Aktivitas Pembelajaran

Pada kegiatan belajar-2 anda sudah mempelajari bagaimana jantung bekerja untuk memompa darah ke seluruh tubuh untuk menjalankan fungsinya dalam transportasi nutrisi dan oksigen. Kali ini mari kita melakukan percobaan sederhana untuk melihat bagaimana jantung bekerja memompa darah ke seluruh tubuh, melalui pengukuran denyut nadi. Silahkan dicoba dan diikuti instruksinya sesuai dengan lembar kerja berikut!

LEMBAR KERJA PENGUKURAN DENYUT NADI

Dasar Teori

Denyut nadi adalah berapa kali arteri (pembuluh darah bersih) mengembang dan berkontraksi dalam satu menit sebagai respons terhadap detak jantung. Jumlah denyut nadi sama dengan detak jantung. Ini karena kontraksi jantung menyebabkan peningkatan tekanan darah dan denyut nadi di arteri. Mengukur denyut nadi sama artinya dengan mengukur denyut jantung. Jumlah denyut nadi seseorang bisa berbeda dari orang lain tergantung dari beberapa faktor, seperti aktivitas, usia, posisi, berat badan, dan hormon.

Berapakah idealnya jumlah denyut nadi normal? Nadi manusia rata-rata berdenyut sekitar 60-100 kali per menit. Namun, banyak ahli beranggapan bahwa standar denyut nadi normal tersebut harus diubah menjadi 50-70 kali per menit. Detak jantung menjadi salah satu faktor penting yang bisa memprediksi risiko sakit jantung. Denyut jantung yang optimal untuk setiap orang berbeda-beda tergantung kapan waktu mengukur detak jantung tersebut (saat istirahat atau setelah berolahraga). Detak jantung juga disesuaikan dengan jumlah oksigen yang diperlukan oleh tubuh saat itu. Dalam bidang medis detak jantung atau nadi digunakan untuk mengetahui kesehatan atau kebugaran seseorang. Terlebih, jika detak jantung itu tetap kencang meski dalam keadaan istirahat. Hal itu bisa menandakan jantung kita tetap bekerja keras untuk memompa aliran darah meski tak ada aktivitas fisik yang signifikan.

Tujuan

Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi frekuensi denyut nadi seseorang.

Alat dan Bahan:

- Stopwatch
- Alat tulis

Cara Kerja:

1. Tempatkan ujung telunjuk dan jari tengah tangan kanan di sisi telapak pergelangan tangan kiri atau sebaliknya, tepat di bawah pangkal jempol. Atau, tempatkan ujung telunjuk dan jari ketiga di leher bagian rahang bawah, di salah satu sisi tenggorokan. Jangan gunakan ibu jari karena ibu jari memiliki denyut ringan yang dapat membingungkan perhitungan.
2. Tekan lembut jari sampai merasakan denyut nadi di bawah jari Anda. Anda mungkin perlu memindah-mindahkan jari ke sekitarnya sampai benar-benar merasakan denyut.
3. Hitung denyut nadi dalam 15 detik. Kalikan hasilnya dengan 4 untuk mendapat angka denyut nadi istirahat per menit. Untuk perhitungan yang lebih akurat ulangi perhitungan tiga kali, kemudian rata-ratakan hasilnya.
4. Catatlah hasil perhitungan pada tabel pengamatan sesuai dengan kondisi yang diminta.



Tabel 3.5. Hasil pengamatan denyut jantung pada berbagai kondisi

No.	Nama	Usia	Istirahat	Setelah lari-lari kecil	Berbaring	Duduk	Berdiri

Kesimpulan:

Pertanyaan:

- (1) Faktor apa sajakah yang bisa meningkatkan frekuensi denyut nadi?

- (2) Mengapa jantung memompa darah lebih cepat ketika kita beraktivitas atau berolahraga?



7. Tugas

- a) Buatlah kisi-kisi soal Ujian Sekolah/Penilaian Tengah Semester/Penilaian Akhir Semester pada lingkup materi yang dipelajari sesuai format yang tertera pada Lampiran 1 (Sesuaikan dengan kurikulum 2013).
- b) Berdasarkan kisi-kisi diatas, buatlah soal Ujian Sekolah/Penilaian Tengah Semester/Penilaian Akhir Semester pada lingkup materi yang dipelajari pada modul ini.
- c) Sebisa mungkin kembangkan soal-soal yang melatihkan keterampilan berpikir aras tinggi (Higher Order Thinking Skills).
- d) Kembangkan soal pilihan ganda (PG) sebanyak 2 soal sesuai format yang tertera pada Lampiran 2a.
- e) Kembangkan soal uraian (Essay) sebanyak 2 Soal sesuai format yang tertera pada Lampiran 2b.

8. Refleksi

Materi yang Anda pelajari dalam kegiatan pembelajaran ini merupakan konsep dasar/esensial dan pengayaan untuk materi sistem peredaran darah, khususnya tentang alat peredaran darah dan mekanisme peredaran darah. Untuk kajian lebih lanjut yang dapat Anda pelajari lebih dalam lagi dengan memanfaatkan sumber belajar yang lain (textbook, ebook, artikel ilmiah, internet, dll.). Untuk itu, silakan mengeksplorasi referensi lain selain yang dituliskan dalam daftar pustaka.

Untuk mengetahui apa yang anda peroleh dari kegiatan belajar-2, Anda dipersilahkan membuat mind map sederhana berdasarkan apa yang Anda fahami dan peroleh pada kolom berikut.



BAB 4

EVALUASI

Petunjuk pengeraaan soal

Untuk mengevaluasi penguasaan materi Anda pada materi Sistem Peredaran Darah. Silahkan mengerjakan evaluasi ini secara mandiri sesuai dengan alokasi waktu yang disarankan. Setelah menyelesaikan soal latihan, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan kegiatan belajar Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian lampiran modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 85%, silahkan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 85%, sebaiknya Anda ulangi kembali mempelajari kegiatan pembelajaran mana yang masih dianggap perlu anda ulangi.

Soal Pilihan Ganda.

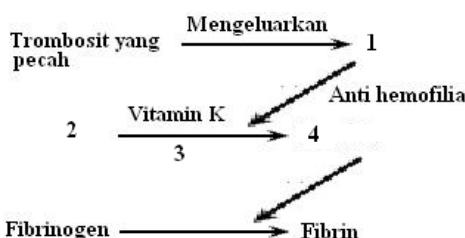
1. Sistem peredaran darah terbuka adalah sistem transportasi yang
 - tidak melalui pembuluh darah
 - tidak mengangkut O₂ dan CO₂
 - hanya mengangkut O₂
 - mengangkut sari makanan dan O₂
 2. Sistem peredaran darah tertutup terdapat pada hewan di bawah, *kecuali*
 - cacing tanah
 - ikan
 - katak
 - belalang
 3. Darah cacing tanah telah mengandung hemoglobin. Hemoglobin tersebut terdapat pada
 - sel-sel darah merah
 - plasma dan sel darah
 - leukosit
 - trombosit
 4. Komponen sel-sel darah yang paling banyak dijumpai di dalam sistem peredaran darah adalah
 - sel darah putih
 - sel darah merah
 - Basofil
 - Trombosit
 5. Protein plasma darah yang paling penting di dalam darah adalah
 - albumin, serum dan globulin
 - albumin, serum dan fibrinogen
 - fibrinogen, hemoglobin, dan globulin
 - albumin, globulin dan fibrinogen
 6. Fungsi dari plasma darah adalah
 - pengikat oksigen
 - membawa nutrisi
 - pengikat karbon dioksida
 - pembekuan darah
 7. Hemoglobin pada manusia dapat ditemukan pada
 - eritrosit
 - leukosit
 - sumsum tulang
 - Trombosit

8. Pernyataan yang benar tentang macam sel darah putih dengan peranannya
 - A. eosinofil memakan antigen dan mengontrol respon kebal
 - B. neutrofil mengenali antigen dan menghasilkan antibodi
 - C. basofil menembus pembuluh darah dan mengontrol respon kebal
 - D. limfosit mengontrol respon kekebalan dan menghasilkan antibodi

9. Seseorang yang mempunyai golongan darah B ditransfusi dengan darah seseorang yang mempunyai golongan darah O, maka
 - A. Akan terjadi aglutinasi karena darah resipien mengandung aglutinin a dan b
 - B. Tidak akan terjadi aglutinasi karena darah resipien tidak mengandung aglutinin a dan b
 - C. Tidak akan terjadi aglutinasi karena darah donor dan resipien masing-masing mengandung aglutinogen b
 - D. Terjadi aglutinasi karena darah donor mengandung aglutinin a dan b darah resipien mengandung aglutinin a

10. Zat yang menentukan golongan darah manusia adalah....
 - A. aglutinin dan eritrosit
 - B. aglutinin dan leukosit
 - C. aglutinin dan aglutinogen
 - D. aglutinogen dan eritrosit

11. Perhatikan skema proses pembekuan darah berikut !



- Komponen 1, 2 dan 3 adalah
- A. thrombin, prothrombin, ion Ca^{2+}
 - B. thrombokinase, prothrombin, ion Ca^{2+}
 - C. prothrombin, thrombin, ion Ca^{2+}
 - D. tromboplastin, thrombin, ion Ca^{2+}
12. Tabel di bawah ini adalah hasil pengetesan darah pada 5 orang siswa :

Siswa	Aglutinin		
	α	β	$\alpha \beta$
P	+	-	+
Q	-	+	+
R	-	-	-
S	+	+	+
T	-	-	+

Keterangan: + = terjadi penggumpalan
- = tidak terjadi penggumpalan

Berdasarkan tabel di atas, maka

- A. P bergolongan darah A
- B. Q bergolongan darah O
- C. R bergolongan darah AB
- D. S bergolongan darah A

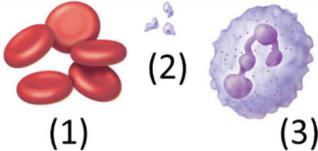


13. Apabila darah bergolongan darah A ditransfusikan ke orang yang bergolongan darah B, maka akan terjadi aglutinasi. Hal itu dikarenakan
- aglutinin penerima menggumpalkan aglutinogen pemberi
 - aglutinogen penerima menggumpalkan aglutinin pemberi
 - aglutinin pemberi menggumpalkan aglutinogen penerima
 - aglutinogen pemberi menggumpalkan aglutinin penerima

14. Pasangan aglutinogen dan aglutinin yang menunjukkan golongan darah O adalah

	Aglutinogen	Aglutinin
A	A	β
B	B	α
C	tanpa aglutinogen	α dan β
D	A dan B	tanpa aglutinogen

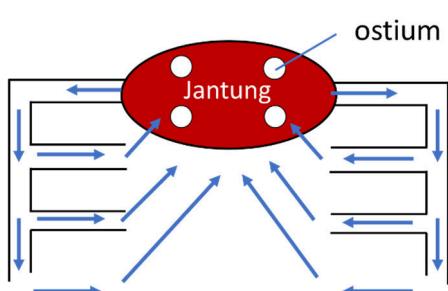
15. Perhatikan gambar sel darah berikut!

Gambar Sel Darah	Fungsi
 Sumber: https://www.stanfordchildrens.org/	<ol style="list-style-type: none"> Membantu proses pembekuan darah Mengangkut gas Oksigen dan karbon dioksida Membentuk sistem kekebalan tubuh

Secara berurutan pasangan yang tepat antara sel darah dengan fungsinya yang benar secara berurutan adalah....

- 1-a; 2-b; 3-c
 - 1-b; 2-a; 3-c
 - 1-c; 2-a; 3-b
 - 1-b; 2-c; 3-a
16. Suatu komponen darah mempunyai ciri-ciri sebagai berikut.
- Berbentuk bikonak sehingga memiliki permukaan yang lebar
 - Tidak berinti sehingga tidak dapat hidup lama
 - Berwarna merah karena mengandung hemoglobin
- Berdasarkan ciri-cirinya, nama komponen darah yang dimaksud beserta fungsinya adalah...
- trombosit yang berfungsi dalam proses pembekuan darah
 - plasma darah yang berfungsi mengangkut sari-sari makanan
 - eritrosit yang berfungsi mengedarkan oksigen ke seluruh tubuh
 - leukosit yang berfungsi melindungi tubuh dari kuman-kuman penyakit

17. Perhatikan diagram sistem peredaran darah pada salah satu jenis hewan berikut!



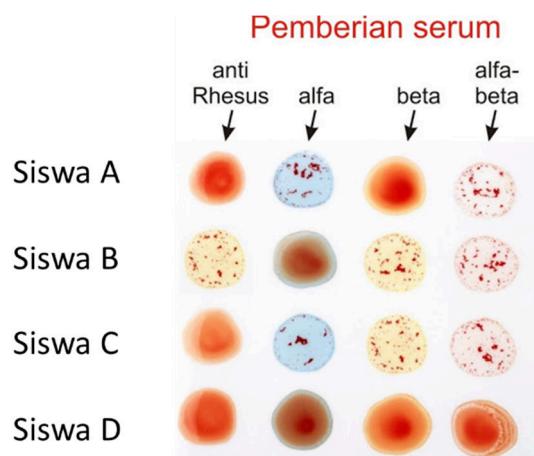
Sistem peredaran darah seperti pada gambar merupakan sistem peredaran.....

- Terbuka ganda
- Terbuka tunggal
- Tertutup tunggal
- Tertutup ganda

18. Pemisahan komponen sel darah dengan plasma darah dapat dilakukan dengan cara...
- aglutinasi
 - presipitasi
 - filtrasi
 - sentrifugasi

Pergunakan informasi berikut untuk menjawab soal nomor 19 dan 20!

Sekelompok siswa melakukan pengujian golongan darah dengan cara meneteskan serum anti-Rhesus, anti alfa, anti beta, dan anti alfa-beta. Hasil pengujian bisa dilihat pada gambar berikut.



19. Berdasarkan hasil pengujian golongan darah, siswa yang memiliki golongan darah B dan memiliki rhesus positif adalah...
- siswa A, karena terjadi aglutinasi setelah diberi serum anti alfa dan anti-Rhesus.
 - siswa B, karena terjadi aglutinasi setelah diberi serum anti beta, anti alfa-beta, dan anti-Rhesus.
 - siswa C, karena tidak terjadi aglutinasi setelah diberi serum anti beta, anti alfa-beta, dan anti-Rhesus.
 - siswa D, karena terjadi aglutinasi setelah diberi serum anti beta, anti alfa-beta, dan anti-Rhesus.
20. Jika suatu ketika ada kebutuhan darah bergolongan O, maka siswa Wang dapat mentransfusikan darahnya adalah...
- siswa A, karena pada plasma darahnya terdapat aglutinogen A dan B.
 - siswa B, karena pada sel darahnya terdapat agglutinogen B.
 - siswa C, karena pada plasma darahnya terdapat agglutinin a dan b
 - siswa D, karena pada plasma darahnya tidak terdapat agglutinin a dan b.

21. Tabel perbedaan arteri dan vena

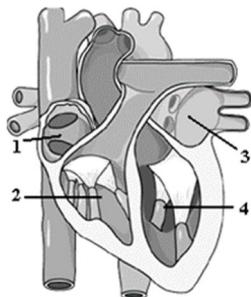
Perbedaan	Arteri	Vena
1. dinding	tebal dan elastis	tipis dan kurang elastic
2. aliran darah	meninggalkan jantung	menuju jantung
3. tekanan	lemah	kuat
4. darah	banyak O ₂ kecuali arteri pulmonalis	banyak CO ₂ kecuali vena pulmonalis
5. letak	dekat permukaan	lebih ke dalam
6. klep	banyak	tidak ada

Berdasarkan tabel di atas, maka perbedaan antara arteri dan vena menurut fungsinya

- 1 dan 3
 - 2 dan 4
 - 4 dan 6
 - 5 dan 1
22. Pembuluh arteri yang menuju seluruh tubuh yang berukuran besar dinamakan
- arteriol
 - kapiler
 - aorta
 - Venula
23. Pembuluh darah dari ventrikel kanan yang menuju ke paru-paru disebut
- vena pulmonalis
 - arteri pulmonalis
 - vena cava inferior
 - vena porta hepatica



24. Pernyataan berikut ini yang benar adalah
- serambi mempunyai dinding yang tipis dan terletak pada bagian atas jantung
 - serambi mempunyai dinding yang tebal dan terletak pada bagian bawah jantung
 - bilik mempunyai dinding yang tebal dan terletak pada bagian atas jantung
 - bilik mempunyai dinding yang tipis dan terletak pada bagian bawah jantung
25. Otot bilik kiri jantung lebih tebal dari otot bilik kanan karena
- bilik kiri berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh
 - bilik kiri berfungsi membuka katup aorta
 - bilik kiri harus berkontraksi secara terus menerus
 - darah di bilik kiri lebih pekat dari pada darah di bilik kanan
26. Aliran peredaran darah kecil adalah
- Jantung → paru-paru → jantung
 - Jantung → seluruh tubuh → jantung
 - Jantung → paru-paru → seluruh tubuh
 - Jantung → seluruh tubuh → paru-paru
27. Peredaran darah dari jantung ke paru-paru dan kembali ke jantung disebut
- peredaran darah besar
 - peredaran darah sistemik
 - peredaran darah pulmoner
 - peredaran darah terbuka
28. Urutan jalannya darah pada peredaran darah besar adalah
- bilik kiri → aorta → arteri → vena → serambi kanan
 - serambi kiri → aorta → arteri → vena → bilik kanan
 - bilik kiri → aorta → arteri → kapiler → vena → serambi kanan
 - serambi kiri → arteri → aorta → kapiler → vena → serambi kanan
29. Perhatikan gambar di bawah ini!



Bagian jantung yang mengandung darah yang kaya dengan oksigen adalah

-
- 1 dan 2
 - 3 dan 4
 - 2 dan 3
 - 1 dan 4

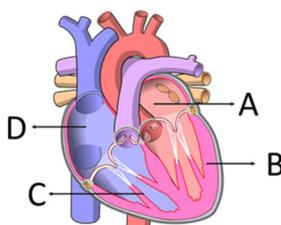
30. perhatikan beberapa penyakit yang menyerang manusia berikut!

- 1) Anemia
- 2) Hipertensi
- 3) Pneumonia
- 4) Tifus
- 5) Thallasemia

Penyakit yang menyerang organ peredaran darah diantaranya terdapat pada nomor....

- A. 1, 2, dan 3
- B. 1, 2, dan 5
- C. 1, 3, dan 4
- D. 1, 3, dan 5

31. perhatikan gambar penampang organ jantung berikut!



Struktur jantung yang dindingnya paling tebal akan ditemukan pada bagian....

- A. A
- B. B
- C. C
- D. D

32. Perhatikan gambar berikut



Sumber: pixabay.com

Pembuluh yang denyutnya terasa pada saat melakukan hal seperti pada gambar adalah....

- A. aorta
- B. vena
- C. arteri
- D. kaliper

33. Diagram berikut menunjukkan aliran darah dalam tubuh manusia!



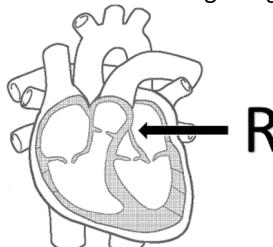
Apabila P dan Q adalah organ tubuh, S dan R adalah pembuluh darah, maka secara berurutan organ P, Q, dan kandungan oksigen dan karbon dioksida yang terukur pada bagian S dan R adalah....

	Organ P	Organ Q	Darah di R	Darah di S
A	Paru-paru	Jantung	Kaya CO ₂	Kaya O ₂
B	Paru-paru	Jantung	Kaya O ₂	Kaya CO ₂
C	Jantung	Paru-paru	Kaya CO ₂	Kaya O ₂
D	Jantung	Paru-paru	Kaya O ₂	Kaya CO ₂

34. Atherosklerosis merupakan kelainan pada sistem peredaran darah berupa....

- A. penyumbatan pembuluh darah oleh zat kapur
- B. penyumbatan pembuluh darah oleh lemak
- C. jumlah leukosit melebihi jumlah normal
- D. gangguan pembekuan darah

35. Perhatikan fungsi bagian jantung berikut!



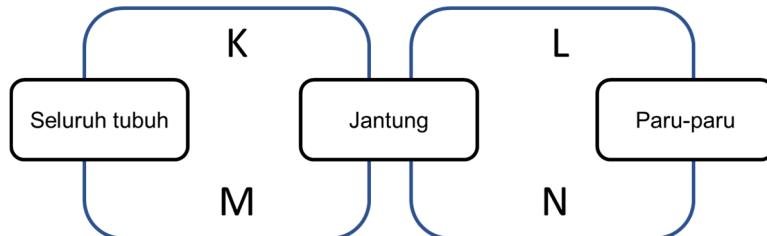
- 1) Menerima darah yang mengandung banyak O₂ dari paru-paru
- 2) Memompa darah yang mengandung banyak O₂ ke seluruh tubuh
- 3) Menerima darah yang mengandung banyak CO₂ dari serambi kanan
- 4) Memompa darah yang mengandung banyak O₂ ke bilik kiri

Pada gambar di samping, fungsi bagian yang ditunjuk huruf R terdapat pada angka...

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



36. Pembuluh darah yang berfungsi mengangkut darah yang mengandung banyak CO₂ dari jaringan tubuh ke jantung memiliki ciri-ciri....
- letaknya di dekat permukaan tubuh, aliran darahnya lambat, dan memiliki banyak katup.
 - denyutnya tidak terasa, dinding pembuluh tebal dan elastis, serta memiliki satu katup
 - denyutnya terasa, aliran darahnya cepat, dan memiliki satu katup di dekat jantung
 - memiliki banyak katup, letaknya di permukaan tubuh, dan denyutnya terasa
37. Diagram berikut menunjukkan pembuluh darah K, L, M, dan N yang terhubung dengan jantung, paru-paru, dan beberapa bagian tubuh.



Tabel berikut menunjukkan jumlah oksigen per ml darah pada pembuluh darah K, L, M, dan N.

No.	Pembuluh Darah	Jumlah Oksigen (unit)
1.	K	96
2.	L	64
3.	M	71
4.	N	99

- Arah aliran darah yang tepat berdasarkan diagram diatas adalah...
- K – L – M – N
 - N – K – M – L
 - L – N – M – K
 - K – L – N – M
38. Perhatikan data-data berikut.
- Dinding tipis dan kurang elastis
 - Dinding tebal dan elastis
 - Arah aliran darah menuju jantung
 - Arah aliran darah keluar dari jantung
 - Letak dekat permukaan
 - Letak lebih ke dalam
 - Katup hanya satu di pangkal
 - Katup banyak di sepanjang pembuluh
- Ciri-ciri pembuluh arteri ditunjukkan oleh nomor....
- (1), (3), (5), dan (8)
 - (2), (4), (6), dan (7)
 - (3), (4), (5), dan (7)
 - (3), (4), (5), dan (8)
39. Dalam mekanisme peredaran darah, terjadi peredaran darah yang mengangkut banyak oksigen dan peredaran darah yang mengangkut banyak karbon dioksida. Urutan peredaran darah yang mengangkut banyak karbon dioksida adalah...
- bilik kiri – aorta – arteri – jaringan tubuh – vena – serambi kanan
 - bilik kanan – arteri pulmonalis – paru-paru – vena pulmonalis – serambi kiri – bilik kiri
 - jaringan tubuh – vena – serambi kanan – bilik kanan – arteri pulmonalis – paru-paru
 - paru-paru – vena pulmonalis – serambi kiri – bilik kiri – arteri – jaringan tubuh

40. Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan hematologi Andra!

sel darah	per mm ³ darah	hasil Lab
Eritrosit	4-6 juta	3,1 juta
Leukosit	4,5-10 ribu	6,8 ribu
Trombosit	150-300 ribu	160 ribu

Dari hasil Laboratorium, Andra diduga menderita penyakit

- A. Anemia C. leukositosis
B. demam berdarah D. leukemia

PENILAIAN HASIL BELAJAR-1

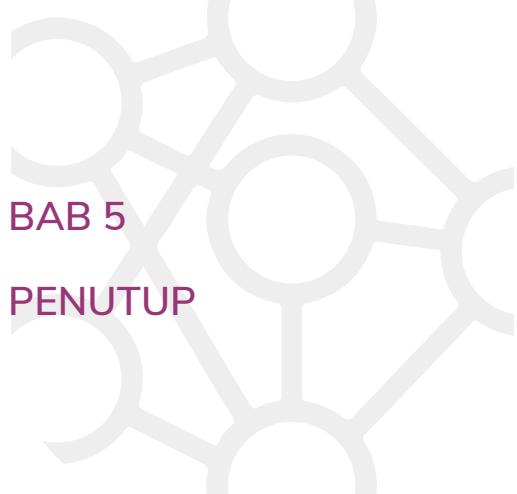
SKOR:

JUMLAH BENAR	
JUMLAH SALAH	
NILAI (JUMLAH BENAR/2) X 10	

KETERANGAN:

Rentang Skor	Keterangan
100	Istimewa
90 – 95	Sangat Baik
75 – 85	Baik
60 – 77	Cukup Baik
< 60	Kurang





BAB 5

PENUTUP

Modul Pengayaan Materi untuk topik Sistem Peredaran Darah Manusia disiapkan untuk menjadi sumber belajar pendampi bagi guru-guru jenjang Sekolah Dasar agar lebih terampil menerapkan konsep-konsep yang terdapat dalam modul ini dalam pembelajaran di kelas sesuai target kompetensi dasar pada kurikulum 2013. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi profesional yang harus dikuasai oleh guru kelas untuk mengajar IPA dengan sedikit pengayaan materi sesuai dengan keilmuan terkini.

Setelah membaca dan memahami modul ini guru diharapkan memiliki pengetahuan dasar yang memadai untuk mengajarkan materi yang sama ke peserta didiknya yang disesuaikan dengan tujuan pembelajaran Biologi di sekolah masing-masing secara profesional ataupun mendiseminaskannya kepada rekan sejawat di sekolah. Guru diharapkan secara aktif bisa menggali informasi tambahan, memecahkan masalah, dan berlatih soal-soal evaluasi pada modul ini. Adapun kegiatan belajar yang memerlukan waktu ekstra adalah pada kegiatan eksperimen sederhana, latihan soal pilihan ganda, dan latihan membuat soal evaluasi untuk kebutuhan penilaian guru pada topik terkait.

Semoga modul ini membantu Anda meningkatkan pemahaman konten, penguasaan materi dan keterampilan pada topik sistem Peredaran Darah. Modul ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu masukan atau perbaikan terhadap isi dari para pengguna modul sangat kami harapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.(2017). Penyakit Jantung Penyebab Kematian Tertinggi, Kemenkes Ingatkan CERDIK .[ONLINE]. Tersedia: <https://www.kemkes.go.id/article/view/17073100005/penyakit-jantung-penyebab-kematian-tertinggi-kemenkes-ingatkan-cerdik-.html> (Diakses 12 Mei 2020, pukul 11.20 WIB).
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., Jackson, R.B. (2014). Campbell Biology (10th Edition). Boston: Benjamin Cummings / Pearson.
- Derrickson, Bryan. (2017). Human Physiology. River Street, Hoboken, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Derrickson, B., and Tortora, G.J. (2009). Principles of ANATOMY & PHYSIOLOGY, 12th Edition. River Street, Hoboken, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Freeman, S.; Quillin, Kim; Allison, Elizabeth; Black, Michael; Taylor, Emily; Podgorski, G.; Carmichael, Jeff.(2017). Biological Science, Global Edition, 6th Edition. Edinburgh, England: Pearson Education Limited.
- Goodenough, J. and McGuire, B.(2010). Biology of Humans Concepts, Applications, and Issues, 4th edition, New York, USA: Benjamin Cummings.
- Raven, et al. (2017). Biology, Eleventh Edition, New York,USA: McGrawHill Higher Education.
- Martini, F.H., Timmons, M.J., and Tallitsch, R.B.(2009).Human Anatomy, 6th Edition. New York,USA: Pearson Education, Inc.
- Shier,D., Butler, J., Lewis, R. (2010). Hole's Human Anatomy & Physiology, Twelfth Edition. New York,USA: McGrawHill Higher Education.
- Ross, M.H., and Pawlina, W.(2011).Histology a Text and Atlas, Sixth Editiion. Walnut Street, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Starr, Cecie, Evers, Christine A., and Starr, Lisa.(2018). Biology: Concepts & Applications,Tenth Edition. Canada: Cengage Learning.



Sumber Gambar:

<http://www.drmani.com/wp-content/uploads/2018/08/heart-attack.jpg>
<https://www.zenithlabo.com/blog/es/2016/10/25/hematocrito/>
<https://www.quora.com/In-which-form-does-carbon-dioxide-move-out-of-the-blood>
<http://igcse-biology-2017.blogspot.com/2017/06/264b-understand-how-platelets-are.html>
<https://www.genetics.org/content/155/3/995>
<http://www.thepipettepen.com/transforming-blood-transfusions/>
<https://www.cancer.gov/images/cdr/live/CDR755979-750.jpg>
<https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/20-6-development-of-blood-vessels-and-fetal-circulation>
<https://www.flickr.com>
<https://ib.bioninja.com.au>
<https://www.pixabay.com>
<https://www.pixnio.com>
<https://www.tristatebariatrics.org>
<https://openstax.org>

GLOSARIUM

- Angiogenesis : Angiogenesis adalah proses fisiologis di mana pembuluh darah baru terbentuk dari pembuluh darah yang telah ada.
- Antibodi : Antibodi (bahasa Inggris: antibody, gamma globulin) adalah glikoprotein dengan struktur tertentu yang disekresikan oleh sel B. secara sederhana, antibodi adalah zat yang terbentuk dalam darah untuk menghancurkan bakteri atau virus, atau untuk memusnahkan racun atau zat asing.
- Antigen : Antigen adalah sebuah zat yang merangsang respon imun, terutama dalam menghasilkan antibodi. Antigen biasanya berupa protein atau polisakarida, tetapi dapat juga berupa molekul lainnya, termasuk molekul kecil (hapten) yang bergabung dengan protein-pembawa atau carrier.
- Arteri : Pembuluh nadi atau arteri adalah pembuluh darah berotot yang membawa darah dari jantung.
- Bikuspidalis : Katup yang terletak diantara atrium kiri dengan ventrikel kiri. Katup ini berfungsi untuk mencegah agar darah dalam ventrikel kiri tidak mengalir kembali ke atrium kiri. Katup ini sering disebut juga katup mitral, terdiri dari 2 daun katup.
- Eritropoiesis : Eritropoiesis adalah proses pembentukan eritrosit yang terjadi di sumsum tulang hingga terbentuk eritrosit matang dalam darah.
- Haemoglobin : Hemoglobin adalah metaloprotein (protein yang mengandung zat besi) di dalam sel darah merah yang berfungsi sebagai pengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh.
- Keterampilan proses : Keterampilan peserta didik untuk mengelola hasil yang didapat dalam kegiatan belajar mengajar yang memberi kesempatan seluas-luasnya kepada peserta didik untuk mengamati, menggolongkan, menafsirkan, meramalkan, menerapkan, merencanakan penelitian, dan mengkomunikasikan hasil perolehannya tersebut
- Kompetensi Dasar : Kemampuan dan muatan pembelajaran untuk suatu mata pelajaran pada Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah yang mengacu pada Kompetensi Inti.
- Kompetensi Inti : Tingkat kemampuan untuk mencapai Standar Kompetensi Lulusan yang harus dimiliki seorang peserta didik Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah pada setiap tingkat kelas.



- Kurikulum : Seperangkat rencana dan pengaturan mengenai tujuan, isi, dan bahan pelajaran serta cara yang digunakan sebagai pedoman penyelenggaraan kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu
- Tekanan Darah : Tekanan darah ialah tekanan tekanan yang diberikan oleh darah yang mengalir terhadap pembuluh darah (arteri, kapiler, vena). Jadi tekanan darah terdapat baik pada arteri, kapiler, maupun vena.
- Science Literacy : memahami IPA (sains) dan mengaplikasikannya bagi kebutuhan masyarakat
- Vena : Pembuluh balik atau vena adalah pembuluh yang membawa darah menuju jantung. Darahnya banyak mengandung karbon dioksida. Umumnya terletak dekat permukaan tubuh dan tampak kebiru-biruan.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Kunci Jawaban

KUNCI JAWABAN LEMBAR KERJA 1.1, HALAMAN 8

Tabel Perbandingan sistem sirkulasi beberapa hewan

Nama Hewan	Fillum	Sistem Sirkulasi
Ikan Mas	Chordata	Tertutup tunggal
Burung Merpati	Chordata	Tertutup ganda
Katak	Chordata	Tertutup ganda
Cacing tanah	Annelida	Tertutup tunggal
Monyet	Chordata	Tertutup ganda
Kadal	Chordata	Tertutup ganda
Kecoa	Arthropoda	Terbuka tunggal

*) Sistem sirkulasi bisa diisikan Tertutup atau terbuka dan apakah tunggal atau ganda.

Apakah setiap individu dalam satu fillum memiliki sistem sirkulasi yang sama?

Umumnya pada filum yang sama memiliki system sirkulasi yang sama, walaupun ada beberapa pengecualian, seperti pada filum chordata. Hanya kelas Pisces yang memiliki system peredaran darah tertutup tunggal.

Apakah setiap individu yang berbeda fillum memiliki sistem sirkulasi yang berbeda pula?

Secara umum, filum yang berbeda memiliki sistem peredaran darah yang berbeda.



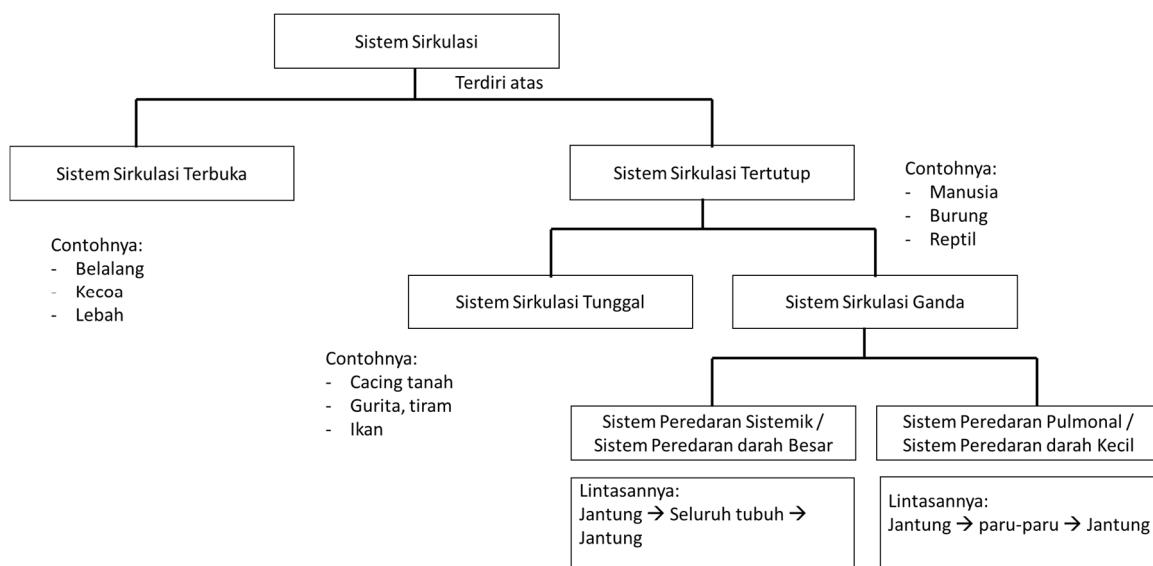
KUNCI JAWABAN LEMBAR KERJA 1.2, Analisis Artikel, HALAMAN 10

Berdasarkan artikel tersebut, sel darah sangatlah penting untuk manusia karena:

Sel darah penting untuk menunjang seluruh aktivitas tubuh makhluk hidup, termasuk manusia. Sel darah memiliki peranan penting bagi pengangkutan gas oksigen dan karbondioksida, mekanisme pertahanan tubuh, dan proses penyembuhan luka. Berdasarkan artikel tersebut, pada kasus anemia aplastic sel darah tidak terbentuk sebagai mana mestinya. hal ini dapat menyebabkan gangguan proses fisiologis yang serius untuk pasien yang mengalaminya, sehingga salah satu alternatifnya adalah dengan transfusi darah, atau terapi pencegah infeksi jika penyebabnya akibat infeksi.

KUNCI JAWABAN LEMBAR KERJA 1.3, Aktivitas Pembelajaran, HALAMAN 21-23

- a) Melengkapi Peta konsep berdasarkan pembahasan mengenai jenis-jenis sistem sirkulasi:



- b) Melengkapi narasi:

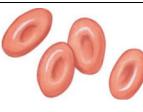
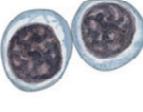
Darah tersusun dari dua komponen utama, yaitu **plasma darah** dan **Sel Darah**. Saat embrio darah dibentuk pada organ **hati** dan **sum-sum tulang merah**, sementara saat dewasa dibentuk di **sum-sum tulang merah**. Proses pembentukan sel darah merah disebut sebagai **eritropoiesis/hematopoiesis**. Plasma darah terdiri atas **90 %** air dan **10 %** komponen terlarut dalam air, seperti: **nutrisi, vitamin dan mineral, gas, protein darah**, dan **sisa metabolisme**. Sel darah terdiri atas: **eritrosit, leukosit**, dan **trombosit**. Sel yang tak berinti dan memiliki bentuk bikonkaf adalah **eritrosit**, dan memiliki pigmen khusus yang mampu mengikat gas **Oksigen (O_2), karbondioksida (CO_2), dan karbonmonoksida (CO)** yang disebut **haemoglobin**. Sementara itu, sel darah yang berperan untuk respons kekebalan dan pertahanan tubuh terhadap benda asing adalah **leukosit**, yang kemudian dibagi 2 berdasarkan ada tidaknya **butiran/granula**. Sel yang memiliki **granula**, terdiri atas : neutrofil, **basofil**, dan **eosinofil**, sedangkan sel yang tidak memiliki **granula** terdiri atas: **monosit** dan **limfosit**. Sel darah yang tidak

berinti adalah **eritrosit** dan **trombosit**. Sel yang berperan khusus untuk proses **pembekuan darah** adalah keping darah atau disebut juga **trombosit**. Sel ini dibentuk secara khusus oleh sel **punca hematopoietik** yang ada di sumsum tulang merah.

c) Lima Fungsi darah (jawaban mencakup lima pilihan dari fungsi berikut):

- (1) mengangkut gas pernapasan (oksigen dan karbondioksida), nutrisi, dan hormon;
- (2) Mengangkut sisa metabolisme dari sel tubuh untuk dikeluarkan dari tubuh yang dilakukan oleh plasma darah, karbon dioksida dikeluarkan melalui paru-paru, urea dikeluarkan melalui ginjal.
- (3) Mengatur derajat keasaman (pH) dan komposisi ion cairan interstisial atau cairan jaringan;
- (4) Untuk pertahanan diri dari serangan mikroorganisme (virus, bakteri, jamur, dll.) atau sebagai sistem imun, karena melawan senyawa toksik dan patogen di dalam tubuh;
- (5) Mempertahankan suhu tubuh;
- (6) Mencegah kehilangan cairan yang terjadi akibat luka, karena di dalam darah mengandung substansi yang berperan dalam pembekuan darah;
- (7) Mengatur keseimbangan antara darah dengan cairan interstisial.

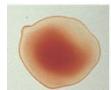
d) Nama Sel Darah dan fungsinya:

	<p>Nama Sel Darah: ERITROSIT Fungsi: mengedarkan oksigen ke seluruh jaringan melalui pengikatan oksigen oleh hemoglobin.</p>
	<p>Nama Sel Darah: MONOSIT Fungsi: Memakan zat asing karena berperan sebagai sel fagosit, Sel ini merupakan sel yang paling rakus.</p>
	<p>Nama Sel Darah: LIMFOSIT Fungsi: Terdiri atas limfosit B dan T, berfungsi dalam respons kekebalan secara spesifik dengan membentuk antibodi.</p>
	<p>Nama Sel Darah: EOSINOFIL Fungsi: Eosinofil berfungsi menyerang bakteri, membuang sisa sel yang rusak, dan mengatur pelepasan zat kimia pada saat menyerang bakteri.</p>
	<p>Nama Sel Darah: NEUTROFIL Fungsi: Neutrofil berfungsi menyerang dan mematikan bakteri penyebab penyakit yang masuk ke dalam tubuh, dengan cara menyelubunginya dan melepaskan suatu zat yang mematikan bakteri.</p>



	<p>Nama Sel Darah: TROMBOSIT (PLATELET/KEPING DARAH)</p> <p>Fungsi:</p> <p>Proses pembekuan darah dan penyembuhan luka.</p>
	<p>Nama Sel Darah: BASOFIL</p> <p>Fungsi:</p> <p>Basofil berfungsi mencegah penggumpalan di dalam pembuluh darah, dengan membentuk zat heparin dan histamin untuk respons alergi.</p>

e) Analisis Data Percobaan Penentuan Golongan Darah pada Manusia

Pasien	Setelah penambahan serum	
	Anti A	Anti B
Pasien A		
Pasien B		
Pasien C		
Pasien D		

a) Golongan darah pasien A, B, C, dan D:

Pasien A	Golongan darah AB
Pasien B	Golongan darah A
Pasien C	Golongan darah B
Pasien D	Golongan darah O

- b) Golongan Darah yang hanya dapat menerima darah dari satu golongan saja adalah golongan darah O yang dimiliki oleh Pasien D
- c) Pasien yang dapat mendonorkan darahnya ke semua pasien yang ada adalah pasien D yang bergolongan darah O.
- d) Pasien yang disebut resipien universal adalah pasien A, karena tidak memiliki aglutinin dalam darahnya.

KUNCI JAWABAN LEMBAR KERJA 2.1, Aktivitas Pembelajaran, HALAMAN 31

Tabel 7. Tabel Perbedaan pembuluh nadi dan pembuluh balik

Pembeda	Pembuluh Nadi (Arteri)	Pembuluh Balik (Vena)
Letak	Jauh dari permukaan kulit	Dekat permukaan kulit
Fungsi	Memompa darah keluar dari jantung	Membawa darah menuju jantung
Dinding pembuluh	Tebal dan elastis	Tipis dan tidak elastis
Arah aliran darah	Keluar dari jantung	Menuju jantung
Kandungan CO ₂	Umumnya rendah, kecuali pada arteri pulmonalis	Umumnya tinggi, kecuali pada vena pulmonalis
Kandungan O ₂	Umumnya tinggi, kecuali pada arteri pulmonalis	Umumnya rendah, kecuali pada vena pulmonalis
Denyut	Terasa, denyut kuat	Tidak terasa, denyut lemah
Ada tidaknya Katup	Tanpa katup, hanya 1 katup di jantung (semilunas aorta)	Sepanjang pembuluh
Jika terluka	Darah memancar	Darah menetes
Kecepatan aliran darah	cepat	lambat

Lampiran 1. Kunci Jawaban Evaluasi

- | | | | | | | | |
|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| 1. | A | 11. | B | 21. | B | 31. | B |
| 2. | D | 12. | A | 22. | C | 32. | C |
| 3. | A | 13. | A | 23. | B | 33. | A |
| 4. | B | 14. | C | 24. | A | 34. | B |
| 5. | D | 15. | A | 25. | A | 35. | B |
| 6. | B | 16. | C | 26. | A | 36. | A |
| 7. | E | 17. | B | 27. | B | 37. | B |
| 8. | D | 18. | C | 28. | C | 38. | B |
| 9. | B | 19. | B | 29. | B | 39. | C |
| 10. | C | 20. | D | 30. | B | 40. | A |



Lampiran 2. Format Kisi-kisi Soal dan Kartu Soal

Kisi-kisi soal Tes Prestasi Akademik Kurikulum 2013

Jenjang : Sekolah Dasar
Mata Pelajaran : Ilmu Pengetahuan Alam (IPA)

No.	Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar	Kelas	Materi	Indikator	Bentuk Soal
1.						
2.						
3.						

Lampiran 3. Contoh Format Kartu Soal

Mata Pelajaran: Ilmu Pengetahuan Alam (IPA)

Kelas/Semester : V/Genap

Kurikulum : 2013

Kompetensi	:
Dasar	
Materi	:
Indikator Soal	:
Level Kognitif	:
Bentuksoal	:

SOAL

Pedoman Penskoran:

No.	Kunci Jawaban	Skor
1.		
Jumlah skor		

Cara menjawab soal:

Alternatif cara peserta didik menjawab:

Keterangan:

Soal ini termasuk soal HOTS karena:

- 1)
- 2)





Jl. Diponegoro 12 Bandung 40115, West Java, Indonesia

+62 22 421 8739 +62 22 421 8749

secretariat@qitepinscience.org www.qitepinscience.org

+62 821 2345 0630 qitep_in_science QITEP in Science @qitepinscience Qitep In Science