

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi
Republik Indonesia, 2022
Biologi untuk SMA/MA Kelas XI
Penulis: Rini Solihat, dkk.
ISBN: 978-602-427-893-9



Bab 5

Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit

Pernakah Kalian memerhatikan bagaimana perubahan kondisi tubuh saat sakit? Bagaimana sistem pertahanan dapat mengenali, merespon dan mengatasi berbagai ancaman terhadap kesehatan tubuh manusia?

Sumber gambar: Zamzam Nursani (2022)

Tujuan Pembelajaran

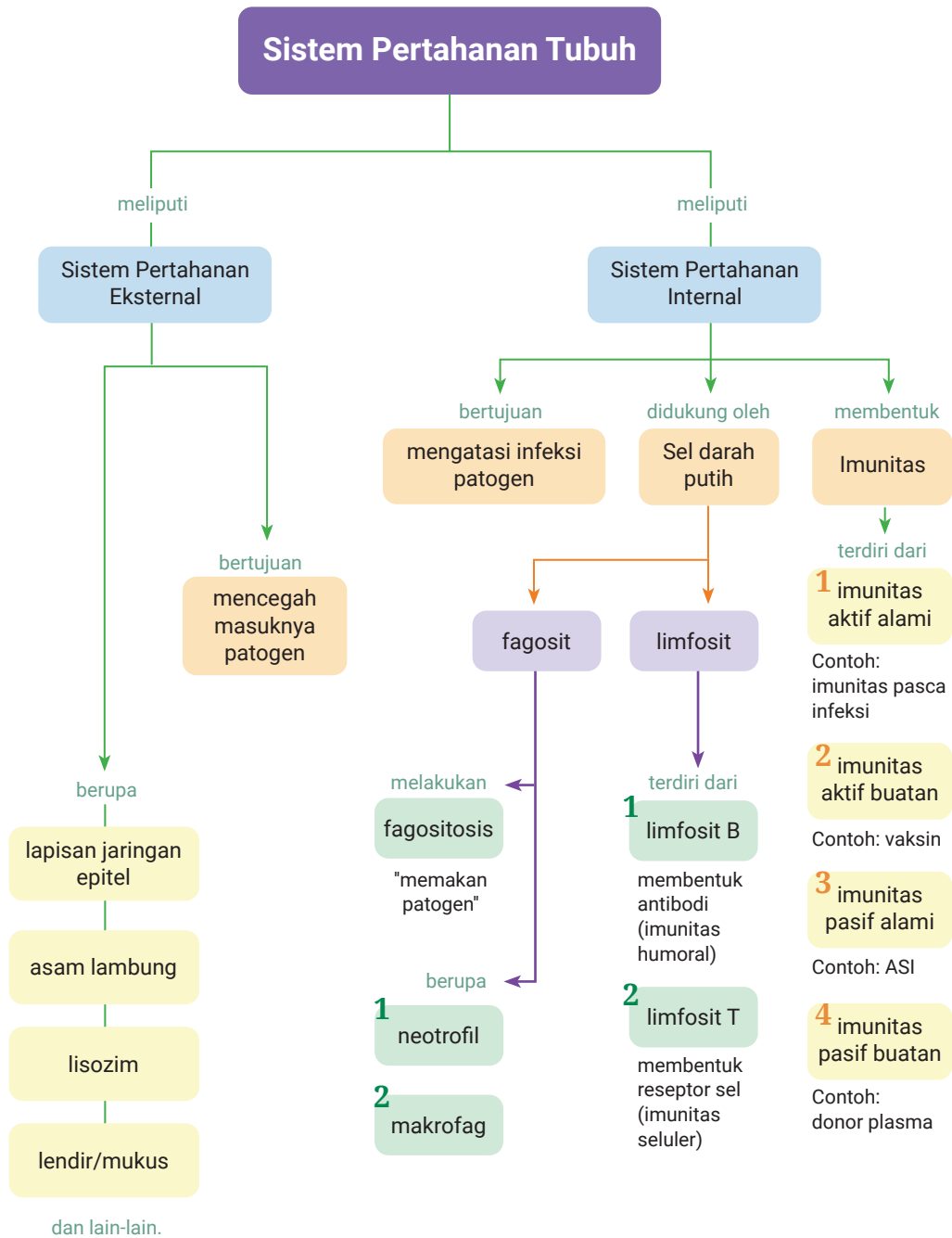
Setelah mempelajari Bab ini, Kalian diharapkan mampu:

1. Menganalisis keterkaitan peran antarkomponen penyusun sistem pertahanan tubuh pada manusia.
2. Menyelidiki gangguan sistem pertahanan tubuh dalam kaitannya dengan terjadinya sejumlah penyakit

Kata Kunci

- Antibodi
- Antigen
- Imunitas aktif
- Imunitas pasif
- Infeksi
- Patogen
- Sel darah putih
- Sistem imun
- Vaksinasi

Peta Konsep



Apakah Kalian mengerti apa itu vaksin? Di masa pandemi Covid-19, tentunya Kalian sering mendengar tentang vaksin. Vaksinasi, baik publik maupun swasta, dilakukan di mana-mana. Sudahkah Kalian menerima dosis vaksin Covid-19? Bagaimana dengan keluargamu atau orang-orang di sekitar Kalian, apakah mereka sudah divaksinasi? Vaksin diperlukan untuk melindungi tubuh manusia dari infeksi mikroorganisme, terutama infeksi virus. Tidak hanya vaksin Covid-19, ada banyak jenis vaksin untuk mengobati infeksi berbagai jenis virus. Dapatkah Kalian menyebutkan beberapa di antaranya?

Berbagai jenis penyakit telah berhasil diteliti dan diungkap bagaimana penyebab, gejala bahkan cara mengobatinya. Ada penyakit yang bersifat menular maupun yang tidak menular. Banyak penyakit menular diantaranya disebabkan oleh infeksi mikroorganisme baik virus, bakteri dan lainnya. Dampak penyakit infeksi ini sangat dipengaruhi oleh cara hidup mikroorganisme penyebabnya dan respon tubuh manusia terhadap infeksi mikroorganisme tersebut.

Pada pembelajaran Biologi di kelas X, Kalian juga telah mengenal ragam jenis dan cara hidup mikroorganisme dari berbagai kingdom, dari yang hidup bebas hingga yang menggantungkan hidup pada organisme lain (bersifat parasit). Mereka dapat ditemukan dalam berbagai kondisi lingkungan, dari yang menempel pada permukaan benda, terbawa oleh makanan, hingga yang tersebar di udara.

Berbagai faktor baik yang berasal dari dalam maupun luar tubuh dapat menyebabkan tubuh manusia berada dalam kondisi kesehatan yang tidak optimal atau yang lebih kita kenal sebagai kondisi sakit. Infeksi mikroorganisme, paparan zat berbahaya, maupun perubahan kondisi seluler dapat terjadi dan memicu terjadinya penyakit. Untuk mengantisipasi dan mengatasi terjadinya penyakit ini, tubuh manusia dibekali sistem pertahanan yang dikenal dengan sistem imun tubuh. Sebelum belajar lebih lanjut tentang sistem pertahanan tubuh terhadap penyakit, lakukanlah Aktivitas 5.1 berikut.



Untuk memastikan pemahaman Kalian dalam membedakan penyakit infeksi dan penyakit noninfeksi serta risikonya, pelajari infografis dari Litbang Kompas berikut!



sumber: Litbang 'Kompas'/BIP, dari Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (Balitbangkes) Kementerian Kesehatan

Berdasarkan informasi di atas, tentukan kategori fakta atau opini dari pernyataan berikut! Berilah tanda centang (✓) pada kolom jawaban berikut!

No.	Pernyataan	Fakta	Opini
1.	Laki-laki lebih berisiko terserang Tuberkulosis dibandingkan perempuan.		
2.	Pneumonia lebih banyak menimbulkan kematian pada perempuan dibandingkan pada laki-laki.		
3.	Lima penyebab kematian tertinggi di Indonesia dapat dihindari dengan pola hidup sehat.		
4.	Minimnya jenis penyakit infeksi pada daftar penyebab kematian di Indonesia menunjukkan risiko penularan yang rendah.		
5.	Stroke adalah penyakit noninfeksi yang paling mematikan di Indonesia.		

Cek sejauh mana penguasaan Kalian terhadap materi aktivitas ini pada *appendix* buku atau lampiran buku. Jika masih terdapat jawaban yang salah, Kalian perlu mempelajari kembali buku teks SMP dan SMA Kelas X tentang jenis penyakit infeksi!

A. Sistem Pertahanan Eksternal dan Internal

Tubuh manusia memiliki berbagai mekanisme pertahanan diri dalam mengatasi potensi penyakit termasuk infeksi mikroorganisme. Mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit dikenal sebagai patogen. Mekanisme pertahanan tubuh tersebut ada yang ditujukan untuk mencegah masuknya patogen ke dalam jaringan tubuh, disebut sebagai pertahanan eksternal. Selain itu, ada juga mekanisme pertahanan yang ditujukan untuk mengatasi infeksi patogen yang sudah terlanjur masuk ke dalam jaringan tubuh, yang disebut sebagai pertahanan internal. Pertahanan eksternal dan internal tubuh ini dapat bersifat bawaan (*innate*) dan selalu bersiap siaga mengantisipasi munculnya potensi penyakit, bahkan walau tidak terjadi infeksi. Disisi lain, juga terdapat mekanisme pertahanan internal yang bersifat adaptif, yang secara spesifik hanya aktif ketika terjadi infeksi saja.

1. Pertahanan Eksternal Nonspesifik

Pertahanan eksternal mencegah patogen masuk ke dalam jaringan tubuh sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya gangguan kesehatan lebih jauh. Walau tidak dapat mencegah paparan patogen secara total, namun adanya pertahanan eksternal sangat penting bagi tubuh manusia. Bentuk pertahanan ini dapat berupa pertahanan fisik, kimiawi, dan pertahanan di tingkat sel.

a. Pertahanan fisik

Adanya lapisan pelindung permukaan tubuh yang membatasi dengan lingkungan luar. Jaringan epitel yang melapisi saluran pernapasan, pencernaan dan organ lainnya adalah penghalang fisik yang efektif untuk mencegah atau meminimalisasi masuknya patogen.

b. Pertahanan kimiawi

Pertahanan kimia berupa sekresi sejumlah senyawa kimia oleh kelenjar tubuh untuk meminimalisir jumlah patogen yang masuk ke dalam tubuh. Sebut saja sekresi Hidrogen Klorida di lambung untuk mengatasi patogen terbawa bersama makanan; sekresi lendir di saluran pernapasan untuk menangkap debu dan patogen; serta sekresi lisozim (enzim perusak dinding sel bakteri) pada komposisi air mata, air liur, dan keringat.

c. Pertahanan di tingkat sel

Peran sejumlah sel khusus dalam menurunkan risiko paparan patogen seperti dalam mekanisme penutupan luka oleh trombosit (keping darah). Mekanisme ini dapat mencegah masuknya patogen melalui jaringan yang terbuka pada area luka.

Untuk memahami lebih dalam peran sistem pertahanan eksternal nonspesifik khususnya pada kulit, ayo lakukanlah Aktivitas 5.2 berikut!



Ayo Bereksplorasi

Aktivitas 5.2

Kulit, Benteng Pertahanan Tubuh

Untuk melindungi tubuh dari mikroorganisme, kulit adalah organ pelindung eksternal yang andal. Dengan sifat strukturalnya, kulit dapat melakukan fungsi pelindungnya.

Dalam Aktivitas 5.2 ini, Kalian akan kembali melakukan observasi pada anatomi kulit. Gunakan kaca pembesar (lup) untuk memudahkan observasimu. Tentukan struktur manakah pada kulit yang mendukung fungsi protektifnya! Tuliskan pula ciri dan fungsi struktur tersebut seperti contoh tabel di bawah ini!

Tabel 5.1 Hasil Pengamatan Ciri dan Fungsi Struktur Kulit

No.	Struktur	Ciri Teramati	Fungsi
1.	Pori-pori	Lubang kecil di sekitar rambut	Pengeluaran keringat yang mengandung lisozim
2.	dst...		

Kemukakan jawaban Kalian di depan kelas dalam diskusi singkat yang dibimbing oleh guru! Jangan lupa untuk selalu menghormati dan menghargai perbedaan pendapat yang dapat saja terjadi dalam diskusi!

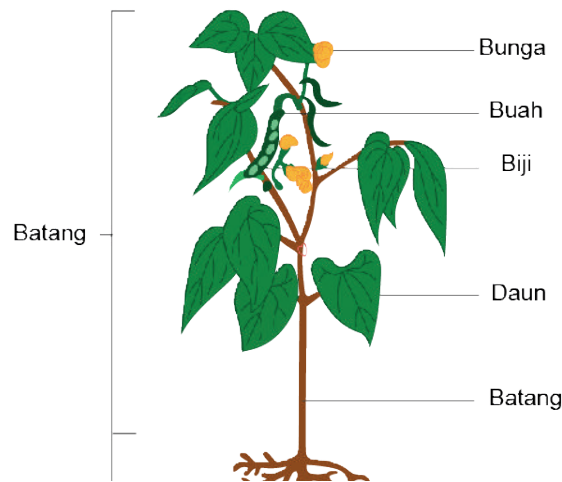
Pertahanan eksternal adalah mekanisme pertahanan umum yang tidak secara khusus membedakan jenis patogen. Dengan kata lain, pertahanan ini tidak spesifik. Kurangnya pengenalan patogen berarti bahwa efektivitas pertahanan eksternal terbatas. Misalnya, efek HCl lambung akan sama untuk semua patogen yang terbawa bersama makanan. Meskipun kondisi asam umumnya dapat menghambat atau bahkan menghentikan aktivitas sel, namun jika ada patogen yang dapat beradaptasi dengan kondisi asam, HCl tentu tidak akan efektif dalam menghentikan patogen tersebut. Oleh karena itu, tubuh memerlukan mekanisme pertahanan lanjutan yang dapat mengantisipasi masuknya patogen ke dalam jaringan tubuh dan mencegah dampak buruk selanjutnya.

2. Pertahanan Internal Spesifik (Antigen-Antibodi)

Sistem pertahanan internal spesifik ditandai dengan pengenalan terhadap patogen spesifik oleh sejumlah tipe sel darah putih (leukosit). Tipe leukosit tertentu akan membedakan mana komponen yang “aman” untuk tubuh, serta mana komponen “asing” yang berpotensi membahayakan tubuh hingga perlu dihancurkan.

Leukosit akan mengenali partikel khas dari patogen yang disebut **antigen**. Antigen dapat berupa protein, glikoprotein, lipid, polisakarida, dan berbagai zat yang dihasilkan oleh patogen tersebut. Antigen ditemukan sebagai bagian struktur sel patogen maupun partikel yang terpisah dari selnya. Saat suatu antigen terdeteksi atau bahkan dikenali keberadaanya di dalam jaringan tubuh, maka tubuh akan menciptakan respon imun. Respon imun yang bersifat bawaan (*innate*) akan berlaku umum untuk semua tipe antigen, misal respon demam dan peradangan. Beragam jenis infeksi virus dapat memicu terjadinya demam dan peradangan. Sementara itu respon imun yang adaptif akan

memberikan respon yang lebih spesifik dengan pembentukan antibodi untuk setiap antigen yang dikenali.



Gambar 5.1 Struktur antibodi dan antigen

Respon imun yang spesifik ditandai dengan pembentukan antibodi oleh leukosit, khususnya dari tipe limfosit. **Antibodi** adalah molekul glikoprotein yang berfungsi menandai dan melawan antigen spesifik. Bagaimana bentuk perlawanan antibodi terhadap antigen? Untuk memahami lebih dalam tentang antibodi, ayo lakukanlah Aktivitas 5.3!

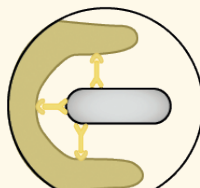


Ayo Bereksplorasi

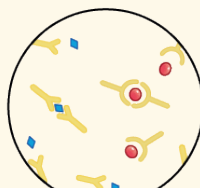
Aktivitas 5.3

Bagaimana Antibodi Bekerja?

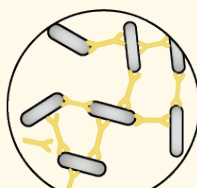
Respon antibodi terhadap antigen sangat beragam. Respon-respon ini umumnya merupakan upaya molekuler dan seluler dalam mengurangi atau bahkan menghilangkan patogen atau efek infeksi. Berikut terdapat empat gambar ilustrasi yang menunjukkan reaksi antibodi (berbentuk seperti huruf Y) saat mengenali antigen.



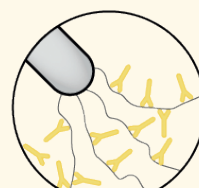
Gambar A



Gambar B



Gambar C



Gambar D

Pasangkanlah deskripsi reaksi dengan gambar dengan melengkapi kolom berikut dengan benar!

Deskripsi Reaksi Antibodi	Nomor Gambar
Antibodi bergabung dengan virus dan racun bakteri yang mencegahnya memasuki atau merusak sel	
Antibodi menempel pada flagela bakteri membuatnya kurang aktif dan lebih mudah ditelan oleh fagosit	
Antibodi melapisi bakteri, membuatnya lebih muda bagi fagosit untuk menelannya	
Antibodi dengan beberapa situs pengikatan antigen menyebabkan aglutinasi (penggumpalan) bakteri yang mengurangi kemungkinan penyebaran keseluruh tubuh	

Cek sejauh mana penguasaan Kalian terhadap materi aktivitas ini pada *appendix* buku atau lampiran buku. Jika masih terdapat jawaban yang salah, Kalian perlu mempelajari kembali mengenai respon antigen-antibodi pada bab ini!

Respon imun dalam pertahanan internal tubuh tidak hanya dipicu oleh pengenalan patogen. Pada kasus alergi atau imunitas yang terlalu sensitif, respon imun dapat dipicu oleh hadirnya molekul-molekul non patogen (contoh: zat kitin, debu, serbuk sari, dan lain-lain) ke dalam tubuh, atau bahkan perubahan kondisi tubuh yang umum (contoh: kedinginan). Dengan demikian antigen juga diartikan sebagai molekul apa pun yang dapat memicu respon imun, baik yang berasal dari patogen maupun non-patogen. Jika kehadiran suatu molekul memicu respon imun, maka molekul tersebut dianggap asing dan perlu direspon lebih lanjut oleh tubuh.

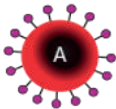
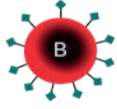
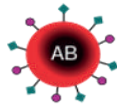







3. Respon Imun dan Pengenalan Tubuh

Setiap sel manusia memiliki molekul pengenal di permukaan membrannya. Molekul ini sering disebut sebagai ***antigen permukaan sel***. Mengapa disebut antigen? Walaupun tidak menstimulasi antibodi dalam tubuh sendiri, molekul ini akan melakukannya jika memasuki tubuh orang lain. Artinya, respon imun tidak terjadi tubuh mengenali

antigen permukaan selnya. Respon imun akan muncul dengan hadirnya sel dengan antigen permukaan yang asing. Mekanisme ini dapat dijelaskan pada proses transfusi darah serta donor organ antar manusia.

Pada penggolongan darah dengan sistem AB0, antigen permukaan sel berupa glikolipid pada membran sel darah merah (eritrosit) yang disebut **aglutinogen**. Jika Kalian bergolongan darah A, maka eritrosit Kalian memiliki aglutinogen tipe A di permukaannya. Tubuh Kalian hanya akan mengenali darah dengan aglutinogen A sebagai “darah sendiri”. Jika darah bergolongan A diberikan pada orang bergolongan darah B pada proses transfusi, penerima akan mengenali eritrosit tersebut sebagai benda asing dan segera membentuk antibodi di plasma darah. Antibodi ini disebut **aglutinin**. Pengenalan antibodi terhadap antigen eritrosit ini menyebabkan penggumpalan darah (**aglutinasi**). Aglutinasi darah tentu akan sangat berbahaya karena dapat menghambat bahkan merusak sistem sirkulasi tubuh. (*lihat kembali bab sebelumnya tentang peran sistem sirkulasi pada tubuh manusia*). Lalu, bagaimana dengan jenis golongan darah AB dan 0 (nol)? Pola dari antigen dan antibodi pada masing-masing golongan darah disajikan pada **Tabel 5.2** di bawah ini!

Tabel 5.2 Penggolongan Darah Sistem AB0

Golongan Darah	Golongan Darah A	Golongan Darah B	Golongan Darah AB	Golongan Darah 0 (Nol)
Tipe Sel Darah Merah				
Antigen di Permukaan Sel Darah Merah	 Antigen A atau Aglutinogen A	 Antigen B atau Aglutinogen B	 Antigen atau Aglutinogen A dan B	Tidak ada Antigen/ Aglutinogen
Antibodi di Plasma Darah	 Anti B atau Aglutinin B	 Anti A atau Aglutinin A	Tidak ada Antibodi / Aglutinin	 Anti A dan B atau Aglutinin A dan B

Untuk lebih memahami mekanisme pengenalan antigen permukaan sel pada sistem penggolongan darah AB0, ayo lakukanlah Aktivitas 5.4 berikut!



Ayo Bereksplorasi

Aktivitas 5.4

Apa Golongan Darahmu?

Tujuan:

1. Menjelaskan metode pengujian golongan darah dalam sistem AB0.
2. Menganalisis reaksi antigen-antibodi dalam proses pengujian golongan darah sistem AB0.

Landasan Teori:

Sistem golongan darah AB0 ditentukan oleh ada atau tidak adanya antigen A dan B yang terekspresikan pada sel darah merah, serta ada atau tidak adanya antibodi A dan B pada plasma atau serum (serum anti-A dan anti-B). Reaksi penggumpalan akan terjadi jika darah diberi serum yang mengandung antibodi yang mengenali antigen darah.

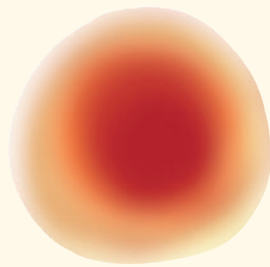
Alat dan Bahan:

- | | |
|---------------|----------------------------|
| 1. Kartu tes | 6. Spidol |
| 2. Lanset | 7. Tisu |
| 3. Kapas | 8. Serum anti-A dan anti-B |
| 4. Pipet | 9. Alkohol 70% |
| 5. Tusuk gigi | |

Langkah Praktikum:

1. Tentukan siswa atau siswi sukarelawan yang bersedia memberikan sampel darahnya. Pastikan tidak ada paksaan dalam prosesnya, hormati jika teman Kalian tidak bersedia memberikan sampel.

2. Tuliskan nama siswa sukarelawan pada kartu tes. Satu orang untuk satu kartu tes.
3. Untuk Kalian yang bersedia memberikan sampel, cucilah tangan dengan sabun dan air mengalir, khususnya pada bagian jari-jemari. Keringkan dengan tisu.
4. Pilihlah salah satu jari (biasanya telunjuk), bersihkan ujung telapaknya dengan kapas beralkohol.
5. Gunakan lanset untuk mengambil sampel darah dari ujung. Pastikan tahapan ini dilakukan dalam pengawasan guru.
6. Selanjutnya, oleskan sampel darah pada 4 kolom pada kartu tes.
7. Tambahkan satu tetes anti serum pada sampel darah di kolom yang sesuai dengan keterangannya.
8. Aduk sampel darah dan serum pada masing-masing kolom dengan menggunakan ujung tusuk gigi yang berbeda.
9. Amati ada tidaknya penggumpalan pada setiap kolom sampel. (Lihat contoh pada Gambar 5.2)
10. Lalu, catatlah hasil pengamatan seperti pada contoh Tabel 5.3!



Tidak terjadi
Penggumpalan



Terjadi
Penggumpalan

Gambar 5.2 Contoh kondisi darah setelah ditetesi serum

Hasil Pengamatan:

Tuliskan hasil pengujian dan pengamatanmu seperti tabel berikut!

Tabel 5.3 Hasil Pengamatan Golongan Darah Siswa

No.	Nama	Penggumpalan		Golongan Darah
		Sampel + Serum Anti A	Sampel + Serum Anti B	

Keterangan:

√ = menggumpal × = tidak menggumpal

Jika Kalian menemukan kesulitan dalam menyimpulkan tipe golongan darah, pelajari kembali pada bahasan sebelumnya pada Tabel 5.2

Selain tipe AB0, terdapat ratusan sistem penentuan golongan darah lainnya. Tipe AB0 lebih banyak digunakan karena risiko ketidakcocokan yang berdampak fatal bagi tubuh, yakni terjadinya penggumpalan darah. Selain sistem AB0, tipe golongan darah yang berisiko penggumpalan saat tidak cocok adalah *sistem rhesus*.

Darah memiliki tipe rhesus positif jika terdapat antigen rhesus pada membran sel eritrositnya. Orang dengan darah rhesus positif tidak memproduksi antibodi rhesus, sehingga tidak terjadi reaksi penggumpalan. Sebaliknya pada tipe rhesus negatif, eritrosit tidak memiliki antigen pada membrannya, sementara sel-sel limfosit dapat memproduksi antibodi rhesus jika terjadi paparan antigen. Oleh karenanya dalam metode tranfusi darah, jenis rhesus pendonor

maupun penerima darah haruslah sama agar tidak memicu penggumpalan. Kalian sudah mendapat penjelasan mengenai sistem penentuan golongan darah. Cobalah lakukan Aktivitas 5.5 agar Kalian dapat memahaminya lebih lanjut!



Ayo Bereksplorasi

Aktivitas 5.5

Mencari Pendonor

Tuan Potter mengalami kecelakaan mobil yang cukup parah. Akibat kecelakaan itu dia mengalami luka-luka dan perdarahan. Untuk dilakukan tindakan operasi, Tuan Potter memerlukan transfusi darah. Diketahui golongan darah Tuan Potter adalah A+. Empat orang kawan Tuan Potter mengajukan diri untuk mendonorkan darahnya. Mereka adalah Nona Brown, Tuan Green, Tuan Jones, dan Tuan Smith. Tenaga medis kemudian akan melakukan pengecekan tipe golongan darah pada para calon pendonor.

Dalam aktivitas ini, Kalian akan membantu tenaga medis dengan simulasi virtual. Kalian akan membantu dalam menentukan siapakah diantara keempat kawan Tuan Potter yang dapat mendonorkan darahnya.

Tautan tautan simulasi virtual berikut:

<https://www.sciencefromscientists.org/game/bloodtype.html>

Langkah-Langkah Simulasi Virtual:

1. Akses tautan simulasi di atas.
2. Pilih nama calon pendonor yang akan Kalian cek dengan mengklik tautan di atas (klik pada salah satu foto).
3. Untuk setiap pendonor akan tersedia perangkat uji secara virtual.
4. Selanjutnya, tuliskan hasil pengujian seperti tabel berikut pada buku tugasmu!

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Golongan Darah

No.	Nama	Hasil Reaksi			Golongan Darah
		Antigen A	Antigen B	Antigen Rhesus	
1.	Nona Brown				
2.	Tuan Green				
3.	Tuan Jones				
4.	Tuan Smith				

Keterangan:

√ = menggumpal × = tidak menggumpal

Pertanyaan:

1. Siapa yang dapat mendonorkan darahnya untuk Tuan Potter?
2. Dapatkah kawan Tuan Potter mendapatkan donor dari kawan yang tipe rhesusnya sama walau tipe AB0 nya berbeda? Jelaskan jawaban Kalian!

Diskusikanlah hasil temuan Kalian bersama teman sekelas dengan bimbingan guru. Pastikan Kalian telah memahami materi dalam aktivitas ini!

B. Komponen Sistem Pertahanan Tubuh

Pada pembahasan sebelumnya telah diperlihatkan bahwa sel darah putih (leukosit) merupakan komponen seluler utama dari sistem imun tubuh. Leukosit memiliki berbagai jenis dan peran dalam sistem kekebalan tubuh. Namun, secara umum dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu fagosit dan limfosit.

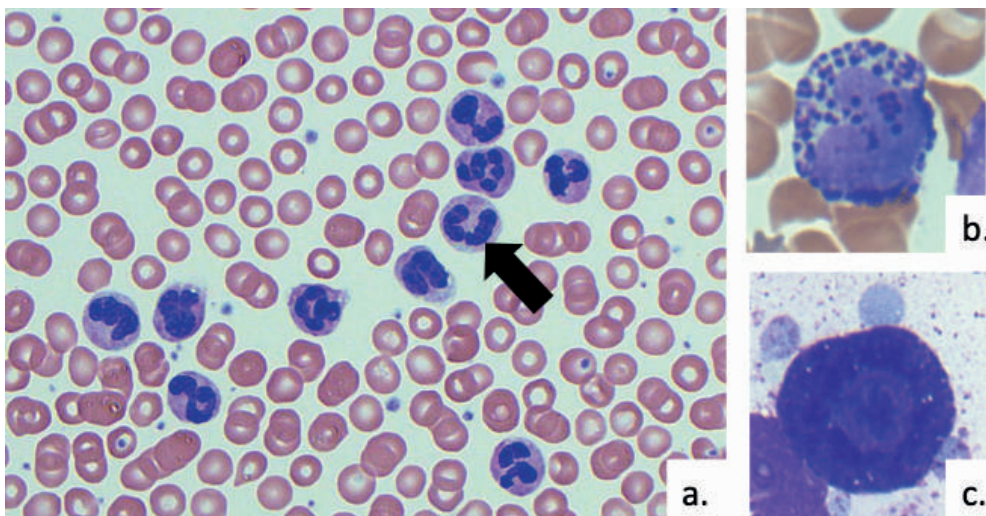
1. Fagosit

Fagosit secara harfiah berarti “sel pemakan”, secara fungsional sel ini akan menghancurkan patogen dengan cara mencernanya di dalam sel. Sel-sel fagosit dibentuk di dalam sumsum tulang, khususnya tulang pipa. Mereka disimpan dalam sumsum tulang sebelum didistribusikan sebelum beredar bersama aliran darah dan cairan limfa ke seluruh bagian tubuh.

Dalam proses perkembangannya, fagosit merupakan hasil diferensiasi dari beberapa tipe sel, namun secara umum terdapat dua tipe fagosit yang sering ditemukan dalam respon imun tubuh, yaitu neutrofil dan makrofag.

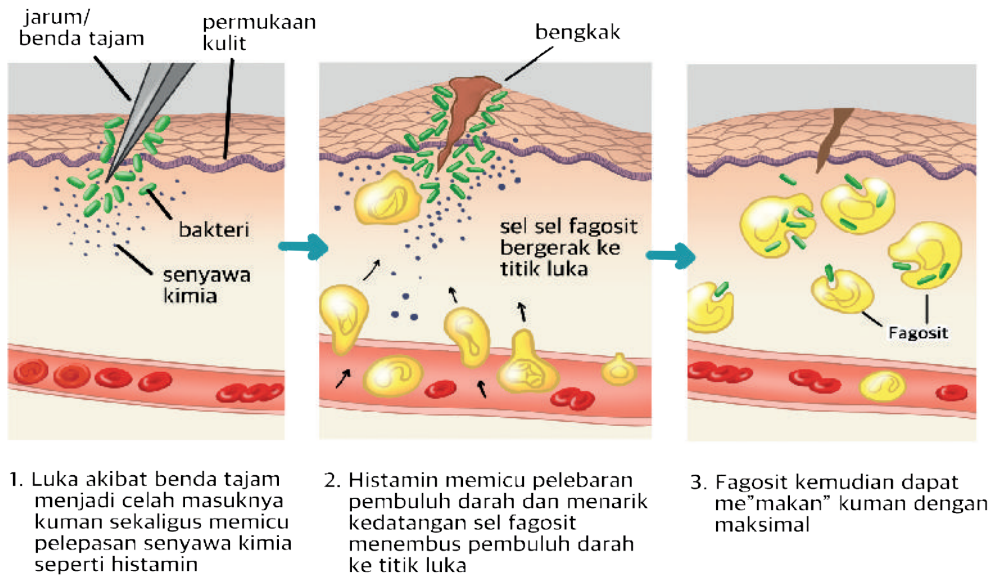
a. Neutrofil

Neutrofil adalah jenis fagosit yang paling banyak ditemukan dan 60% komposisi leukosit dalam darah. Mereka dapat berpindah tempat ke seluruh bagian tubuh melalui pembuluh darah. Pada kondisi tertentu, seringkali neutrofil meninggalkan pembuluh darah dengan cara menyusup melalui dinding kapiler untuk ‘berpatroli’ di jaringan ikat. Kemampuan “menembus” pembuluh darah ini disebut *diapedesis*.



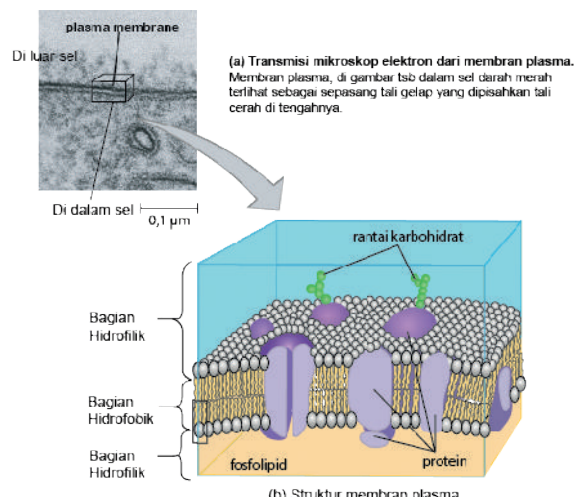
Gambar 5.3 a) sekelompok neutrofil (ditunjuk anak panah); b) basofil; c) sel Mast

Sumber: McKinley (2013)



Gambar 5.4 Kerja pertahanan tubuh pada luka

Neutrofil memulai peran fagositiknya dengan menempel pada patogen. Membran permukaan sel neutrofil akan membentuk kantung vesikula yang membawa patogen (fagosom) masuk ke dalam sel secara endositosis. Enzim pencernaan akan disekresikan oleh Badan Golgi ke dalam lisosom. Lisosom kemudian bergabung dengan fagosom membentuk struktur vakuola fagositik atau vakuola makanan dan menghancurkan patogen. Secara keseluruhan, proses ini dikenal sebagai **fagositosis**.



Gambar 5.5 Tahapan Fagitosis

Meskipun dihasilkan dalam jumlah yang banyak, namun neutrofil memiliki masa hidup yang singkat. Setelah melawan patogen, sel ini akan mati. Neutrofil yang telah mati biasanya dikumpulkan pada sebuah lokasi infeksi untuk membentuk nanah.

Ketika terjadi infeksi pada jaringan, neutrofil akan dilepaskan dalam jumlah besar dari tempat penyimpanannya di sumsum tulang. Tipe sel lainnya, yaitu basofil dan sel *Mast* dari jaringan ikat turut merespon dengan memproduksi histamin. Histamin akan memicu pelebaran pembuluh darah dan pembengkakan jaringan dimana kondisi tersebut akan mempermudah pergerakan neutrofil. Histamin dan juga zat kimia yang dilepaskan oleh patogen itu sendiri akan menarik respon neutrofil yang lewat ke lokasi infeksi. Jika infeksi bukan yang pertama kali atau disebabkan oleh patogen yang telah dikenali, ada kemungkinan sejumlah antibodi akan mengenali antigen dan terkonsentrasi di area infeksi. Kehadiran antibodi ini juga dapat “mengundang” neutrofil. Gerakan neutrofil yang dipicu oleh rangsangan kimia ini disebut ***kemotaksis***.



Tahukah kalian?

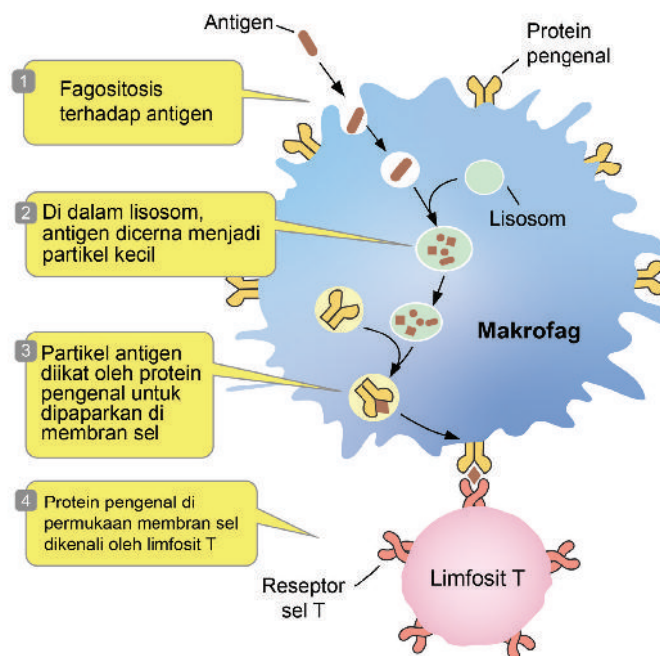
Memencet nanah pada jerawat dapat menyebabkan infeksi. Munculnya jerawat bernanah menunjukkan aktifnya sistem imun dalam mencegah infeksi lebih lanjut. Pastikan untuk selalu mencuci muka dengan produk pembersih yang sesuai dengan kulit Kalian!

b. Makrofag

Jenis sel fagosit berikutnya adalah makrofag. Makrofag memiliki ukuran lebih besar dibanding neutrofil. Daripada beredar di pembuluh darah, makrofag lebih sering menetap pada organ-organ tertentu seperti paru-paru, hati, limpa, ginjal, dan nodus limfa. Setelah dibentuk di dalam sumsum tulang, makrofag akan beredar dalam darah sebagai **monosit**, yang berkembang menjadi makrofag ketika meninggalkan darah dan menetap dalam organ.

Berbeda dengan neutrofil, makrofag adalah sel yang masa hidupnya cukup panjang dan memiliki peran penting dalam menginisiasi respons imun spesifik lainnya. Makrofag tidak menghancurkan patogen sepenuhnya, tapi memecahnya menjadi partikel kecil yang dijadikan sampel antigen. Partikel sampel tersebut akan menjadi bagian struktur luar dari membran sel makrofag untuk kemudian dikenali oleh limfosit.

Dengan demikian antigen dapat terus dikenali sekaligus menjadi sinyal ‘membutuhkan bantuan’ yang dapat menstimulasi respon imun spesifik lainnya. Karena kemampuannya dalam menampilkan antigen di bagian permukaan sel ini makrofag disebut juga sebagai **sel penyaji antigen** (*Antigen-Presenting Cells/APCs*).



Gambar 5.6 Makrofag sebagai sel penyaji antigen

Untuk memastikan pemahaman Kalian dalam mengenali peran sel-sel fagosit dari jenis neutrofil dan makrofag, lakukanlah Aktivitas 5.6!



Ayo Mengingat Kembali

Aktivitas 5.6

Untuk memudahkan Kalian mempelajari kembali perbedaan neutrofil dan makrofag dalam sistem pertahanan tubuh manusia, lengkapilah Tabel 5.5 berikut!

Tabel 5.5 Perbandingan Perbedaan Neutrofil dan Makrofag

No.	Faktor Pembeda	Neutrofil	Makrofag
1.	Jumlah		
2.	Durasi hidup		
3.	Tempat pematangan		
4.	Respon terhadap antigen		
5.	Hasil fagositosis		

Cek sejauh mana penguasaan Kalian terhadap materi aktivitas ini pada *appendix* buku atau lampiran buku. Jika masih terdapat jawaban yang salah, Kalian perlu mempelajari kembali mengenai mekanisme sel darah putih dalam sistem pertahanan tubuh manusia pada bab ini!

2. Limfosit dan Respon Imun Spesifik

Limfosit adalah tipe sel darah putih yang berperan penting dalam sistem pertahanan tubuh khususnya dalam respon imun spesifik adaptif. Terdapat dua jenis limfosit, keduanya telah dibentuk sejak sebelum kelahiran di dalam sumsum tulang janin.

- Limfosit B (sel B) tetap berada dalam sumsum tulang hingga cukup matang kemudian menyebar ke seluruh tubuh, terutama di nodus limfa dan limpa (organ di sisi kiri lambung).
- Limfosit T (sel T) meninggalkan sumsum tulang dan berkumpul serta menjadi matang di timus. Timus adalah sebuah kelenjar yang terdapat di rongga dada, tepat di bawah tulang dada (sternum). Ukurannya menjadi dua kali lebih besar di masa antara kelahiran dan masa pubertas, tetapi setelah pubertas ukuran timus akan tereduksi.

Dalam proses pematangannya, limfosit B dan T berspesialisasi menjadi tipe limfosit dengan beragam fungsi spesifik. Sel B dan T akan bersirkulasi di dalam pembuluh darah dan limfa. Kondisi ini memastikan bahwa limfosit dapat tersebar ke seluruh bagian tubuh dan meningkatkan peluang untuk mendeteksi keberadaan patogen yang menginfeksi tubuh. Sejumlah sel dari kedua tipe limfosit akan bertahan lama dalam sirkulasi darah dan limfa. Sel berumur panjang ini akan “mengingat” antigen yang pernah dikenali sebelumnya, serta respon yang tepat untuk mengatasinya. Sel ini disebut **sel memori**. Sebelum belajar lebih lanjut, ayo lakukan Aktivitas 5.7.



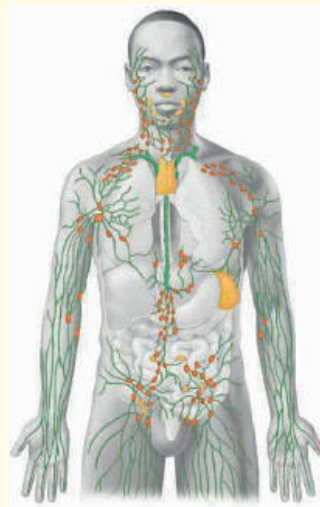
Ayo Mengingat Kembali

Aktivitas 5.7

Menyelidiki Nodus Limfa

Nodus limfa (kelenjar getah bening) merupakan bagian penting dalam sistem pertahanan tubuh. Kelenjar ini tersebar di bagian tertentu tubuh khususnya pada lipatan-lipatan tubuh. Kelenjar ini terhubung dengan pembuluh limfa yang juga menyebar keseluruh tubuh dan di samping pembuluh darah.

Nodus limfa berperan dalam menyaring cairan limfa, cairan tubuh yang membawa sebagian besar limfosit. Pada nodus limfa, limfosit (umumnya limfosit B) akan “tinggal” sementara di dalam kelenjar limfa. Ketika terjadi infeksi pada bagian tubuh tertentu, aktivitas nodus limfa terdekat dengan titik infeksi akan meningkat. Limfosit pada nodus tersebut akan aktif. Kondisi ini biasanya ditandai dengan peningkatan suhu tubuh pada bagian yang terdapat nodus limfa.



Gambar 5.7 Sistem Limfa

Sumber: Campbell, dkk (2022)

Pada aktivitas kali ini, Kalian akan melakukan pengamatan suhu pada beberapa titik tubuh yang diduga banyak mengandung kelenjar limfa. Tentukan 3 lokasi pada tubuh Kalian yang dapat diukur suhunya. Lakukan pengamatan dalam kelompok, lalu hasilnya dibuat seperti Tabel 5.6. Gunakan termometer tubuh untuk mengukur suhu pada bagian tubuh yang dipilih. Bandingkan suhu ketiga titik tersebut dengan suhu tubuh Kalian. Apakah sama atau berbeda? Jelaskan jawabanmu pada buku latihan kalian!

Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Suhu Beberapa Titik Tubuh

No.	Nama	Hasil pengukuran suhu (°C)			
		Suhu tubuh	Titik 1	Titik 2	Titik 3
1.					
2.					

Keterangan :

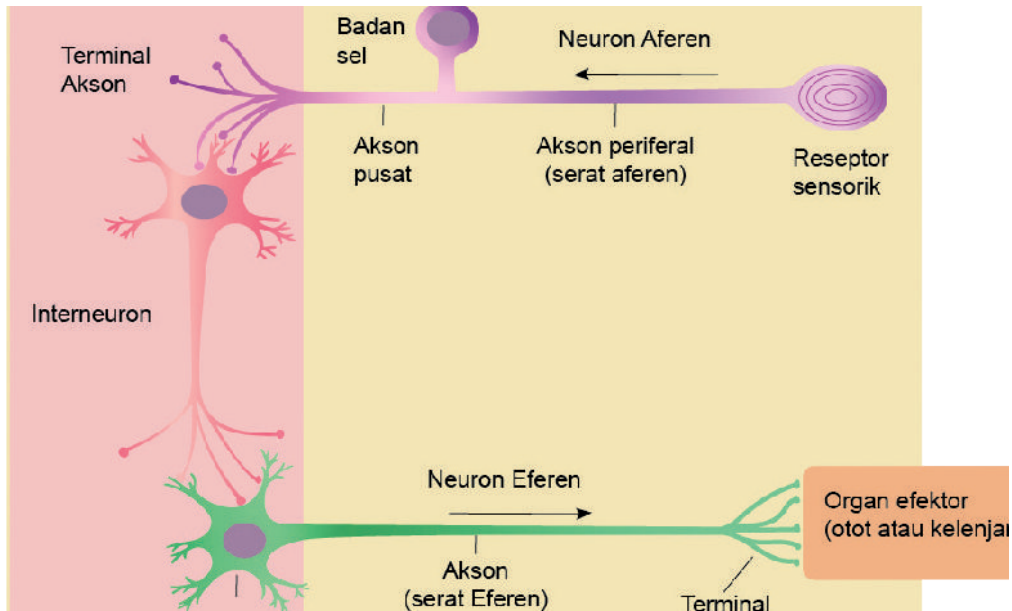
Lokasi titik 1 =

Lokasi titik 2 =

Diskusikanlah hasil temuan Kalian bersama teman sekelas dengan bimbingan guru. Pastikan Kalian telah memahami materi dalam aktivitas ini!

a. Limfosit B (Sel B) dan respon imun spesifik humoral

Limfosit B memberikan respon imun dengan membentuk antibodi. Setiap sel B yang telah teraktivasi akan membentuk kelompok kecil (klon) berdasarkan jenis antibodi yang dibuatnya.



Gambar 5.8 Mekanisme kerja limfosit B

Pada awalnya molekul antibodi hanya menempel di permukaan membran sel B, hingga kemudian dapat dilepas dan beredar di plasma darah dan limfa. Antibodi beredar di plasma darah dan cairan tubuh lainnya untuk mengenali antigen spesifik yang masuk ke dalam tubuh. Atas dasar ini lah respon limfosit B disebut juga **respon imun spesifik humoral** (*humor* = cairan tubuh)

Kehadiran antigen mengaktifasi limfosit B yang berdiferensiasi menjadi dua tipe sel, yaitu sel plasma dan sel B memori. Sel plasma dapat memproduksi molekul antibodi dengan cepat, hingga mencapai jumlah beberapa ribu dalam 1 detik. Pada infeksi pertama (respon primer), sel plasma memulai pengenalan antigen dan membentuk antibodi. Karena memiliki masa hidup yang singkat, respon sel plasma akan dilanjutkan oleh sel memori. Sel ini akan bersirkulasi dalam tubuh dalam waktu lama. Apabila terdapat antigen yang sama dan dikenali

kembali (respon sekunder), sel memori akan membelah secara cepat dan berkembang menjadi sel plasma dan sel memori yang lebih banyak lagi. Hal ini terjadi berulang dalam setiap kehadiran antigen yang sama, yang berarti infeksi dapat ditanggulangi sebelum terus perkembangan.

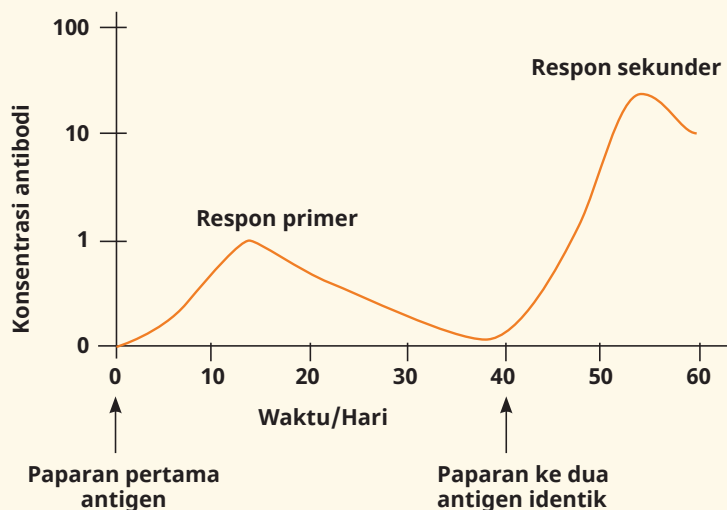


Ayo Berpikir kritis

Aktivitas 5.8

Fluktuasi Jumlah Antibodi

Grafik berikut menunjukkan perubahan jumlah konsentrasi antibodi dalam plasma darah seiring waktu sebagai respon terhadap dua periode infeksi.



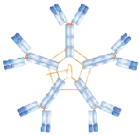

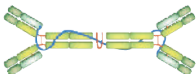


Berdasarkan interpretasi Kalian terhadap informasi dalam grafik di atas, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Mengapa jumlah antibodi lebih banyak diproduksi setelah paparan patogen yang ke dua?
2. Apa yang akan terjadi jika pada paparan ke dua, patogen telah mengalami perubahan struktur tubuhnya? Apakah akan memicu respon humoral yang sama?

Diskusikanlah hasil temuan Kalian bersama teman sekelas dengan bimbingan guru. Pastikan Kalian telah memahami materi dalam aktivitas ini!

Molekul antibodi yang diproduksi sel B berupa protein yang disebut ***immunoglobulin (Ig)***. Molekul *immunoglobulin* berbentuk seperti huruf Y, dengan dua sisi ujung sebagai situs pengikatan dan pengenalan antigen. Untuk memungkinkan sistem imun mengenali jutaan antigen yang berbeda, situs pengikatan antigen di kedua ujung *immunoglobulin* juga memiliki variasi yang sama banyaknya. Terdapat lima tipe antibodi yang banyak ditemukan di dalam tubuh, yaitu IgA, IgD, IgE, IgG, atau IgM. Informasi lebih lanjut tentang ciri dan fungsi masing-masing tipe antibodi disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Ragam Tipe *Immunoglobulin* Beserta Letak dan Fungsinya

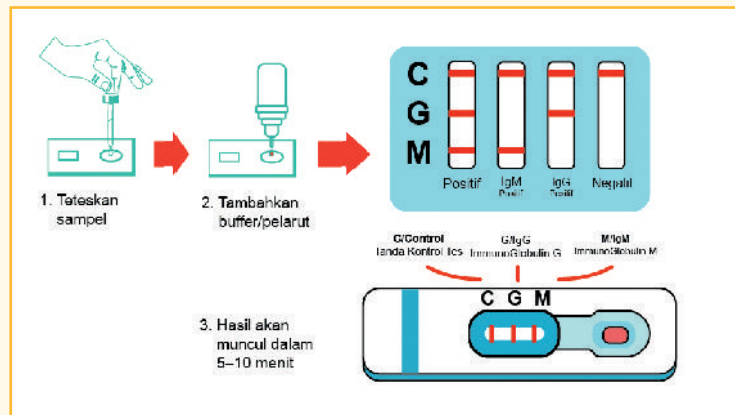
Tipe	Bentuk	Letak	Fungsi
Ig M		Tersebar di seluruh jaringan tubuh	Diproduksi saat terjadi infeksi pertama kali (respon primer).
Ig G		Jaringan tubuh dan darah	Paling banyak diproduksi, terutama saat infeksi sekunder; ditransfer dari ibu hamil ke janin melalui plasenta.
Ig A		ASI, air mata, air liur dan lendir	Mencegah infeksi pada permukaan jaringan epitel.
Ig E		Tersebar di seluruh jaringan tubuh	Memicu pengeluaran histamin oleh basofil dan mastosit untuk menimbulkan respon peradangan jaringan (inflamasi).
Ig D		Permukaan sel B	Sebagai reseptor; menstimulasi pembentukan antibodi lainnya oleh sel plasma.



Tes Swab Antigen

Di masa pandemi Covid-19, uji antigen merupakan salah satu prosedur medis standar yang banyak dilakukan untuk mendeteksi paparan virus SARS-CoV-2. Walau tingkat akurasi tidak terlalu tinggi, tapi uji antigen dianggap cukup efektif menjadi langkah awal deteksi.

Berikut adalah langkah yang pengujian antigen dan interpretasi hasilnya:



Gambar 5.9 Tahapan tes antigen

Pada Aktivitas 5.9 ini, Kalian akan melakukan diskusi dalam merumuskan jawaban dari pertanyaan berikut:

1. Mengapa pengujian Covid-19 menggunakan *swab* antigen melibatkan respon antibodi?
2. Dari berbagai tipe imunoglobulin, mengapa imunoglobulin Ig G dan Ig M yang diuji? Apa kaitannya dengan fungsi kedua antibodi tersebut?
3. Mengapa tes *swab* antigen dianggap memiliki tingkat akurasi yang rendah dibanding tes lainnya, seperti tes PCR?

Gunakan referensi yang valid dalam merumuskan jawaban Kalian! Berkomunikasilah dengan baik saat mendiskusikan jawaban dalam kelompok Kalian juga saat mengutarakan pendapat terhadap jawaban kelompok lain!

b. Limfosit T (Sel T) dan respon imun spesifik seluler

Tipe limfosit kedua adalah limfosit T. Dinamai sel T karena sel ini menjadi matang di timus. Berbeda dengan sel B yang menghasilkan antibodi sebagai respon imun spesifiknya, sel limfosit T memiliki reseptor permukaan sel yang spesifik disebut **reseptor sel T**. Meskipun demikian, reseptor sel T memiliki sifat yang mirip dengan antibodi dalam hal kemampuan mengenali antigen spesifik. Karena respon imun yang diberikan bertumpu pada reseptor permukaan sel, maka respon imun sel T disebut juga **respon imun spesifik seluler**.

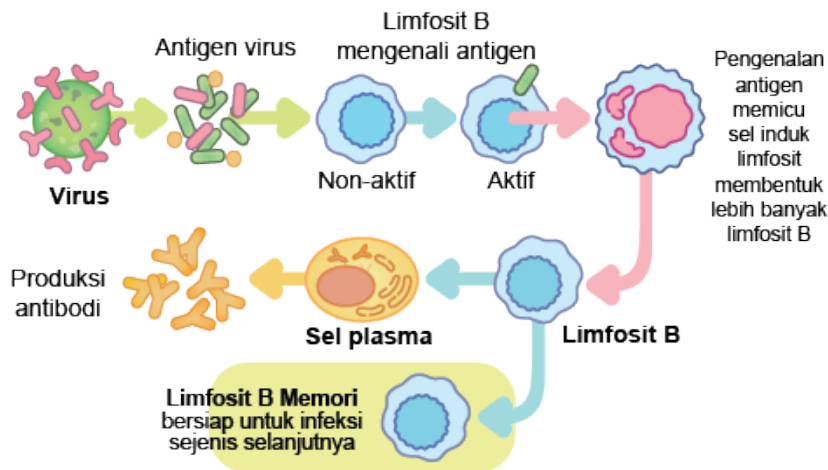
Sel T aktif tidak hanya mengenali antigen, namun juga mengenali sel-sel tubuh yang terinfeksi. Seperti pada infeksi virus, dimana nukleotida dan protein virus berada di dalam sel inangnya, maka sel T juga akan mengenali sel inang sebagai target yang harus dihancurkan. Pada kasus sel-sel tubuh yang berubah menjadi kanker, sel T akan mengenalinya dan mencegah pertumbuhannya lebih lanjut.

Saat terjadi infeksi patogen, sel T yang memiliki reseptor yang mengenali antigen akan merespon dengan memperbanyak diri. Seperti halnya pada sel B, penambahan jumlah sel T akan melalui tahapan pembentukan dan perbanyakkan klon sel. Selain bertambah banyak, sel T juga berdiferensiasi menjadi dua tipe sel, yaitu yaitu sel T pembantu (*helper*) dan sel T pembunuh (Sel T sitotoksik). Selain itu, masing-masing bentuk sel T dapat menjadi sel memori yang bertahan lama untuk diaktivasi kembali saat terjadi infeksi patogen yang sama pada kesempatan berikutnya.

Sel T pembantu dinamai demikian berdasarkan perannya dalam membantu mengaktifkan respon imun lainnya. Ketika sel T pembantu aktif, mereka akan melepaskan kelompok senyawa kimia yang disebut **sitokin**. Sitokin akan menstimulasi sel B untuk melakukan pembelahan, dan berkembang menjadi sel plasma serta mensekresi antibodi. Beberapa sel T pembantu mensekresi sitokin yang menstimulasi makrofag untuk lebih aktif melakukan fagositosis.

Sel T pembunuh mencari sel tubuh yang diserang patogen dan menampilkan antigen asing dari patogen pada membran permukaan selnya. Sel T pembunuh akan mengenali antigen, menempelkan diri

pada permukaan sel yang terinfeksi dan mensekresikan substansi beracun seperti hidrogen peroksida (H_2O_2), untuk membunuh sel tubuh dan patogen di dalamnya.



Gambar 5.10 Mekanisme kerja limfosit T



Ayo Mengingat Kembali

Aktivitas 5.10

Kalian telah mempelajari dua tipe limfosit yang sangat berperan penting dalam sistem pertahanan tubuh internal spesifik. Untuk memastikan Kalian dapat memahami dengan baik, tentukan karakteristik pada salah satu atau kedua tipe limfosit dengan melengkapi kolom di bawah ini! Berikan tanda centang (✓) jika cirinya sesuai atau tanda silang (×) jika ciri tidak sesuai, pada salah satu atau kedua kolom yang tersedia!

Karakteristik	Sel B	Sel T
Membentuk sel sitotoksik		
Membentuk sel memori		
Melakukan fagitosi		
Membentuk antibodi		
Menjadi sel penyaji antigen		
Membentuk sel plasma		

C. Imunitas Tubuh dan Kelainannya

Hingga bahasan ini Kalian telah banyak mempelajari komponen dan mekanisme pertahanan tubuh dalam mencegah dan mengatasi infeksi patogen. Saat sistem pertahanan tubuh berfungsi dengan baik, maka tubuh akan tetap terlindungi dari infeksi. Kemampuan tubuh untuk mengatasi infeksi patogen ini dikenal sebagai **imunitas**. Upaya menjaga fungsi imunitas tubuh tidak hanya terjadi secara alami tapi juga dapat dilakukan secara buatan melalui tindakan medis atau imunisasi.

1. Imunitas Aktif dan Pasif

Saat seseorang dalam kondisi sehat, imunitas tubuhnya dapat dengan optimal merespon setiap paparan patogen dan mencegah terjadinya kondisi sakit. Saat patogen datang, jumlah yang memasuki tubuh akan diminimalisasi oleh pertahanan eksternal tubuh yang nonspesifik. Jika masih terdapat patogen yang berhasil masuk, maka pertahanan internal spesifik diaktifkan. Sel limfosit B dalam tubuh mengenali antigen dan membentuk antibodi. Imunitas yang terbentuk pada proses ini disebut **imunitas aktif alami**. Disebut alami karena respon imun muncul akibat infeksi patogen dan disebut aktif karena antibodi diproduksi oleh tubuh sendiri.

Pada permulaan abad ke-19, seorang dokter asal Inggris bernama Edward Jenner, melakukan penelitian untuk mengamati respon imun tubuh manusia. Jenner menemukan bahwa respon imun dapat muncul tanpa seseorang harus terinfeksi patogen terlebih dahulu. Jenner melakukan penelitiannya pada kasus infeksi virus cacar. Orang yang disuntik komponen virus cacar pada tubuhnya, terbukti lebih “kebal” terhadap infeksi virus tersebut. Inilah pertama kali teknik vaksinasi ditemukan. Temuan Edward Jenner tersebut dapat dijelaskan sebagai sistem imun tubuh yang terstimulasi untuk membentuk antibodi tanpa harus terinfeksi. Maka imunitas yang terbentuk bersifat aktif buatan. Bagaimana dengan vaksin Covid-19? Adakah persamaan prosedur pembuatannya dengan vaksin cacar yang ditemukan Edward Jenner?



Tahukah kalian?

Vaksin Merah Putih merupakan vaksin Covid-19 yang dikembangkan Indonesia melalui perusahaan negara, PT Bio Farma. Vaksin ini dibuat dari komponen protein virus Covid-19 yang bertransmisi di Indonesia. Vaksin ini diharapkan lebih sesuai dengan kondisi tubuh manusia di wilayah tropis. Tentu kita patut berbangga menjadi negara yang mampu memproduksi vaksin.

Stimulasi respon imun baik secara alami oleh infeksi maupun secara buatan dengan vaksin memerlukan waktu untuk mencapai jumlah antibodi optimal. Pada kondisi yang amat rentan, seperti pada bayi yang sangat mudah terinfeksi patogen atau pada pasien kritis akibat penyakit infeksi, waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi antibodi sendiri tidak sebanding dengan besarnya risiko infeksi yang dihadapi. Oleh karenanya diperlukan masukan antibodi dari luar sesegera mungkin menciptakan imunitas tubuhnya.

Imunitas yang terbentuk karena pemasukan antibodi dari luar tubuh disebut **imunitas pasif**. Imunitas pasif tidak bertahan lama, tergantung dari lama ketersediaan antibodi di dalam tubuh. ASI (air susu ibu) yang diproduksi di awal pasca persalinan (disebut **colostrum**) diketahui banyak mengandung antibodi dari ibu. Dengan demikian secara alami, bayi memperoleh imunitas pasif dengan mendapat suplai antibodi dari ASI. Pada kasus pasien yang kritis atau mengalami penurunan respon imun, suplai antibodi dapat diberikan secara buatan dengan donor plasma. Individu yang sehat dengan produksi antibodi yang melimpah dapat mendonorkan plasma darahnya tersebut pada individu lain.



Ayo Mengingat Kembali

Untuk memudahkan Kalian dalam mempelajari kembali ciri dan contoh tipe imunitas tubuh. Salinlah Tabel 5.8 pada buku latihan Kalian dan isilah jawabannya.

Tabel 5.8 Ciri dan Contoh Tipe Imunitas Tubuh

Imunitas	Aktif		Pasif	
Alami	Ciri:		Ciri:	
	Contoh:		Contoh:	
Buatan	Ciri:		Ciri:	
	Contoh:		Contoh:	

2. Kelainan Sistem Pertahanan dan Indikasinya

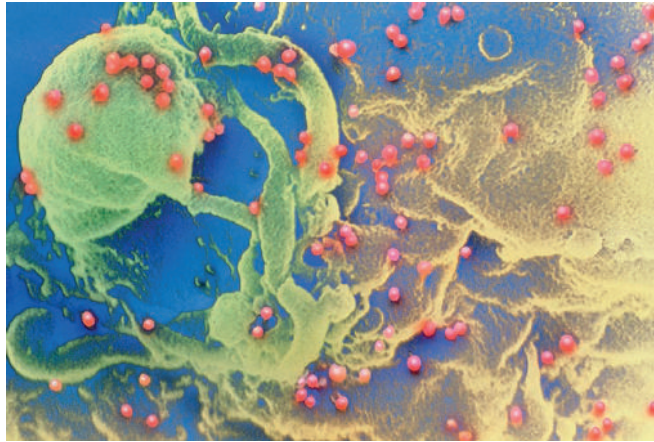
Seperti sistem organ lainnya, sistem imun dapat mengalami berbagai gangguan, baik karena infeksi patogen, faktor genetik, atau kelainan lainnya. Gangguan pada struktur dan fungsi sistem imun tubuh dapat meningkatkan kerentanan tubuh terhadap penyakit. Beberapa jenis kelainan pada sistem kekebalan tubuh adalah sebagai berikut:

a. Alergi

Alergi adalah munculnya respon imun berlebih terhadap zat atau kondisi tertentu yang normalnya tidak berbahaya bagi tubuh. Respon yang paling umum adalah dibentuknya histamin oleh leukosit meskipun tidak terjadi infeksi. Reaksi tersebut dapat menimbulkan berbagai gejala, seperti pilek, ruam kulit yang gatal, atau bahkan sesak napas. Alergi terjadi karena terlalu sensitifnya sistem imun tubuh. Zat yang dapat memicu respons alergi disebut dengan alergen.

b. HIV – AIDS

HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) virus yang menyerang sistem kekebalan tubuh, khususnya sel limfosit T, sehingga daya tubuh semakin melemah dan rentan diserang berbagai penyakit. Infeksi HIV dapat berkembang menjadi AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*), kondisi dimana tubuh mengalami berbagai gangguan kesehatan akibat penurunan fungsi sistem imun. Penyakit ringan pada orang dengan imunitas normal dapat menjadi mematikan jika terjadi pada penderita AIDS.



Gambar 5.11 Virus HIV (warna merah) menginfeksi limfosit

Sumber : Jhonson, dkk (2014)

c. Penyakit Autoimun

Penyakit autoimun adalah kondisi ketika sistem pertahanan tubuh seseorang menyerang tubuhnya sendiri. Umumnya terjadi pada sistem imun spesifik yang kehilangan kemampuan dalam pengenalan sel-sel tubuh. Ada lebih dari 80 penyakit yang digolongkan penyakit autoimun. Beberapa di antaranya memiliki gejala serupa, seperti kelelahan, nyeri otot, dan demam. Beberapa di antaranya disajikan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Beberapa Contoh Penyakit Autoimun

No.	Penyakit Autoimun	Bagian Tubuh Terdampak	Dampak Utama dari Penyakit
1.	<i>Myastenia gravis</i>	Sambungan neuromuskular	Lemah otot
2.	<i>Multiple sclerosis</i>	Sistem saraf pusat	Kelumpuhan
3.	<i>Rhematoid arthritis</i>	persendian	Kerusakan sendi secara bertahap
4.	Diabetes melitus tipe 1	Pulau Langerhans pankreas	Kerusakan sel beta penghasil insulin
5.	Lupus	Kulit, ginjal, dan sendi	Penurunan fungsi dan perubahan bentuk tubuh secara bertahap



Ayo Berkerja Sama

Aktivitas 5.11

Dalam kegiatan kelompok ini, Kalian akan melakukan aktivitas mengumpulkan data melalui wawancara secara langsung dengan praktisi kesehatan. Kalian dapat menghubungi pusat kesehatan terdekat (misalnya puskesmas atau rumah sakit, tempat vaksinasi atau dokter di daerah tempat tinggal kalian. Pilih salah satu dari tiga topik wawancara berikut!

1. Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya vaksinasi Covid-19 di lingkungan sekitar Kalian.
 2. Kondisi terkini gangguan sistem imun tubuh di masyarakat sekitar Kalian.
 3. Mitos dan fakta seputar alergi dan langkah efektif mengantisipasinya.
- Pastikan Kalian terlebih dahulu menyusun daftar pertanyaan yang akan diajukan. Selain itu, buatlah janji atau izin pada pihak yang akan Kalian kunjungi, pastikan mereka berkenan menerima kunjungan Kalian. Mengingat tidak sedikit yang perlu disiapkan, maka bekerja samalah dengan baik bersama anggota kelompok kalian!



Ayo Berpikir kreatif

Aktivitas 5.12

Setelah melakukan wawancara dengan praktisi kesehatan pada Aktivitas 5.11 saatnya Kalian menyajikan hasil penggalan informasi yang telah diperoleh dalam bentuk poster. Poster dibuat untuk menginformasikan hal-hal yang perlu diketahui masyarakat terkait topik wawancara yang kelompok Kalian pilih. Poster dibuat dalam bentuk virtual dengan menuangkan ragam kreasi yang dapat Kalian lakukan. Tentu tidak semua informasi yang Kalian peroleh dalam wawancara dapat Kalian tuangkan dalam poster, maka perlu kreativitas dalam mengemas informasi tersebut. Pastikan poster memuat informasi yang jelas, benar, dan dapat dipahami.



sumber: bnpb (2022)

Refleksi

Hingga sejauh ini, Kalian telah mempelajari berbagai hal sistem pertahanan dalam tubuh manusia. Sebagai bentuk refleksi dari pembelajaran bab ini, jawablah secara individu pertanyaan reflektif berikut!

1. Pemahaman apa saja yang telah Kalian peroleh dari pembelajaran bab ini?
2. Bagaimana pemahaman tersebut dapat berguna bagi kehidupan Kalian?

Uji Kompetensi

Bacalah dengan saksama potongan artikel dibawah ini untuk menjawab soal nomor 1-3!

Sinar Matahari Punya Efek Kompleks Terhadap Kekebalan

Selama beberapa dekade, para ilmuwan telah mengetahui paparan sinar matahari dapat menekan respon sistem kekebalan terhadap infeksi bakteri, virus, dan juga jamur. Menurut artikel di tahun 2010 oleh *Journal of Investigative Dermatology*, paparan sinar matahari dengan dosis 30 hingga 50 UVR dapat menekan sistem kekebalan tubuh menjadi kurang aktif.

Pada saat yang sama sinar matahari juga menyebabkan tubuh memproduksi vitamin D. Hal ini juga dibuktikan dari sebuah studi terbaru di *Nature Immunology* yang menunjukkan sel-T tidak bergerak jika mereka hanya mendeteksi vitamin D dalam jumlah kecil di aliran darah. Selain itu, penelitian lain menunjukkan vitamin D dapat memicu produksi peptida antimikroba di kulit yaitu senyawa yang membantu melindungi tubuh dari infeksi baru.

Sumber : health.detik.com

Berdasarkan hasil bacaan Kalian pada potongan artikel di atas, tentukanlan kesesuaian 3 pernyataan di bawah ini dengan interpretasi informasi dari artikel dengan cara memberi tanda centang (✓) pada kolom yang Kalian pilih!

No.	Pernyataan	S	TS
1.	Perlu dosis paparan yang tepat agar sinar matahari dapat mengoptimalkan fungsi sistem imun tubuh.		
2.	Vitamin D diperlukan tubuh untuk membantu sistem imun dalam mengoptimalkan fungsi pengenalan spesifik terhadap antigen.		
3.	Kebiasaan berjemur di bawah sinar matahari pagi tidak akan efektif jika tubuh dalam kondisi kekurangan vitamin D.		

4. Pelajari dengan saksama informasi pada infografis di bawah ini!

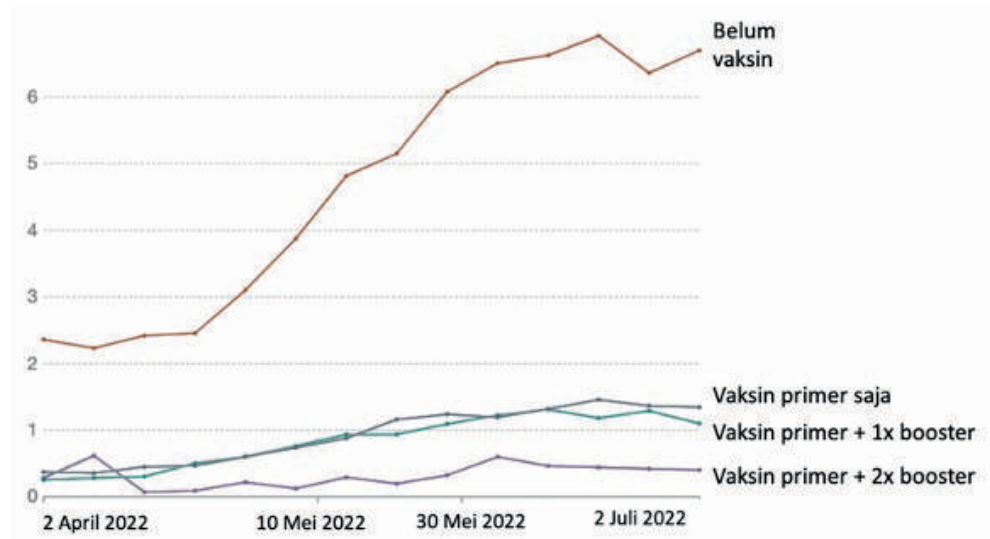


sumber: The Health Site/ Diolah oleh Esthi Maharani dan mgrol101 (Republika)

Berdasarkan informasi pada infografis di atas, peran ASI sangat penting bagi pertumbuhan bayi. Peran ini melibatkan manfaat pada proses fisiologis di beberapa sistem organ tubuh. Adapun beberapa sistem organ yang terkait dengan manfaat ASI berdasarkan infografis di atas adalah ...

- sistem saraf dan sistem pernapasan
- sistem pencernaan dan sistem ekskresi
- sistem imun dan sistem saraf
- sistem imun dan sistem sirkulasi
- sistem sirkulasi dan sistem pernapasan

Pelajari dengan saksama grafik di bawah ini untuk menjawab soal nomor 5 – 7!



Grafik di atas menunjukkan perkembangan angka kematian per 10.000 penduduk akibat Covid-19. Data disusun berdasarkan profil tingkat vaksinasi yang telah dilakukan oleh pasien. Berdasarkan hasil penelaah Kalian, tentukanlah pernyataan manakah yang bersifat fakta dan opini terkait informasi yang tergambar pada grafik dengan cara memberi tanda centang pada kolom yang Kalian pilih!

No.	Pernyataan	Fakta	Opini
5.	Semakin banyak dosis vaksin yang diterima seseorang, maka semakin rendah risiko kematiannya		
6.	Vaksin <i>booster</i> efektif menurunkan angka kematian akibat Covid-19		
7.	Tingginya angka kematian pada pasien yang belum divaksin menunjukkan rendahnya kesadaran masyarakat pada vaksinasi		

8. Perhatikan informasi di bawah ini!

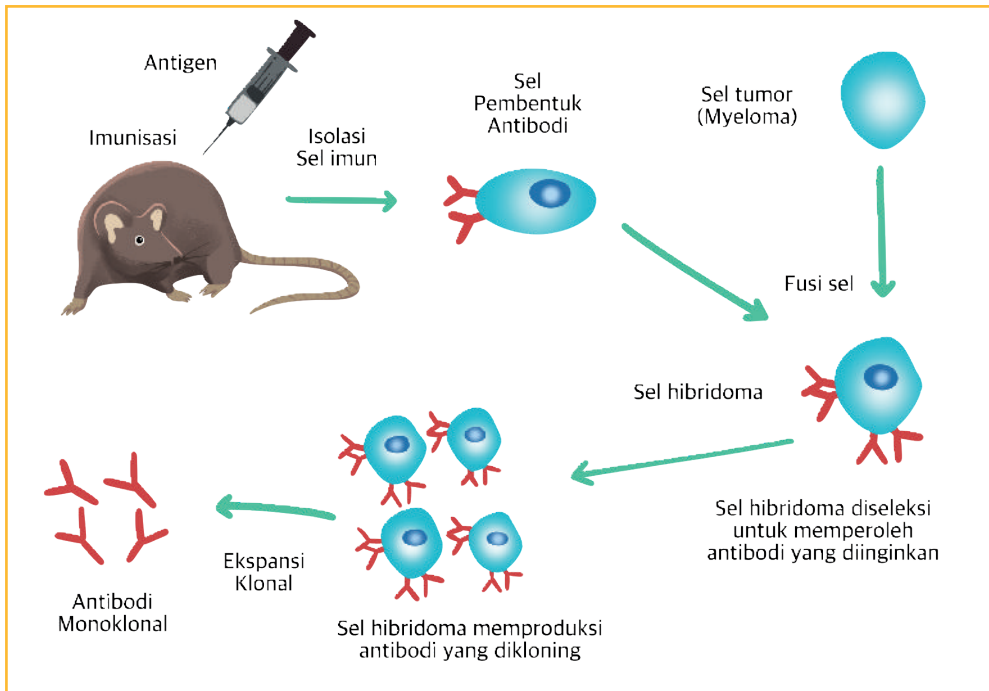
Data <i>World Allergy Organization</i>	Data Klinik Anak RS Cipto Mengunkusumo
- 30-40% Penduduk Dunia Mengalami Alergi	- 31% Dari Pasien Anak Alergi Putih Telur
- 500 Juta Orang Didunia Menderita Alergi makanan	- 23,8% Anak Alergi Susu Sapi

Berdasarkan hasil telaah Kalian pada informasi di atas, tentukan manakah fakta numerik yang sesuai dengan informasi tersebut?

- Sebagai tipe kelainan imun yang paling umum, riwayat alergi dimiliki oleh sebagian besar penduduk dunia.
- Lebih dari 20% kasus alergi pada anak terkait dengan konsumsi susu sapi dan olahannya.
- Dibandingkan alergi karena susu, jumlah orang dewasa yang alergi putih telur jauh lebih banyak.
- Dari setiap 10 penduduk dunia, 6-7 orang di antaranya memiliki riwayat alergi.
- Makanan lebih memicu alergi 30% pada anak-anak dibandingkan pada orang dewasa.

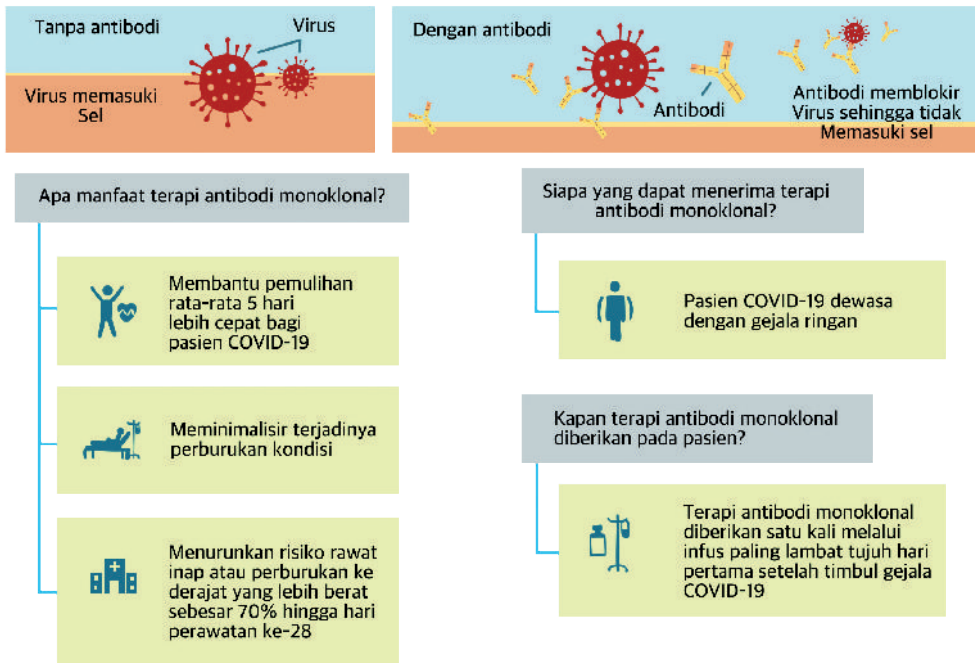
Pengayaan

Pelajari dengan saksama informasi pada teks dan gambar di bawah ini!



Antibodi Monoklonal

Penggunaan antibodi monoklonal saat ini sudah digunakan secara luas di banyak negara untuk terapi penyakit maupun deteksi. Banyak aplikasi dari penggunaan antibodi monoklonal, di antaranya sebagai bahan penting dalam penelitian, diagnosis klinis dan pengobatan. Antibodi monoklonal sendiri merupakan antibodi yang spesifik mengenali satu antigen, yang diproduksi dengan menggabungkan sel B (sel imun) yang normal dengan sel *myeloma* (suatu sel kanker) dan selanjutnya dinamakan sel hibridoma. Sel hibridoma memiliki sifat kanker yang aktif membelah sehingga produksi antibodi lebih cepat dan banyak. Sebuah rumah sakit menawarkan terapi antibodi monoklonal untuk mengatasi infeksi Covid-19. Rumah sakit tersebut membuat selebaran tentang layanan mediknya tersebut, seperti gambar pada halaman berikut ini!



Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Apa perbedaan antibodi biasa dengan antibodi monoklonal?
2. Jelaskan bagaimana keterkaitan antara metode pembuatan antibodi monoklonal dengan manfaat antibodi tersebut dalam tindakan medis?