



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

BIOLOGI



KELAS
XI



SISTEM PERTAHANAN TUBUH BIOLOGI-KELAS XI

PENYUSUN
Apon Purnamasari, S.Pd., M.Pd
SMAN 8 Bandung

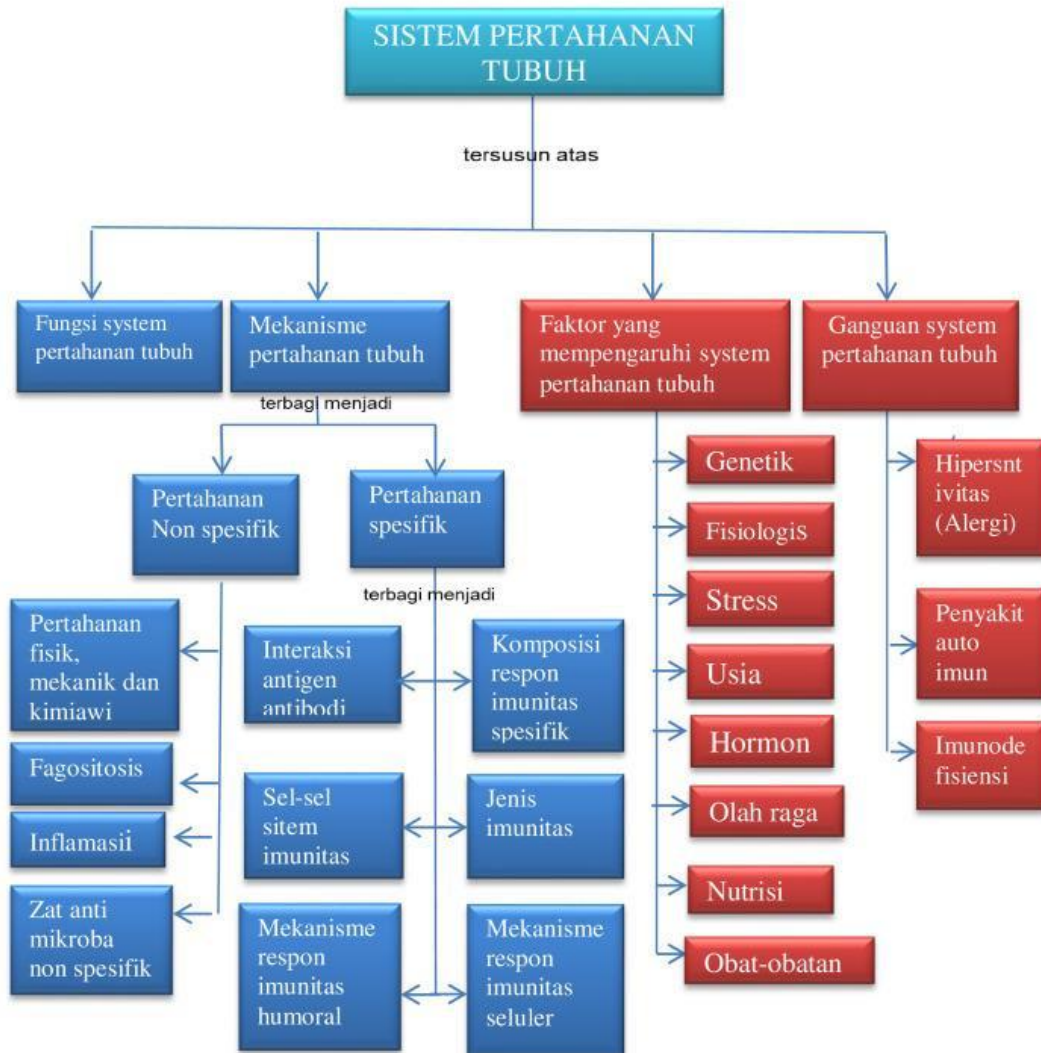
DAFTAR ISI

| | |
|--|----|
| PENYUSUN | 2 |
| DAFTAR ISI | 3 |
| GLOSARIUM..... | 4 |
| PETA KONSEP..... | 5 |
| PENDAHULUAN..... | 6 |
| A. Identitas Modul..... | 6 |
| B. Kompetensi Dasar..... | 6 |
| C. Deskripsi Singkat Materi | 6 |
| D. Petunjuk Penggunaan Modul | 7 |
| E. Materi Pembelajaran..... | 7 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 | 8 |
| Fungsi dan Mekanisme Sistem Pertahanan Tubuh | 8 |
| A. Tujuan Pembelajaran | 8 |
| B. Uraian Materi..... | 8 |
| C. Rangkuman | 15 |
| D. Penugasan | 16 |
| E. Latihan Soal | 16 |
| F. Penilaian Diri | 18 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 | 19 |
| Faktor yang mempengaruhi dan Gangguan Sistem Pertahanan Tubuh..... | 19 |
| A. Tujuan Pembelajaran | 19 |
| B. Uraian Materi..... | 19 |
| C. Rangkuman | 21 |
| D. Penugasan Mandiri | 22 |
| E. Latihan Soal | 22 |
| F. Penilaian Diri | 24 |
| EVALUASI | 25 |
| DAFTAR PUSTAKA | 28 |

GLOSARIUM

- Antigen : Zat yang merangsang respons imunitas, terutama dalam menghasilkan antibodi.
- Antibodi : Protein larut yang dihasilkan oleh sistem imunitas sebagai respon terhadap keberadaan suatu antigen dan akan bereaksi dengan antigen tersebut.
- Fagositosis : Sel darah putih yang berfungsi sebagai pemakan patogen yang masuk ke dalam tubuh manusia.
- Interferon : Protein anti virus yang dapat disintesis sebagian besar sel tubuh sebagai respon terhadap infeksi virus, stimulasi imunitas dan stimulasi kimia.
- Inflamasi : Reaksi lokal jaringan terhadap infeksi atau cedera.
- Vaksin : Patogen yang mati atau dilemahkan, atau toksin yang telah diubah untuk merangsang respon imunitas tetapi tidak menyebabkan penyakit.

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

| | | |
|----------------|---|---------------------------------|
| Mata Pelajaran | : | Biologi |
| Kelas | : | XI |
| Alokasi Waktu | : | 4 x 45 menit (2 kali Pertemuan) |
| Judul Modul | : | Sistem Pertahanan Tubuh |

B. Kompetensi Dasar

- 3.14 Menganalisis peran sistem imun dan imunisasi terhadap proses fisiologi di dalam tubuh.
- 4.14 Melakukan kampanye pentingnya partisipasi masyarakat dalam program dan imunisasi serta kelainan dalam sistem.

C. Deskripsi Singkat Materi

Salam bahagia dan sehat selalu Biologi-friend (B-friend), tetap semangat dalam menimba ilmu. Bertemu lagi dengan pelajaran biologi yang seru. Kali ini modul yang akan kalian pelajari membahas tentang bagaimana tubuh kita membuat pertahanan dari penyakit.

Peserta didik yang cerdas, Pada saat ini, sistem kekebalan tubuh yang berfungsi dengan baik sangat penting dalam memerangi COVID-19. Dikutip dari CNN, Selasa (4/8/2020), sebuah artikel ilmiah baru-baru ini diterbitkan dalam jurnal *Nature Reviews Immunology*. Artikel ini mengemukakan kemungkinan yang cukup melegakan. Disebutkan bahwa sebagian besar dari populasi manusia tampaknya memiliki sel-sel kekebalan tubuh yang mampu mengenali bagian-bagian dari virus SARS-CoV-2. Kemungkinan sel-sel tersebut memberi kekuatan bagi tubuh untuk melawan infeksi yang disebabkan oleh virus ini. Untuk mengetahui mengapa ini penting, maka kita juga perlu memahami apa itu sistem kekebalan tubuh dan manfaatnya bagi tubuh. B-friend, di dalam modul ini kita bisa tahu tentang bagaimana pengertian Sistem Pertahanan Tubuh (sistem imunitas), Fungsi sistem pertahanan tubuh, mekanisme sistem pertahanan, Faktor yang mempengaruhi sistem pertahanan tubuh serta gangguan sistem pertahanan tubuh.



Peserta didik yang cerdas, dalam modul Sistem pertahanan tubuh ini terdiri dari dua kegiatan pembelajaran yang masing-masing memuat uraian materi yang disertai ilustrasi gambar, serta rangkuman materi. Terdapat pula soal-soal latihan yang dapat Kalian pelajari agar semakin menguasai kompetensi yang diinginkan. Selain itu disediakan juga refleksi dan evaluasi untuk mengukur apakah Kalian berhasil

mencapai kompetensi yang diinginkan setelah belajar menggunakan modul ini. Untuk dapat menggunakan modul ini bacalah secara seksama dan cermat, kerjakan soal-soal latihan dan tugas mandiri sesuai petunjuk. Apabila nilai akhir Kalian $\geq 75\%$ maka kalian telah berhasil menguasai materi sistem reproduksi pada manusia. Selamat belajar.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Modul ini bertujuan agar kalian dapat belajar secara mandiri dan tidak tergantung pada pihak lain
2. Baca terlebih dahulu bagian PENDAHULUAN agar kalian memperoleh gambaran tentang isi modul dan cara mempelajarinya.
3. Setiap kegiatan pembelajaran dilengkapi dengan tujuan, uraian materi, rangkuman, latihan soal dan refleksi.
4. Pada akhir modul terdapat Tes Akhir Modul.
5. Kerjakan latihan soal yang tersedia disetiap kegiatan pembelajaran dan di bagian akhir modul untuk mengetahui sejauh mana penguasaanmu terhadap isi modul.
6. Kunci jawaban dan pedoman penskoran tersedia pada bagian akhir modul. Gunakan keduanya untuk mengukur tingkat penguasaanmu terhadap isi modul

PETUNJUK KHUSUS

1. Modul ini tersusun 2 kegiatan pembelajaran.
2. Pelajari modul secara berurutan, karena materi di dalam modul ini sudah disusun secara hierarkis.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi 2 kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

- Pertama : Fungsi sistem pertahanan tubuh, mekanisme sistem pertahanan tubuh yang terdiri dari pertahanan non spesifik dan pertahanan spesifik.
- Kedua : Faktor yang mempengaruhi sistem pertahanan tubuh, dan gangguan sistem pertahanan tubuh.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

Fungsi dan Mekanisme Sistem Pertahanan Tubuh

A. Tujuan Pembelajaran

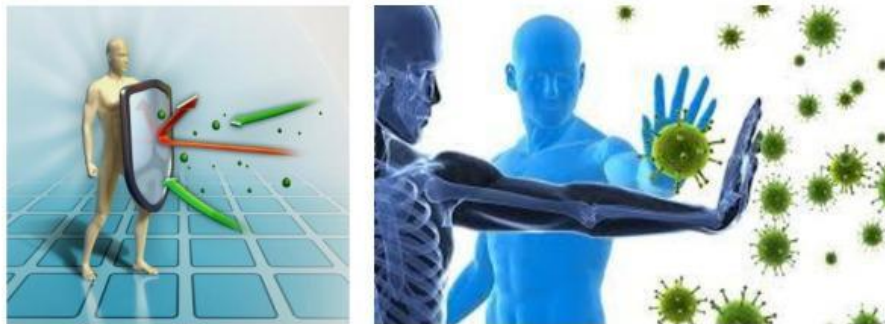
B-Friend yang hebat, setelah melakukan kegiatan pembelajaran 1 ini, diharapkan kalian mampu menganalisis dan mendeskripsikan fungsi sistem pertahanan tubuh, mekanisme sistem pertahanan tubuh yang terdiri dari pertahanan non spesifik dan pertahanan spesifik.

B. Uraian Materi

B-Friend, secara alami tubuh memiliki zat yang berfungsi sebagai alat pertahanan menghadapi ancaman bibit penyakit. Banyak cara tubuh melakukan pertahanan, dan semua cara disebut kekebalan atau imunitas. Kekebalan tubuh berkaitan dengan zat asing yang masuk dan zat anti yang melawannya. Kekebalan tubuh atau imunitas merupakan reaksi tubuh terhadap zat asing yang masuk. Umumnya, zat asing itu adalah makromolekul. Semua zat yang direspons melalui imunitas disebut antigen atau imunogen. Apabila antigen masuk ke dalam jaringan tubuh, protein tubuh yang disebut antibodi atau imunoglobulin segera dikeluarkan, dan sel-sel khusus yang disebut sel T dibentuk. Mikroorganisme dan virus yang berhasil memasuki jaringan tubuh mengandung sejumlah antigen, kemudian terjadi respons imunisasi untuk mencegah dan mengendalikan munculnya penyakit

1. FUNGSI SISTEM PERTAHANAN TUBUH

B-Friend, sistem Pertahanan Tubuh (Sistem Imunitas) adalah sistem pertahanan yang berkenaan dalam mengenal, menghancurkan serta menetralkan benda-benda asing atau sel-sel abnormal yang berpotensi merugikan bagi tubuh. Sedangkan **Imunitas (kekebalan)** adalah kemampuan tubuh untuk menahan atau menghilangkan benda asing serta sel-sel abnormal.



Gambar 1. Ilustrasi Pertahanan Tubuh
Sumber: <https://www.porosilmu.com>

Agar kita lebih memahami sistem kekebalan tubuh, maka kita perlu mengetahui fungsi dari sistem kekebalan tubuh, yaitu :

1. Mempertahankan tubuh dari pathogen invasif (dapat masuk ke dalam sel inang), misalnya virus dan bakteri.

2. Melindungi tubuh terhadap suatu agen dari lingkungan eksternal yang berasal dari tumbuhan dan hewan (makanan tertentu, serbuk sari dan rambut binatang), serta zat kimia (obat-obatan dan polutan).
3. Menyingkirkan sel-sel yang sudah rusak akibat suatu penyakit atau cedera, sehingga memudahkan penyembuhan luka dan perbaikan jaringan.
4. Mengenali dan menghancurkan sel abnormal (mutan) seperti kanker.



Gambar 2. Ilustrasi Tubuh sehat
 Sumber: <https://pahamify.com/>

2. MEKANISME PERTAHANAN TUBUH

B-Friend, mekanisme pertahanan tubuh merupakan imunitas bawaan sejak lahir, berupa komponen normal tubuh yang selalu ditemukan pada individu sehat, dan siap mencegah serta menyingkirkan dengan cepat antigen yang masuk ke dalam tubuh. Tubuh manusia memiliki dua macam mekanisme pertahanan tubuh, yaitu pertahanan non Spesifik (alamiah) dan pertahanan tubuh spesifik (adaptif). B-Friend, mari kita bahas satu persatu.

A. Pertahanan Nonspesifik

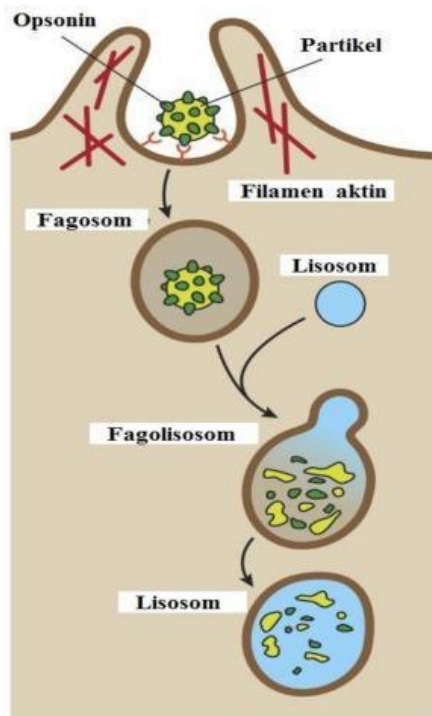
1) Pertahanan Fisik, Kimia, dan Mekanis terhadap Agen Infeksi

Kulit yang sehat dan utuh, menjadi garis pertahanan pertama terhadap antigen, **membran mukosa** yang melapisi permukaan bagian dalam tubuh, menyekresikan mucus sehingga dapat merangkap antigen, serta menutup jalan masuk ke sel epitel. **Cairan tubuh yang mengandung zat kimia antimikroba**, Zat kimia ini membentuk lingkungan buruk bagi beberapa mikroorganisme. **Pembilasan oleh air mata, saliva, dan urine**, berperan juga dalam perlindungan terhadap infeksi dan mengandung enzim Lisozim.

2) Fagositosis

Merupakan garis pertahanan ke-2 bagi tubuh melalui proses penelanan dan pencernaan mikroorganisme dan toksin yang berhasil masuk ke dalam tubuh.

Proses ini dilakukan oleh neutrofil dan makrofag, yang bergerak secara kemotaksis (dipengaruhi oleh zat kimia). Makrofag dibedakan menjadi makrofag jaringan ikat. Makrofag dan prekursornya (monosit) dan Sistem makrofag mononukleus.



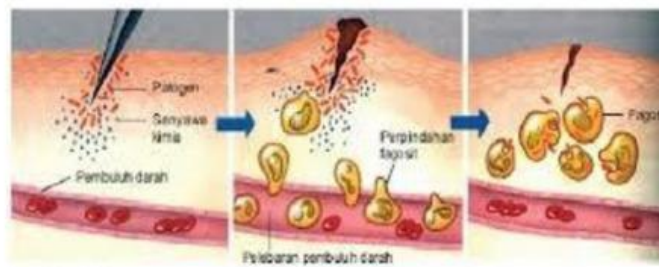
Gambar 3. Fagositosis
 Sumber: <https://www.wordpress.com>

Keterangan Gambar :

- 1) Membentuk sitoplasma pada saat bakteri atau benda asing melekat pada permukaan sel makrofag
- 2) Sitoplasma tersebut melekuik ke dalam membungkus bakteri atau benda asing, tonjolan sitoplasma yang saling bertemu akan melebur menjadi satu sehingga bakteri atau benda asing akan tertangkap di dalam vakuola.
- 3) Lisosom yang memiliki kemampuan untuk memecah materi yang berasal dari dalam maupun dari luar akan menyatu dengan vakuola sehingga bakteri atau benda asing tersebut akan musnah.

3) Inflamasi (Peradangan)

B-Friend, apakah inflamasi itu? Kita uraikan disini ya. Inflamasi adalah reaksi lokal jaringan terhadap infeksi atau cedera, yang ditandai dengan kemerahan, panas, pembengkakan, nyeri, dan kehilangan fungsi. Tujuannya untuk membawa fagosit dan protein plasma ke jaringan yang terinfeksi untuk mengisolasi, menghancurkan, menginaktifkan agen penyerang, membersihkan debris, serta mempersiapkan penyembuhan dan perbaikan jaringan.



Gambar 4. Pertahanan saat terjadi luka
 Sumber: <https://pahamify.com/>

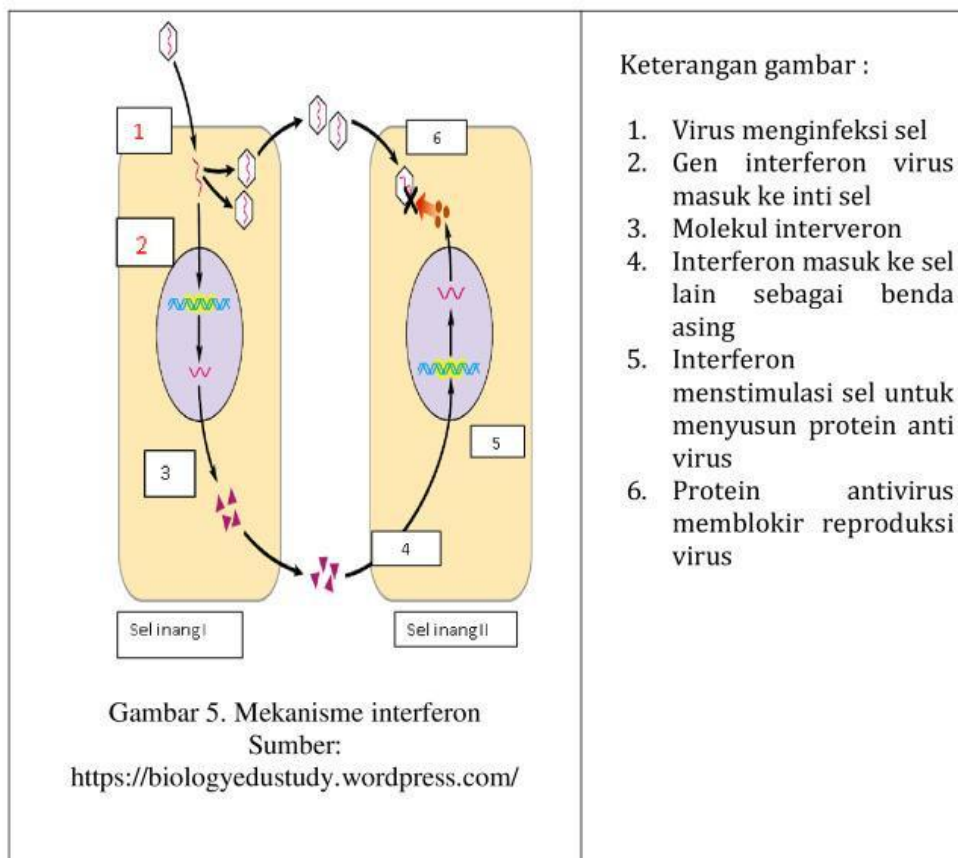
Keterangan gambar :

- a. Jaringan mengalami luka, kemudian merangsang mastosit mengeluarkan baik histamine maupun senyawa kimia lainnya.

- b. Terjadi pelebaran pembuluh darah yang mengakibatkan peningkatan kecepatan aliran darah sehingga permeabilitas pembuluh darah meningkat. Hal ini mengakibatkan terjadinya perpindahan sel-sel fagosit (neutrofil dan monosit) menuju jaringan yang terinfeksi
- c. Sel-sel fagosit kemudian memakan patogen

4) **Zat Antimikroba Spesifik yang Diproduksi Tubuh**

Zat antimikroba terdiri dari **Interferon**, yaitu protein antivirus yang berfungsi menghalangi multiplikasi virus dan **Komplemen**, yaitu protein plasma yang tidak aktif dan dapat diaktifkan oleh berbagai bahan dari antigen.

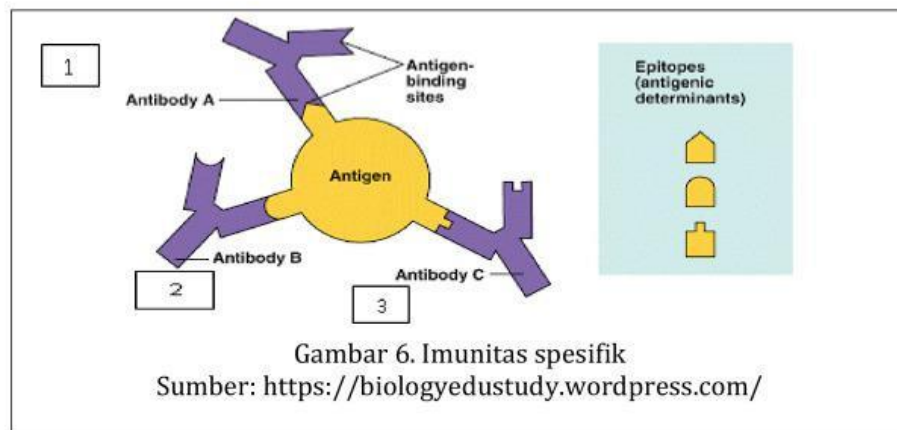


B. Pertahanan Spesifik (Adaptif)

B-Friend, Sistem pertahanan tubuh spesifik merupakan sistem kompleks yang memberikan respons imun terhadap antigen yang spesifik, misalnya bakteri, virus, dan toksin yang dianggap asing. Apa saja yang berperan dalam sistem pertahanan tubuh spesifik? Mari kita uraikan dalam modul ini

1. Komponen Respons Imunitas Spesifik

Antigen, zat yang merangsang respons imunitas, terutama dalam menghasilkan antibodi. Terdiri atas bagian determinan antigen (epitop), yaitu bagian antigen yang membangkitkan respons imun, dan haptan, yaitu molekul kecil yang jika sendirian tidak dapat menginduksi produksi antibodi, melainkan harus bergabung dengan carrier yang bermolekul besar.



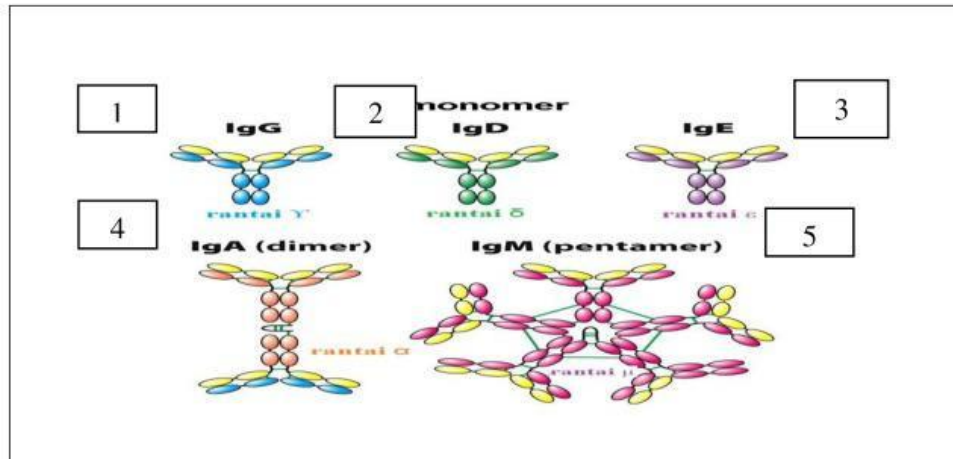
Keterangan Gambar. Mohon dibuat animasinya (caranya dilepaskan antibody dgn antigennya, kemudian diikatkan lagi). Antibodi warnanya ungu, antigen warnanya kuning

1. Antibodi A akan berikatan dengan epitop pada permukaan antigen.
2. Antibodi B yang berbeda bereaksi dengan epitop yang berbeda pada molekul antigen besar yang sama.
3. Antibodi C yang berbeda bereaksi dengan epitop yang berbeda pada molekul antigen besar yang sama.

Antibodi, protein larut yang dihasilkan oleh sistem imunitas sebagai respons terhadap keberadaan antigen dan akan bereaksi dengan antigen tersebut.

Merupakan protein plasma yang disebut **imunoglobulin (Ig)**, yang terdiri atas 5 kelas.

- 1) **IgA**, melawan mikroorganisme, banyak terdapat pada zat sekresi seperti keringat, ASI, dan ludah.
- 2) **IgD**, membantu memicu respons imunitas, jumlah sedikit.
- 3) **IgE**, menyebabkan pelepasan histamin dan mediator kimia
- 4) **IgG**, jumlah paling banyak sekitar 80%. Jumlahnya akan lebih besar setelah pajanan pertama.
- 5) **IgM**, antibodi pertama yang tiba di lokasi infeksi, menetap di pembuluh darah.



Gambar.7 Bentuk-bentuk imunoglobulin
 Sumber: <https://www.pelajaran.co.id/>

Keterangan Gambar

1. **IgG**, jumlah paling banyak sekitar 80%. Jumlahnya akan lebih besar setelah pajanan pertama.
2. **IgD**, membantu memicu respons imunitas, jumlah sedikit.
3. **IgE**, menyebabkan pelepasan histamin dan mediator kimia lain.
4. **IgA**, melawan mikroorganisme, banyak terdapat pada zat sekresi seperti keringat, ASI, dan ludah.
5. **IgM**, antibodi pertama yang tiba di lokasi infeksi, menetap di pembuluh darah.

2. Interaksi Antibodi dan Antigen

- a) **Fiksasi komplemen**, yaitu aktivasi sistem komplemen (\pm protein serum) oleh antibodi. jika terjadi infeksi, protein pertama dalam rangkaian protein komplemen diaktifkan, memicu aktivasi protein-protein berikutnya. Hasilnya adalah virus dan sel-sel patogen mengalami lisis.
- b) **Netralisasi**, terjadi jika antibodi menutup sistem determinan antigen, sehingga antigen menjadi tidak berbahaya.
- c) **Aglutinasi (penggumpalan)**, terjadi jika antigen berupa materi partikel.
- d) **Presipitasi (pengendapan)** yaitu pengikatan silang molekul-molekul antigen yang terlarut dalam cairan tubuh.

3. Jenis Imunitas (Kekebalan Tubuh)

- a) **Imunisasi aktif**, diperoleh akibat kontak langsung dengan toksin/patogen sehingga tubuh mampu memproduksi antibodi sendiri.
 - Imunisasi aktif alami: jika seseorang terkena penyakit kemudian sistem imunitas memproduksi antibodi/limfosit khusus.
 - Imunisasi aktif buatan: merupakan hasil vaksinasi. Vaksin adalah patogen yang dilemahkan atau toksin yang telah diubah, yang dapat merangsang imunitas namun tidak menyebabkan penyakit.

- b) **Imunisasi pasif**, jika antibodi satu individu dipindahkan ke individu lain.
- Imunisasi pasif alami: terjadi melalui pemberian ASI dan saat IgG ibu masuk ke plasenta.
 - Imunisasi pasif buatan: terjadi melalui injeksi antibodi dalam serum yang dihasilkan oleh orang atau hewan yang kebal karena pernah terpapar antigen tertentu.

4. Sel-Sel yang terlibat dalam Respons Imunitas

a) **Sel B (limfosit B)**

Berfungsi membentuk antibodi untuk melawan antigen. Sel B berdiferensiasi menjadi sel plasma (produksi antibodi) dan sel memori (berfungsi dalam respon imunitas sekunder).

b) **Sel T (limfosit T)**

Yaitu sel darah putih yang mampu mengenali dan membedakan jenis antigen/petogen spesifik. Saat pengenalan antigen, sel T berdiferensiasi menjadi sel T memori dan sel T efektor (sel T sitotoksik, sel T penolong, dan sel T supresor)

c) **Makrofag**

Adalah sel fagosit besar dalam jaringan, berasal dari perkembangan sel darah putih, berfungsi menelan antigen/bakteri untuk dihancurkan secara enzimatik.

d) **Sel pembunuh alami (NK=*Natural Killer*)**

Adalah sekumpulan limfosit non-T dan non-B yang bersifat sitotoksik.

5. Mekanisme Respons Imunitas Humoral (Diperantarai Antibodi)

- a) Antigen masuk ke tubuh akan dibawa ke limfosit B.
- b) Aktivasi limfosit B menyebabkan proliferasi menghasilkan tiruan sel B.
- c) Tiruan sel B berdiferensiasi menyebabkan sel plasma mensekresi antibodi selanjutnya dibawa ke lokasi infeksi.
- d) Kompleks antigen-antibodi mengaktifkan antigen.
- e) Tiruan sel B yang tidak berdiferensiasi menetap di jaringan limfoid dan menjadi sel B memori, yang berfungsi dalam respon imunitas sekunder jika terjadi pajanan antigen yang sama secara berulang.

6. Mekanisme Respons Imunitas Seluler (Diperantarai Sel)

- a) Ekstraseluler
 - Antigen (misalnya bakteri) ditelan makrofag yang mengandung fragmen protein peptida dari anti gen tersebut
 - Makrofag membentuk molekul MCH Kelas II
 - MCH kelas II menangkap peptide antigen dan membawanya ke permukaan, serta memperlihatkannya ke sel T penolong
 - Sel T penolong akan mengaktifasi makrofag untuk menghancurkan mikroorganisme yang ditelan
- b) Intraseluler
 - Antigen (misalnya virus) menginfeksi sel tubuh.
 - Sel tubuh membentuk MCH kelas 1
 - MCH kelas 1 menangkap peptide virus dan membawa ke permukaan sel dan memperlihatkannya ke sel T sitotoksik (CTL)
 - CTL akan teraktivasi oleh kompleks : MCH kelas 1, peptide virus dan sel T penolong. CTL kemudian berdiferensiasi menjadi sel pembunuh aktif yang akan membunuh sel yang terinfeksi
 - CTL tidak akan berdiferensiasi menjadi sel memori yang berfungsi dalam respons imunitas sekunder

C. Rangkuman

1. Sistem Pertahanan Tubuh (Sistem Imunitas) adalah sistem pertahanan yang berkenan dalam mengenal, menghancurkan serta menetralkan benda-benda asing atau sel-sel abnormal yang berpotensi merugikan bagi tubuh. Sedangkan Imunitas (kekebalan) adalah kemampuan tubuh untuk menahan atau menghilangkan benda asing serta sel-sel abnormal
2. Fungsi dari sistem kekebalan tubuh, yaitu :
 - a. Mempertahankan tubuh dari pathogen invasif (dapat masuk ke dalam sel inang), misalnya virus dan bakteri.
 - b. Melindungi tubuh terhadap suatu agen dari lingkungan eksternal yang berasal dari tumbuhan dan hewan (makanan tertentu, serbuk sari dan rambut binatang), serta zat kimia (obat-obatan dan polutan).
 - c. Menyingkirkan sel-sel yang sudah rusak akibat suatu penyakit atau cedera, sehingga memudahkan penyembuhan luka dan perbaikan jaringan.
 - d. Mengenali dan menghancurkan sel abnormal(mutan) seperti kanker.
3. Pertahanan tubuh non spesifik meliputi : Pertahanan Fisik, Kimia, dan Mekanis terhadap Agen Infeksi (Kulit, Membran mukosa, Cairan tubuh yang mengandung zat kimia antimikroba, Pembilasan oleh air mata, saliva, dan urine), fagositosis garis pertahanan ke-2 bagi tubuh melalui proses penelanan dan pencernaan mikroorganisme dan toksin yang berhasil masuk ke dalam tubuh.(dilakukan oleh neutrofil dan makrofag), Inflamasi yaitu reaksi lokal jaringan terhadap infeksi atau cedera, yang ditandai dengan kemerahan, panas, pembengkakan, nyeri, dan kehilangan fungsi dan Zat Antimikroba Spesifik yang Diproduksi Tubuh (interferon dan komplemen).
4. Pertahanan Spesifik (Adaptif), meliputi komponen Respons Imunitas Spesifik, Interaksi Antibodi dan Antigen, Jenis Imunitas (Kekebalan Tubuh), Sel-Sel yang terlibat dalam Respons Imunitas, Mekanisme Respons Imunitas Humoral, Mekanisme Respons Imunitas Seluler