



**MODUL BIOMEDIK 1
(BIOKIMIA, MIKROBIOLOGI DAN PARASITOLOGI)
(KES 504)**

**MODUL SESI KE-10
RESPON IMUN TERHADAP INFEKSI MIKROBA**

DISUSUN OLEH

Dr. Henny Saraswati, S.Si, M.Biomed

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2020

RESPON IMUN TERHADAP INFEKSI MIKROBA

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan konsep imunologi dan sistem imun dengan benar.
2. Memahami sifat virulensi mikroba.
3. Memahami kekebalan aktif dan pasif.

B. Uraian dan Contoh

1. Pendahuluan

Sering kali kita mendengar istilah **imunologi** dalam suatu pembelajaran. Lalu apa sebenarnya arti imunologi? Imunologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari sistem pertahanan tubuh terhadap infeksi. Ilmu ini dianggap sebagai ilmu baru, dimana diyakini berawal dari praktik seorang ilmuwan bernama Edward Jenner. Pada abad ke 18 (tahun 1796), Edward Jenner mempraktikkan inokulasi (memasukkan secara sengaja) nanah penderita cacar sapi (*cowpox*) pada seorang anak kecil. Dari praktik ini diketahui bahwa anak kecil tersebut menjadi lebih kebal terhadap penyakit cacar (*smallpox*).

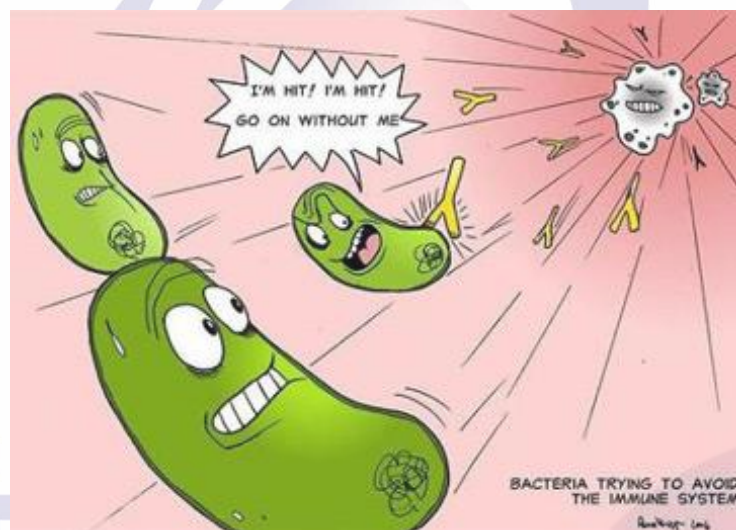


Gambar 1. Edward Jenner mempraktikkan inokulasi nanah penderita cacar sapi pada anak kecil agar terjadi kekebalan terhadap penyakit cacar. (sumber :

<https://www.theguardian.com/>)

Praktik ini dapat membuktikan bahwa terdapat kekebalan tubuh kita dan dapat ditingkatkan dengan memasukkan agen penyebab penyakit secara sengaja ke dalam tubuh dengan dosis terukur. Hal inilah yang menjadi dasar dari metode vaksinasi. Praktik yang dilakukan Edward Jenner kemudian diadopsi oleh dokter dan ilmuwan hingga saat ini. Oleh karena itu banyak yang menyebutkan bahwa Edward Jenner merupakan salah satu penggagas vaksinasi.

Jika kita berbicara tentang kekebalan tubuh, sering kali pula kita mendengar istilah respon imun. Apa itu? Ini adalah istilah lain dari kekebalan tubuh. Respon imun adalah respon yang diberikan oleh tubuh kita jika terjadi infeksi pada tubuh kita yang disebabkan oleh mikroba yang berupa virus, bakteri, jamur atau parasit.



Gambar 2. Kartun yang menggambarkan peran respon imun dalam melindungi tubuh dari infeksi mikroba. (sumber : www.pinterest.com).

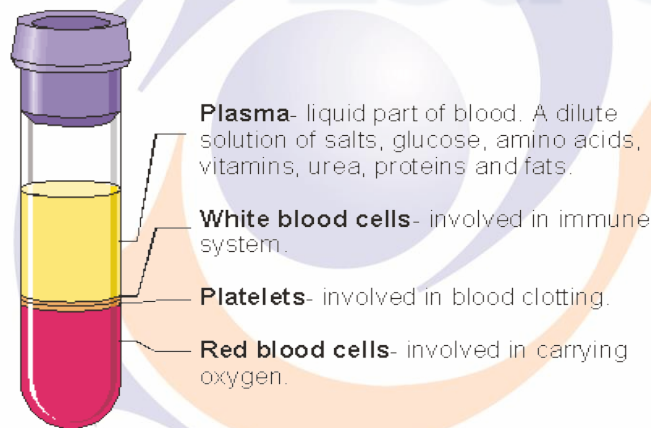
Respon imun dalam tubuh kita dapat dibagi 2, namun saling bekerja sama secara simultan, tidak dapat dipisahkan satu sama lain, yaitu :

1. Respon imun innate/non spesifik (*innate immune response*).
2. Respon adaptif/spesifik (*adaptive response immune*).

Kita akan membahas kedua komponen respon imun ini secara mendetail berikutnya. Namun sebelum mempelajari lebih jauh mengenai respon imun, terdapat pertanyaan yang menggelitik kita, mengapa kita mempelajari respon imun?

Alasan yang utama adalah agar kita dapat lebih memahami bagaimana tubuh kita melakukan perlindungan sehingga terhindar dari penyakit. Kemudian di sisi lain, kita juga dapat mengetahui bagaimana mikroba dapat menyebabkan penyakit. Kita juga dapat mengetahui bagaimana cara kita untuk dapat menghilangkan infeksi dalam tubuh kita.

Lalu pada bagian tubuh mana dari kita yang berperan dalam kekebalan tubuh? Jawabannya adalah darah. Jika kita mengambil sekitar 5 ml darah kita dan ditempatkan di dalam tabung, kemudian didiamkan beberapa waktu, maka akan terlihat adanya komponen-komponen penyusun darah. Komponen-komponen itu antara lain plasma, sel-sel darah merah, sel-sel darah putih (leukosit) dan keeping darah (platelet) (Gambar 3).



Gambar 3. Komponen-komponen penyusun darah (sumber : <http://www.biologymad.com/>)

Plasma darah banyak mengandung air, protein, asam-asam amino, glukosa dan lain-lain. Komponen-komponen penting bagi kehidupan ini terdapat pada plasma darah. **Sel-sel darah putih** merupakan komponen darah yang sangat berperan dalam respon imun. **Platelet** berperan dalam proses pembekuan darah. Hal ini sangat diperlukan jika terjadi proses keluarnya darah dari tubuh, sehingga tidak terjadi pengeluaran darah secara terus-menerus pada seseorang. Jika hal ini terjadi, maka penderita dapat mengalami gangguan fungsi tubuh hingga kematian. **Sel-sel darah merah** pada darah sangat penting untuk pengangkutan oksigen. Dikarenakan darah bersirkulasi pada keseluruhan tubuh melalui pembuluh darah, maka oksigen

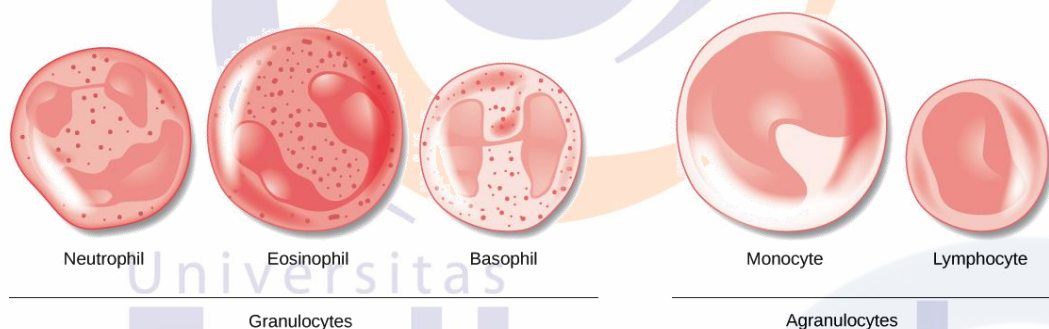
yang terangkut pada sel-sel darah merah dapat disalurkan ke sel-sel tubuh. Oksigen ini sangat penting bagi respirasi sel dan menghasilkan energi.

Sekarang kita mengetahui bahwa komponen darah yang sangat berperan dalam respon imun adalah sel-sel darah putih (leukosit/*white blood cell*). Tetapi, apa saja isi leukosit ini? Mari kita lihat. Leukosit merupakan kumpulan sel yang dapat dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu :

1. Sel-sel yang memiliki granula (granulosit).
2. Sel-sel yang tidak memiliki granula (agranulosit).

Granula adalah partikel kecil yang ada di dalam sel, terlihat ketika dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop. Pada leukosit ini, granula berisi enzim yang penting dalam menghancurkan antigen dari agen patogen (virus, bakteri, jamur, parasit).

Sel-sel granulosit antara lain adalah **neutrofil, basofil, eusinofil dan sel mast**, sedangkan sel-sel agranulosit antara lain **monosit dan limfosit** (Gambar 4).



Gambar 4. Komponen leukosit.

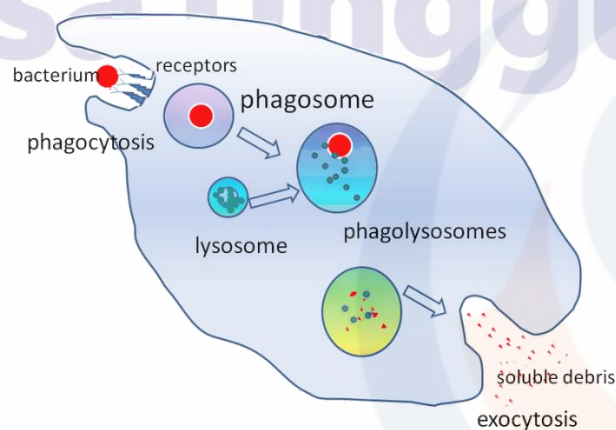
Pada leukosit terdapat inti sel, yang membedakannya dengan sel-sel darah merah dan neutrofil. Sel-sel granulosit memiliki inti sel yang berlobus (bersegmen), neutrofil memiliki banyak lobus, eusinofil dan basofil memiliki 2 lobus. Sedangkan pada sel-sel agranulosit memiliki inti sel yang tidak berlobus. Monosit pada sel-sel agranulosit akan berkembang menjadi sel makrofag dan sel dendritik, sedangkan sel-sel limfosit akan berkembang menjadi sel NK (Natural Killer), sel-sel limfosit T dan sel-sel limfosit B yang menghasilkan antibodi.

2. Respon imun *Innate*/non spesifik.

Setelah kita mengetahui bahwa darah merupakan bagian tubuh kita yang bertanggung jawab terhadap respon imun, maka kita kembali kepada pengelompokan respon imun. Telah disebutkan di atas bahwa respon imun dibedakan menjadi respon imun *innate*/non spesifik dan adaptif/spesifik. Kita masuk terlebih dahulu pada respon imun *innate*/non spesifik. Istilah lain yang sering digunakan untuk respon imun ini adalah respon imun non adaptif. Respon imun ini memiliki ciri-ciri :

- Telah tersedia sebelum adanya infeksi.
- Bereaksi terhadap semua mikroba (tidak spesifik).
- Sifat reaksinya tidak bertahan lama, dari hitungan jam hingga beberapa hari.
- Tetapi respon ini dapat membedakan mana yang patogen dan mana yang bukan.

Sel-sel yang termasuk dalam kelompok respon imun non spesifik antara lain makrofag, sel dendritik, sel NK, sel mast dan salah satu protein yang terdapat pada plasma darah yang disebut dengan protein komplemen. Bentuk respon imun non spesifik lain yang ada pada tubuh kita antara lain kulit yang sehat, keringat, air liur, air mata, asam pada lambung dan lendir (surfaktan) pada paru-paru. Beberapa sel yang berperan dalam respon ini (makrofag dan sel dendritik) memiliki kemampuan fagositosis, yaitu kemampuan untuk memasukkan mikroba ke dalam sel kemudian melakukan perusakan/degradasi mikroba tersebut, sehingga akan mati.



Gambar 5. Proses fagositosis dimulai dari penelanan bakteri (atau mikroba lain) oleh sel, kemudian akan dicerna oleh lisosom dan dikeluarkan dari sel dalam keadaan hancur. (sumber: <https://teachmephysiology.com/>).

Salah satu bentuk respon imun non spesifik adalah peradangan atau inflamasi. Pada kejadian ini terjadi pengumpulan sel-sel fagosit dan sitokin ke area tempat infeksi untuk menghilangkan mikroba dari tempat tersebut. Hal ini akan mengakibatkan rasa nyeri dan peradangan pada daerah infeksi tersebut. Fungsi dari peradangan ini adalah untuk melindungi tubuh dari infeksi patogen. Apakah anda pernah mempunyai jerawat di kulit anda? Itu adalah salah satu peradangan yang ringan.



Gambar 6. Bentuk peradangan.

Peradangan mudah dikenali dari ciri-ciri yang menyertainya, yaitu :

1. Panas (*calor*).
2. Kemerahan (*rubor*).
3. Sakit (*dolor*).
4. Bengkak (*tumor*).

Terkadang bisa ditambahkan dengan gejala kehilangan fungsi dari daerah yang mengalami peradangan (*function laesa*). Peradangan bisa dibedakan menjadi jenis, yaitu peradangan akut dan kronis. Perbedaan antara keduanya bisa dilihat pada Tabel 1. Peradangan kronis sendiri dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan penyakit pada individu. Contoh peradangan kronis adalah penyakit autoimun Systemic Lupus Erythematosus (SLE). Gejala yang bisa dialami bisa berupa rasa sakit pada perut, pusing, infeksi berulang, penambahan berat badan atau kebalikannya penurunan berat badan, depresi dan lain-lain.

Tabel 1. Perbedaan antara peradangan akut dan kronis

Peradangan Akut	Peradangan Kronis
Terjadi pada awal proses radang	Reaksi radang yang berlanjut
Tidak ada kerusakan sel	Terjadi kerusakan sel
Gejalanya cepat timbul	Gejalanya tidak cepat timbul, muncul setelah beberapa waktu
Gejala tidak menetap, cepat hilang	Gejala menetap lama, bisa bertahun-tahun

3. Respon Imun Spesifik/Adaptif.

Berbeda dengan respon imun non spesifik, respon imun spesifik/adaptif dapat secara spesifik melawan mikroba yang menginfeksi. Seperti contoh, ketika kita terinfeksi virus influenza, maka respon imun spesifik yang terbentuk adalah spesifik terhadap influenza tersebut. Hal ini dapat mempercepat proses penghilangan mikroba tersebut dari tubuh. Karakteristik ini merupakan salah satu ciri-ciri dari respon imun spesifik. Secara umum, respon imun spesifik memiliki ciri-ciri :

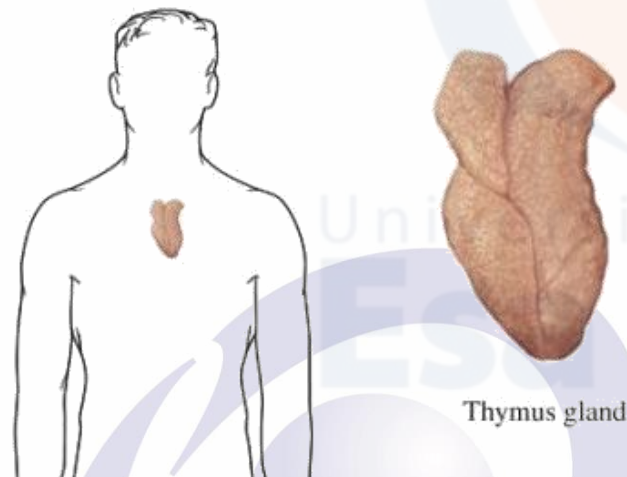
1. Bersifat spesifik terhadap mikroba yang masuk ke dalam tubuh.
2. Memiliki kemampuan menghasilkan sel memori, sehingga dapat memberikan perlindungan dalam jangka waktu yang lama.
3. Timbul setelah terjadinya infeksi, sehingga memerlukan waktu untuk memproduksinya.
4. Mampu membedakan mana yang patogen dan mana yang tidak.

Komponen respon imun spesifik terdiri dari **(a) respon imun seluler, berupa limfosit T dan (b) respon imun humoral, berupa antibodi**. Apakah perbedaan antara keduanya? Mari kita lihat.

a. Respon imun seluler.

Limfosit T merupakan sel yang diproduksi di sumsum tulang dan mengalami maturasi (pematangan) di timus. Proses maturasi ini akan menjadikan limfosit T dapat membedakan mana yang patogen dan mana yang tidak. Hal ini penting agar limfosit T tidak menyerang ke sel-sel sehat di dalam tubuh kita. Jika ini terjadi maka sel-sel tubuh bisa mengalami kerusakan dan menyebabkan

gangguan fungsi tubuh kita, bahkan penyakit yang disebut autoimun. Lalu tahukah anda dimana letak organ timus itu? Organ ini terletak di bagian atas dada kita, dekat dengan pangkal leher (Gambar 7). Uniknya, organ ini akan mengecil seiring bertambahnya usia, dan digantikan dengan jaringan yang berlemak.



Gambar 7. Letak dan bentuk organ timus dalam tubuh kita. (Sumber: www.foundhealth.com).

Terdapat 2 macam sel limfosit T yaitu **limfosit T helper (sel T CD4⁺)** dan **limfosit T sitotoksik (T CD8⁺)**. Sel limfosit T *helper* banyak berperan dalam mengatur respon imun sedangkan sel limfosit T sitotoksik berperan dalam membunuh sel yang telah terinfeksi.

Sel limfosit T *helper* memiliki protein CD4 pada permukaan selnya (Gambar 8) yang berperan dalam pengenalan mikroba. Secara detil, peran sel limfosit T *helper* adalah :

1. Mengaktifkan sel limfosit B untuk menghasilkan antibodi.
2. Mengaktifkan makrofag untuk proses peradangan.
3. Menghasilkan protein-protein yang berperan dalam proses peradangan.
4. Menghasilkan protein untuk proses pembentukan sel limfosit T sitotoksik.

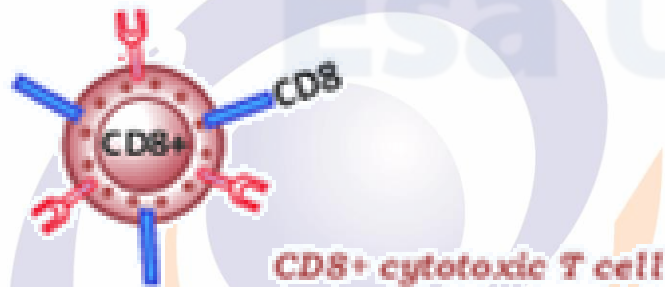
Sedangkan sel limfosit T sitotoksik memiliki penanda CD8 pada permukaan selnya (Gambar 9). Fungsi dari sel limfosit T sitotoksik ini berbeda dengan sel T *helper*, yaitu :

1. Membunuh sel terinfeksi.

2. Membunuh sel-sel tumor.



Gambar 8. Sel limfosit T helper dengan protein CD4 pada permukaan selnya.



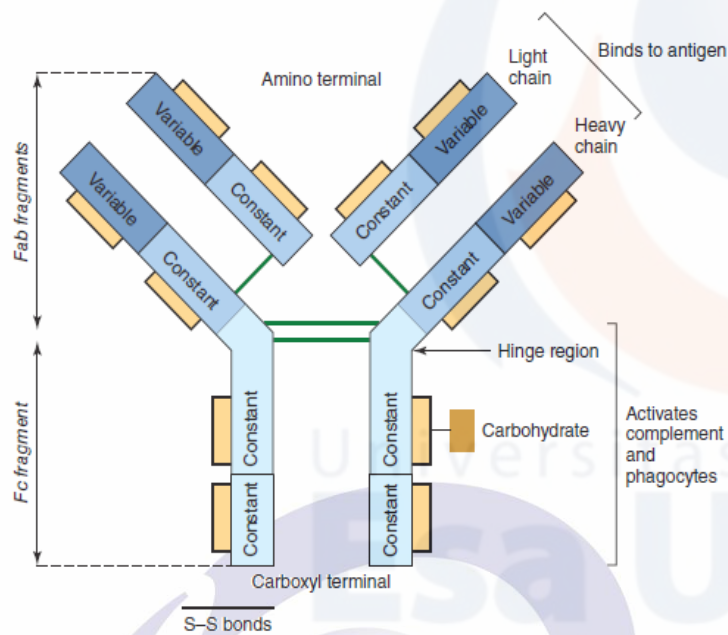
Gambar 9. Sel limfosit T sitotoksik dengan protein CD8 pada permukaan selnya.

b. Respon Imun Humoral

Komponen dalam respon humoral ini adalah antibodi. Protein ini dihasilkan oleh sel limfosit, yaitu sel limfosit B. Sel ini jika telah matang dan siap menghasilkan antibodi sering kita sebut dengan sel plasma.

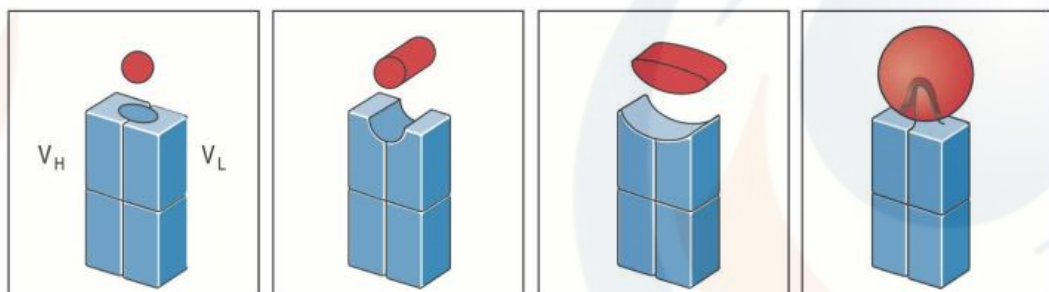
Istilah lain yang dikenal untuk antibodi adalah **imunoglobulin (Ig)**. Kedua istilah ini sering digunakan dalam imunologi. Pernahkan anda melakukan pemeriksaan darah untuk memeriksa IgG atau IgM di laboratorium klinik? Itulah pemeriksaan kadar (titer) antibodi di dalam tubuh kita. Biasanya digunakan untuk mendiagnosis apakah kita terinfeksi patogen tertentu ataukah tidak.

Imunoglobulin terbagi menjadi 5 (lima) kelas, yaitu Imunoglobulin G (IgG), imunoglobulin M (IgM), imunoglobulin A (IgA), imunoglobulin D (IgD) dan imunoglobulin E (IgE). Antibodi atau imunoglobulin ini memiliki struktur yang khas (Gambar 10).



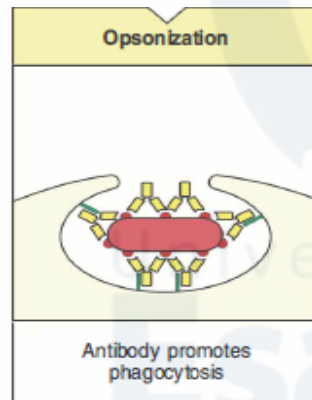
Gambar 10. Struktur antibodi.

Seperti yang terlihat pada gambar 10, antibodi memiliki struktur yang mirip dengan huruf Y. Pada bagian atas terdapat fragmen atau daerah tempat pengikatan antigen dari mikroba yang disebut daerah Fab, dan pada bagian bawah terdapat daerah untuk pengikatan protein komplemen yang disebut daerah Fc. Antibodi memiliki daerah yang bervariasi (*variable*) dan konstan (*constant*). Daerah yang bervariasi akan menyesuaikan bentuk antigen dari mikroba tertentu. Sehingga antibodi ini bersifat spesifik pada mikroba tertentu (Gambar 11). Untuk virus HIV misalnya, maka antibodi yang melindungi adalah antibodi spesifik terhadap HIV. Antibodi spesifik HIV ini tidak akan melindungi tubuh pada mikroba yang lain.



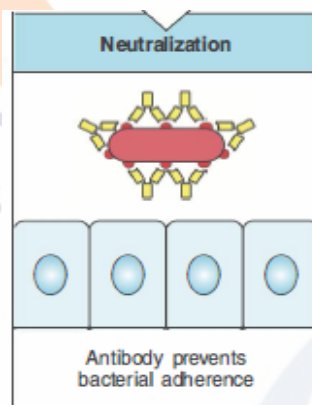
Gambar 11. Daerah variabel antibodi akan spesifik dengan bentuk antigen dari mikroba tertentu (Sumber: Murphy, 2012).

Antibodi melawan mikroba dengan 3 cara yaitu **opsonisasi**, **netralisasi** dan **aktivasi komplemen**. Pada **opsonisasi**, antibodi akan membantu proses fagositosis (penelanan) antigen oleh sel (Gambar 12).



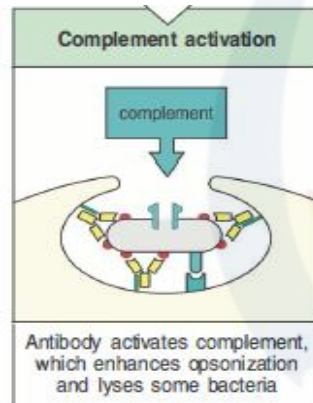
Gambar 12. Proses opsonisasi, antibodi (warna kuning) membantu proses fagositosis mikroba (warna merah) ke dalam sel (Sumber: Murphy, 2012).

Antibodi dapat juga bekerja dengan cara **netralisasi**. Pada proses ini antibodi akan mencegah masuknya mikroba ke dalam sel (Gambar 13).



Gambar 13. Proses netralisasi, antibodi (warna kuning) akan mencegah mikroba (warna merah) masuk ke dalam sel (Sumber: Murphy, 2012).

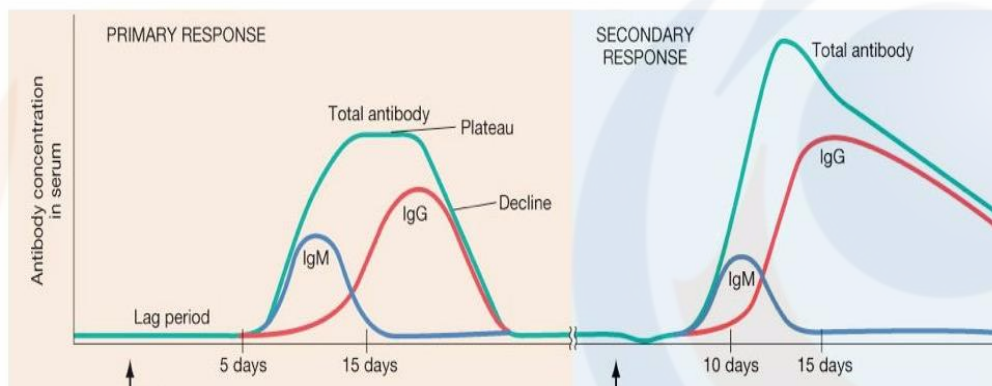
Pada proses aktivasi komplemen, antibodi akan mengaktifkan protein komplemen yang ada di plasma darah untuk meningkatkan proses fagositosis dan dapat juga merusak sel bakteri (Gambar 14).



Gambar 14. Bersama dengan protein komplemen, antibodi akan meningkatkan proses opsonisasi dan merusak sel beberapa bakteri (sumber : Murphy, 2012).

Jumlah (titer) antibodi dalam darah bersifat dinamis, artinya saat terjadi infeksi, titernya tinggi. Tetapi setelah terjadi kesembuhan titernya menurun dan cenderung menetap dalam waktu yang lama. Dinamika respon antibodi ini sangat terlihat jelas pada **infeksi primer dan infeksi sekunder**. **Infeksi primer** adalah infeksi mikroba pertama kali menyerang tubuh, sedangkan **infeksi sekunder** merupakan infeksi berulang dari mikroba yang sama.

Antibodi yang pertama kali terbentuk pada infeksi primer adalah IgM diikuti oleh IgG dan IgA. Munculnya antibodi ini terjadi beberapa hari setelah infeksi terjadi. Pada infeksi sekunder, polanya juga sama namun waktu munculnya lebih cepat dan titernya lebih tinggi. Itulah mengapa pada orang yang mengalami infeksi sekunder, umumnya waktu kesembuhannya lebih cepat dan gejalanya lebih ringan.



Gambar 15. Dinamika respon antibodi pada infeksi primer (*primary response*) dan infeksi sekunder (*secondary response*). (sumber: pinterest).

4. Vaksinasi

Pernahkah anda mendengar istilah imunisasi dan vaksinasi? Apakah kedua hal ini memiliki definisi yang sama? Mari kita lihat. **Imunisasi** adalah proses seseorang menjadi lebih kebal terhadap penyakit tertentu, semisal dengan pemberian vaksin. Sedangkan **vaksinasi** adalah usaha memberikan antigen ke dalam tubuh seseorang secara sengaja untuk meningkatkan kekebalan tubuh seseorang tersebut terhadap penyakit tertentu. Meskipun sedikit berbeda, namun kedua hal ini sering digunakan bergantian secara luas di masyarakat yang merujuk pada pemberian vaksin untuk peningkatan kekebalan tubuh individu terhadap penyakit tertentu.

Setelah kita mempelajari mengenai respon imun di dalam tubuh kita, tentu kita memahami proses vaksinasi ini. Menggunakan antigen atau mikroba tertentu secara disengaja dan dalam dosis tertentu akan meningkatkan respon imun, terutama respon imun spesifik, sehingga dapat memberikan perlindungan terhadap penyakit tertentu dalam jangka waktu yang lama.

Seperti yang dijelaskan pada awal modul ini, bahwa khalayak umum memahami bahwa praktik vaksinasi diawali oleh percobaan yang dilakukan oleh Edward Jenner. Namun, sebenarnya beliau mengadaptasi dari praktik yang telah terlebih dahulu dilakukan oleh Lady Mary Wortley Montagu (1689-1762), seorang istri Duta Besar Inggris di Turki. Wanita ini melihat adanya praktik “*variolation*” yang dilakukan masyarakat Turki untuk melindungi dirinya dari penyakit cacar.



Gambar 16. Lady Mary Wortley Montagu (kiri) dan praktik *variolation* yang digambarkan pada perangko negara Turki (kanan).

Praktik “*variolation*” dilakukan dengan memasukkan secara sengaja bahan infeksius cacar sapi (*cowpox*) dari individu yang sakit kepada individu sehat. Praktik ini terbukti dapat melindungi individu sehat dari wabah cacar. Praktik ini kemudian dibawa ke Inggris untuk dilakukan, termasuk kepada keluarganya sendiri. Namun, masyarakat Inggris waktu itu menolak praktik ini, hingga akhirnya Edward Jenner melakukan hal serupa dan ternyata berhasil.

Indonesia merupakan salah satu negara yang mewajibkan pemberian vaksin pada anak usia 0 - 12 bulan. Vaksin-vaksin wajib yang diberikan antara lain :

- a. BCG untuk mencegah penyakit TBC.
- b. Polio untuk mencegah penyakit polio/lumpuh layuh.
- c. HB0 untuk mencegah penyakit Hepatitis B.
- d. DPT untuk mencegah penyakit Difetri, Pertusis dan Tetanus.
- e. Campak untuk mencegah penyakit campak.



Gambar 17. Vaksin polio (kiri) dan vaksin pentavalen (kanan) merupakan vaksin-vaksin wajib yang diberikan pada anak usia 0-12 bulan. (sumber: www.biofarma.co.id)

Selain vaksin-vaksin wajib di atas, terdapat juga beberapa vaksin tidak wajib yang dapat diberikan kepada individu berusia 19 tahun ke atas, seperti :

- a. Vaksin influenza untuk mencegah penyakit influenza.
- b. Vaksin HPV untuk mencegah penyakit kanker serviks.
- c. Vaksin DT untuk mencegah penyakit difteri dan pertussis.
- d. Vaksin Hepatitis B untuk mencegah penyakit Hepatitis B.
- e. Vaksin Varicella untuk mencegah cacar air.
- f. Vaksin Meningitis untuk mencegah penyakit radang selaput otak, wajib bagi jamaah haji/umrah.

- g. Vaksin TT untuk mencegah penyakit tetanus dan tetanus neonatal, umumnya diberikan kepada calon pengantin.

Vaksin dapat dibuat dengan menggunakan beberapa teknologi antara lain :

1. Berasal dari bakteri atau virus hidup yang dilemahkan (*live-attenuated*).
2. Berasal dari bakteri atau virus mati (*Killed or Inactivated*).
3. Berasal dari antigen mikroba (*subunit vaccine*).
4. Menggunakan racun bakteri (*toxoid* atau *inactivated toxin*).
5. Menggunakan struktur virus utuh tanpa materi genetik (*Viral-Like Particles*).

Pengembangan teknologi vaksin terus dikembangkan seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Saat ini masih terdapat beberapa teknologi pembuatan vaksin dalam tahap riset, belum dipasarkan secara luas, antara lain :

- ✓ Menggunakan vektor bakteri atau virus (*bacterial or viral vectors*)
- ✓ Menggunakan DNA bakteri atau virus (*DNA vaccine*)
- ✓ Menggunakan RNA virus (*RNA vaccine*).

Saat ini, Indonesia telah berhasil memproduksi vaksin sendiri untuk mencukupi kebutuhan vaksin dalam negeri, terutama vaksin-vaksin wajib untuk anak-anak. Bahkan produksi vaksin Indonesia ini telah diekspor ke lebih dari 100 negara di dunia dan merupakan industri vaksin yang telah mendapatkan sertifikasi pre-kualifikasi dari Badan Kesehatan Dunia (WHO) untuk produk-produk vaksinnya. Perusahaan ini bernama PT Biofarma dan berlokasi di Bandung.



Gambar 18. PT Biofarma merupakan produsen vaksin dari Indonesia.

Berbeda dengan metode vaksinasi yang telah disebutkan di atas, terdapat juga **imunisasi pasif**, yaitu pemberian antibodi terhadap individu untuk memberikan proteksi terhadap penyakit. Contoh imunisasi pasif ini adalah pemberian serum tetanus atau pemberian antibodi yang melawan bisa ular.

5. Kesimpulan.

Respon imun merupakan suatu respon tubuh untuk melindungi diri dari infeksi tubuh. Darah merupakan bagian tubuh yang berperan dalam respon imun. Proses perlindungan tubuh ini dapat dibagi menjadi 2, yaitu respon imun non spesifik dan spesifik. Adanya mekanisme respon imun dalam tubuh ini menjadi dasar dalam tindakan vaksinasi.

C. Latihan

- a. Komponen darah apakah yang berperan dalam respon imun?
- b. Respon imun dapat dibagi menjadi 2, apa sajakah itu?
- c. Apa yang dimaksud dengan vaksinasi ?

D. Kunci Jawaban

- a. Leukosit atau dikenal juga dengan sel-sel darah putih.
- b. Respon imun spesifik dan non spesifik.
- c. Pemberian antigen atau mikroba secara sengaja ke dalam tubuh individu untuk meningkatkan respon imun terhadap penyakit tertentu.

E. Daftar Pustaka

1. Murphy, K. 2012. *Janeway's Immunobiology*. 8th Ed. Garland Science. London
2. Abbas, A.K, Andrew H.L, Shiv P. 2012. *Cellular and Molecular Immunobiology*. 6th Ed. Saunders Elsevier. Philadelphia Companies. New York.