



**MODUL BIOMEDIK 1
(KES 504)**

**MODUL SESI KE-5
STRUKTUR MIKROBA**

DISUSUN OLEH

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

Universitas
Esa Unggul

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2021

STRUKTUR MIKROBA

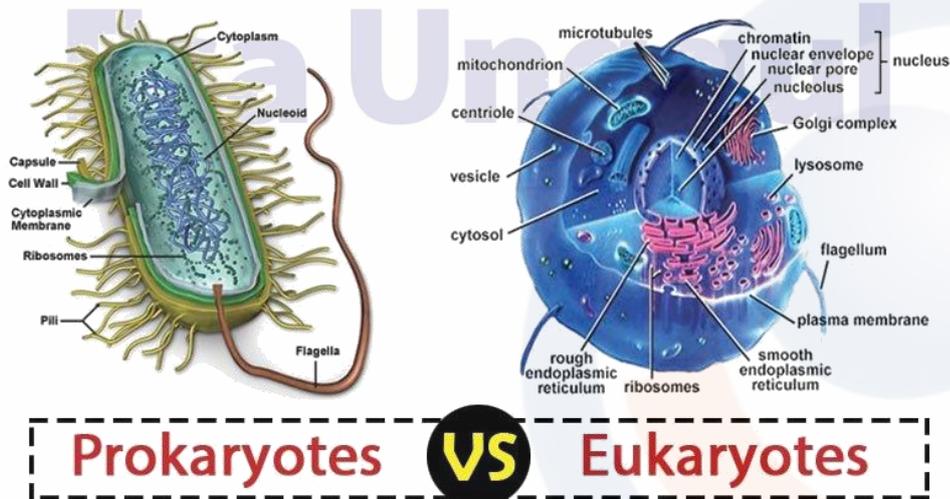
A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan alat yang digunakan untuk mengamati mikroba.
2. Menjelaskan struktur virus.
3. Menjelaskan struktur bakteri.
4. Menjelaskan struktur fungi (jamur).

B. Uraian dan Contoh

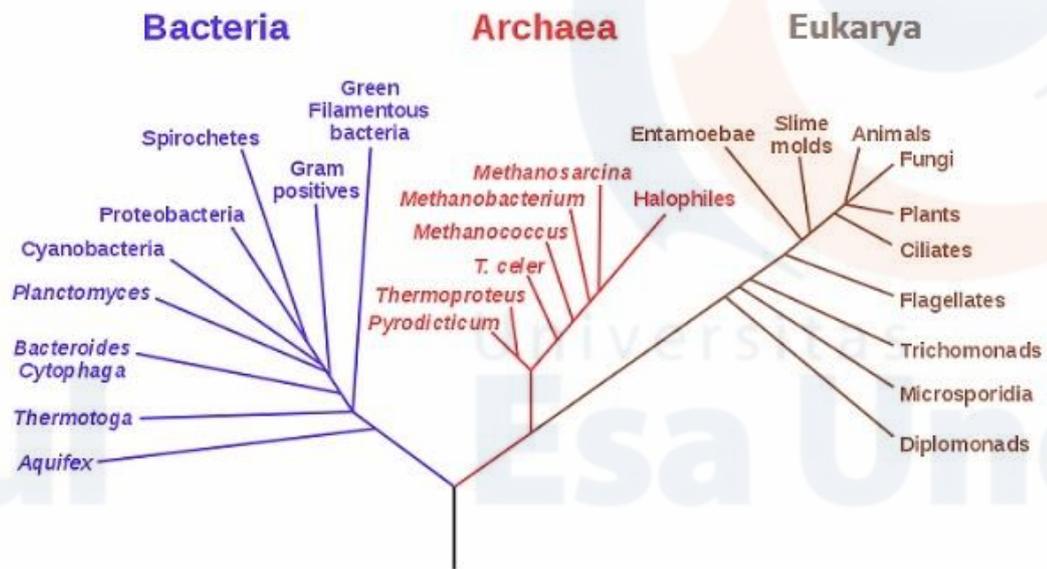
Makhluk hidup dapat dibedakan menjadi 3 kelompok besar yaitu bakteri (prokariota), archaea (prokariota) dan eukariota. Apa yang dimaksud dengan makhluk **prokariota dan eukariota**? Makhluk hidup dimasukkan ke dalam **prokariota karena tidak memiliki membran pada inti selnya**. Disebut **prokariota** karena kata ini berasal dari Bahasa Yunani, *pro* yang berarti **sebelum** dan *karyon* yang artinya **inti sel**. Sedangkan makhluk **eukariota adalah makhluk yang memiliki membran inti sel (nukleus)**. Sekelompok makhluk yang termasuk prokariota adalah bakteri dan archaea, sedangkan makhluk hidup yang termasuk kelompok eukariota adalah hewan, tumbuhan dan manusia. Fungi (jamur) termasuk dalam kelompok eukariota.



Gambar 1. Perbedaan struktur antara prokariota dan eukariota (sumber:

www.microbenotes.com)

Phylogenetic Tree of Life



Gambar 2. Makhluk hidup dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok besar, yaitu bakteri, archaea (keduanya termasuk dalam kelompok prokariota) dan eukariota.

Untuk dapat mengamati mikroba atau mikroorganisme kita harus menggunakan alat yang disebut dengan mikroskop. Seperti yang sudah disampaikan minggu lalu bahwa mikroskop ditemukan oleh beberapa ilmuwan, tetapi yang dikenal sebagai penemu mikroskop adalah Anthony van Leeuwenhoek.



Gambar 3. Mikroskop

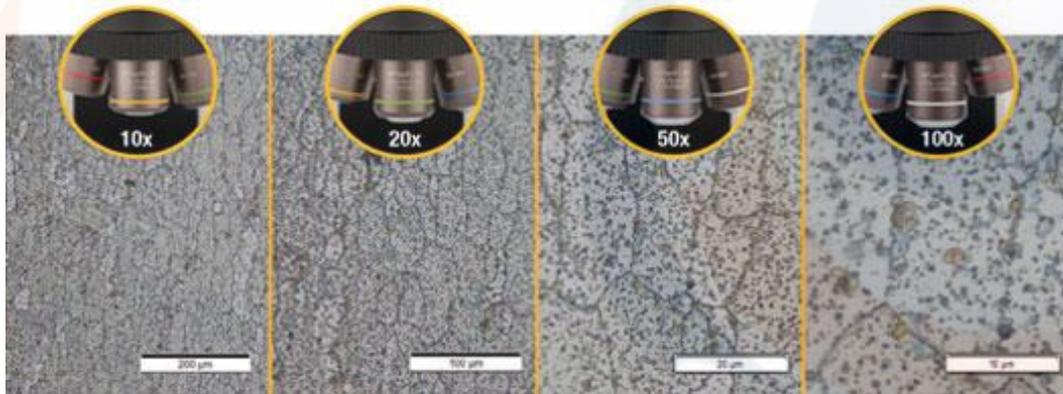
Di dalam pengamatan dengan mikroskop terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam pengamatan suatu obyek antara lain perbesaran, resolusi dan kontras. **Perbesaran** adalah rasio antara besar ukuran hasil pengamatan dibandingkan dengan ukuran benda aslinya. Jadi obyek yang diamati akan terlihat beberapa kali bahkan beberapa ratus kali lebih besar dari ukuran aslinya. Perbesaran ini terjadi karena adanya hasil perkalian perbesaran lensa okuler dan lensa obyektif. Lensa okuler terletak di dekat mata pengamat sedangkan lensa obyektif adalah lensa yang terletak di dekat obyek teramati.



Gambar 4. Perbesaran dalam pengamatan mikroskop merupakan hasil perkalian antara perbesaran lensa okuler (gambar kiri) dengan lensa obyektif (gambar kanan).

Pada gambar 4 terlihat bahwa lensa okuler memiliki satu jenis perbesaran, yaitu 10x, sedangkan lensa obyektif memiliki beberapa perbesaran yaitu 4x, 10x, 40x dan 100x. Jika kita mengamati suatu obyek dengan menggunakan perbesaran 40x, maka dikatakan bahwa perbesaran yang digunakan adalah 400x (berasal dari 40×10).

Perbesaran inilah yang dapat menyebabkan suatu obyek yang sangat kecil dapat terlihat lebih besar dan diamati. Seperti halnya dengan mikroba yang ukuran tubuhnya sangat kecil, dengan perbesaran ini akan terlihat lebih besar dan dapat diamati. Sehingga dari hasil perbesaran ini kita dapat mempelajari bentuk tubuhnya, pergerakannya, bahkan cara perkembangbiakannya. Oleh karena itu pemahaman mengenai perbesaran dalam pengamatan dengan mikroskop sangat penting diketahui.



Gambar 5. Suatu obyek yang diamati dengan bermacam-macam perbesaran. Pada perbesaran 100x terlihat bahwa struktur obyek semakin jelas diamati.

Selain perbesaran, parameter lain yang juga penting dalam pengamatan dengan mikroskop adalah resolusi. **Resolusi** merupakan ukuran kejernihan gambar, dimana kedua titik dapat diamati sebagai 2 titik yang berbeda. Mikroskop yang baik memiliki kemampuan resolusi yang tinggi. Sehingga obyek yang diamati dapat terlihat dengan jelas.

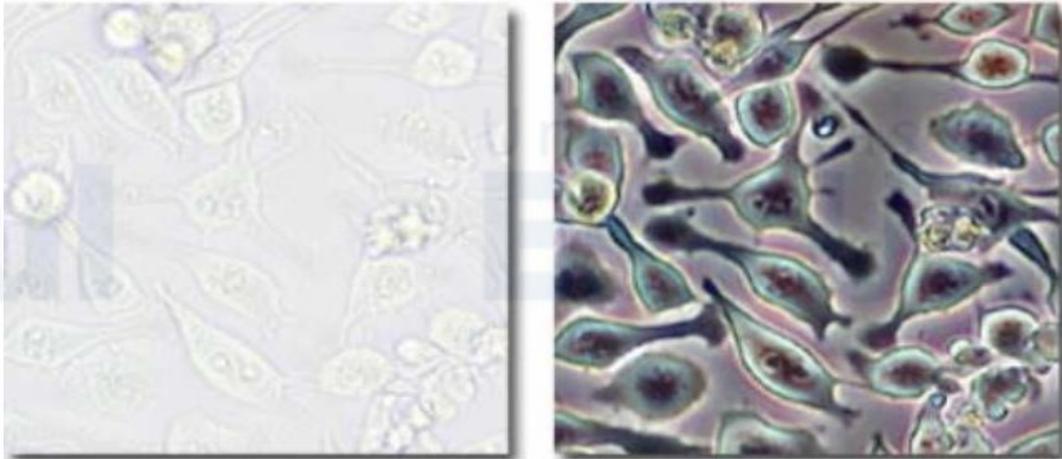


Gambar 6. Resolusi yang baik sangat diperlukan dalam pengamatan dengan mikroskop sehingga dapat menghasilkan hasil yang jelas.

Kemudian ada juga parameter kekontrasan yang harus diperhatikan. **Kontras** pada mikroskop memiliki arti adanya kemampuan mikroskop untuk membedakan bagian-bagian tertentu dari obyek, semisal membedakan antara sitoplasma dengan organel sel. Pada pengamatan dengan mikroba hal ini juga penting untuk bisa membedakan bagian-bagian struktur sel mikroba. Oleh karena itu, terdapat mikroskop yang memiliki kemampuan kontras yang sangat tinggi sehingga sangat baik untuk pengamatan sel-sel hidup yang tidak menggunakan

pewarnaan dalam pengamatannya. Mikroskop ini dinamakan **mikroskop fase kontras**. Mikroskop ini sebenarnya adalah mikroskop cahaya yang memiliki teknik fase kontras sehingga dapat menampilkan hasil pengamatan obyek yang sangat baik dibandingkan dengan mikroskop cahaya biasa.

Living Cells in Brightfield and Phase Contrast



Brightfield

Phase contrast

Gambar 7. Hasil pengamatan sel hidup dengan mikroskop cahaya biasa (gambar kiri) dan mikroskop fase kontras (gambar kanan).

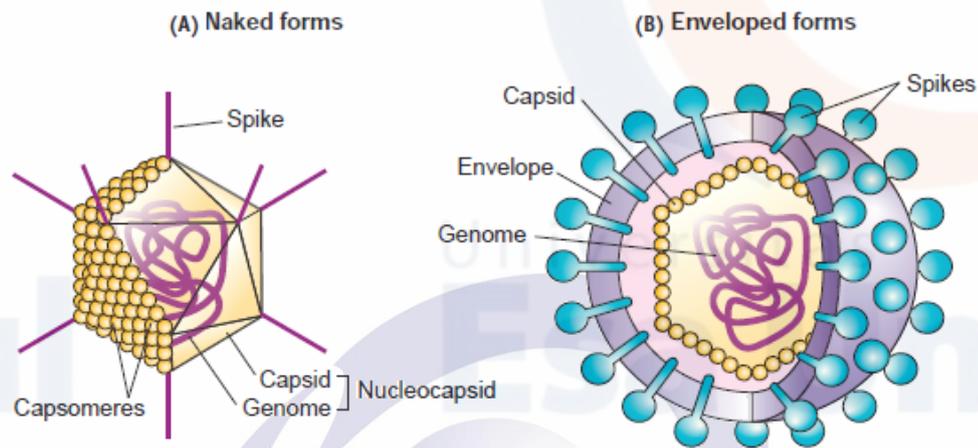
Itulah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengamatan dengan mikroskop yang sangat diperlukan untuk pengamatan mikroba.

Struktur Virus

Setelah memahami alat pengamatannya, marilah sekarang kita mempelajari mengenai struktur mikroba. Pertama, kita akan mempelajari dahulu struktur virus. Agen infeksius ini dianggap bukan merupakan makhluk hidup karena tidak memiliki perangkat untuk perbanyakannya. Virus selalu menumpang pada sel-sel hidup dan menggunakan perangkatnya untuk memperbanyak virus. Sehingga virus ini seperti bersifat parasit.

Virus hanya tersusun dari **asam nukleat dan protein kapsid saja**. Tidak ada perangkat lain seperti ribosom yang penting untuk sintesis protein. Asam nukleat pada virus hanya terdiri dari **DNA atau RNA saja**. Sedangkan makhluk

hidup lain memiliki DNA dan RNA dalam selnya. Keutuhan struktur asam nukleat dan protein kapsid disebut dengan **nukleokapsid**. Kapsid sendiri tersusun atas subunit-subunit protein yang disebut dengan **kapsomer**.

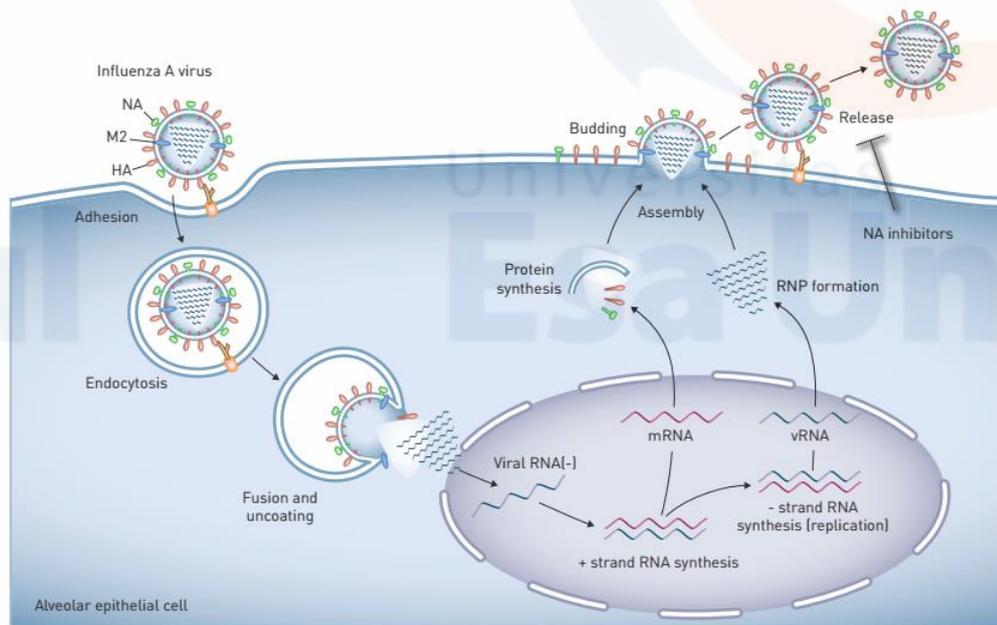


Gambar 8. Struktur virus hanya terdiri dari asam nukleat atau material genetik (warna ungu) dan protein kapsid (warna kuning). Virus juga dibedakan menjadi virus telanjang (gambar A) dan virus berselubung (gambar B) (sumber: Herold, 2014).

Beberapa virus memiliki selubung (*envelope*) di luar kapsidnya sehingga disebut dengan **virus berselubung** (*enveloped virus*). Selubung ini dapat berfungsi untuk melindungi kapsid dan asam nukleat di dalamnya. Tetapi beberapa virus tidak memiliki selubung ini sehingga dinamakan dengan **virus telanjang** (*naked virus*).

Kemudian, selain kapsid maupun selubung, pada virus juga terdapat protein lain yang disebut dengan *spike*. Protein ini sangat penting bagi proses masuknya virus ke dalam sel inang, yaitu untuk perlekatan virus dengan sel inang. Jadi virus memiliki beberapa tahap saat menginfeksi atau memasuki sel hidup. Hal ini kita sebut dengan siklus hidup virus. Perhatikan gambar 9. Tahap pertama yang dilakukan oleh virus adalah perlekatan spike dengan protein reseptor di permukaan sel inang. Setelah itu, virus dapat memasuki sel inang melalui mekanisme endositosis. Sel inang akan membentuk vakuola yang menyelubungi virus. Vakuola ini akan berfusi/bergabung dengan kapsid sehingga material genetik dari virus akan

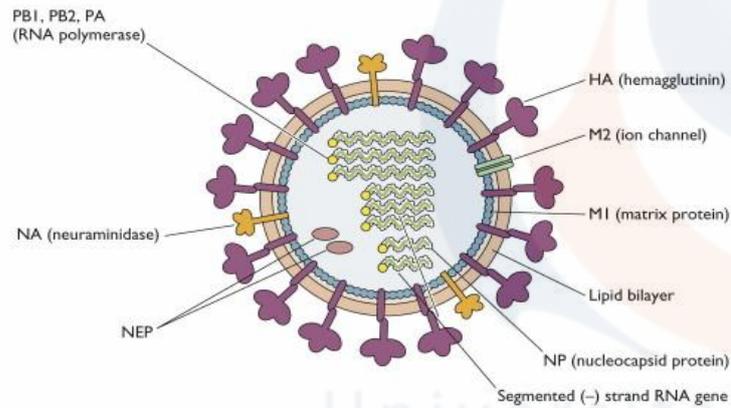
dapat masuk ke sitoplasma sel inang. Material genetik ini dapat masuk ke dalam inti sel dan melakukan perbanyakan. Selain itu protein-protein struktur virus juga dibentuk melalui mekanisme sintesis protein. Ketika protein-protein ini sudah tersedia demikian juga asam nukleatnya, maka virus-virus baru akan terakit, kemudian keluar dari sel inang melalui mekanisme *budding* (Seperti “tunas”).



Gambar 9. Siklus hidup virus. Dalam gambar ini dicontohkan siklus hidup virus influenza.

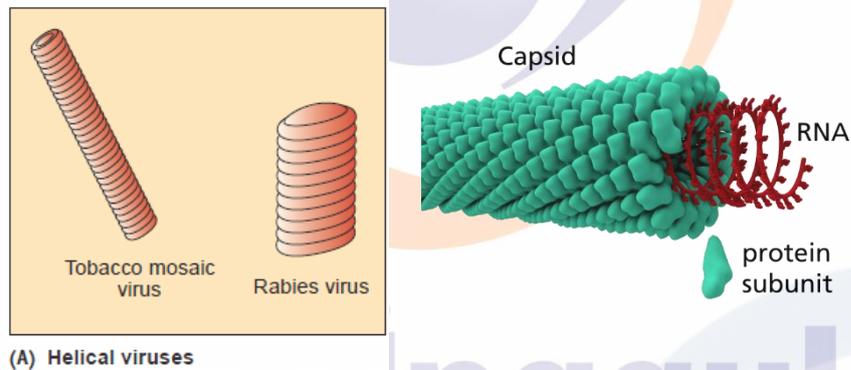
Sekarang mari kita lihat lebih mendalam dari struktur virus ini. Pada halaman sebelumnya sudah dijelaskan bahwa material genetik virus hanya berupa DNA atau RNA saja. Kemudian bentuk dari asam nukleat ini bisa berbentuk untai tunggal atau ganda. Selain itu material genetik ini bisa berbentuk sirkuler (melingkar) atau linier. Beberapa virus memiliki bentuk material genetiknya adalah bersegmen-segmen, contohnya pada virus influenza yang genomnya (material genetiknya) bersegmen 8 (Gambar 10).

Bentuk nukleokapsid virus bermacam-macam. Berdasarkan bentuk nukleokapsidnya virus dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu **virus spiral (*helical viruses*)**, **virus ikosahedral (*icosahedral viruses*)** dan **virus kompleks (*complex viruses*)**.



Gambar 10. Struktur virus influenza dengan genomnya yang bersegmen-segmen (sumber: <https://www.virology.ws/>)

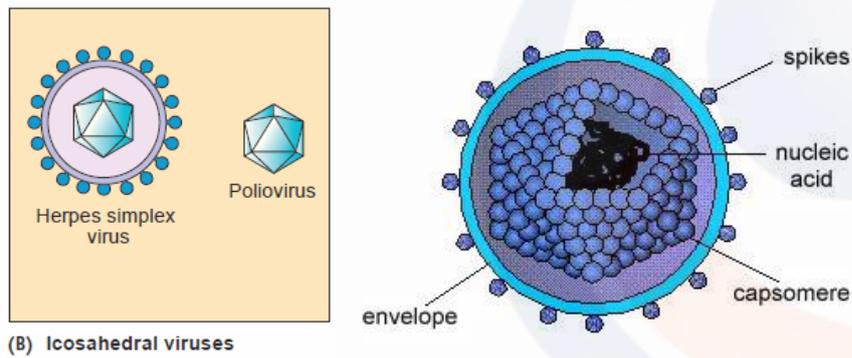
Pada **virus spiral**, bentuk nukleokapsidnya seperti per/pegas. Contoh virus yang memiliki struktur nukleokapsid ini adalah tobacco mosaic virus dan virus rabies.



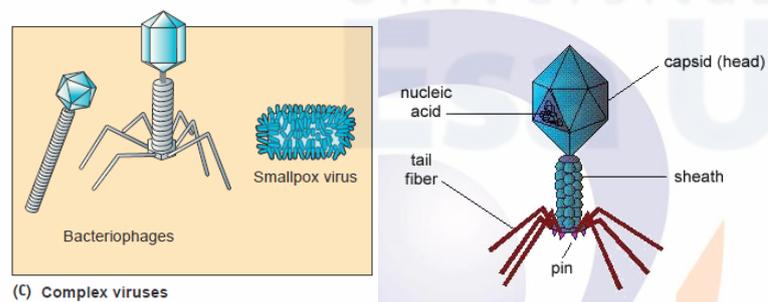
(A) Helical viruses
Gambar 11. Struktur nukleokapsid virus spiral (sumber: wikipedia dan Pommerville, 2011).

Struktur nukleokapsid pada **virus ikosahedral** tersusun dari 20 subunit segitiga sama kaki (gambar 12). Contoh dari virus ikosahedral ini adalah virus polio dan virus herpes.

Sedangkan pada **virus kompleks**, bentuk nukleokapsidnya merupakan kombinasi dari nukleokapsid spiral dan ikosahedral. Contohnya pada bakteriofaga. Pada bagian “kepala”, nukleokapsidnya berbentuk ikosahedral sedangkan pada bagian “ekor” berbentuk spiral (gambar 13).



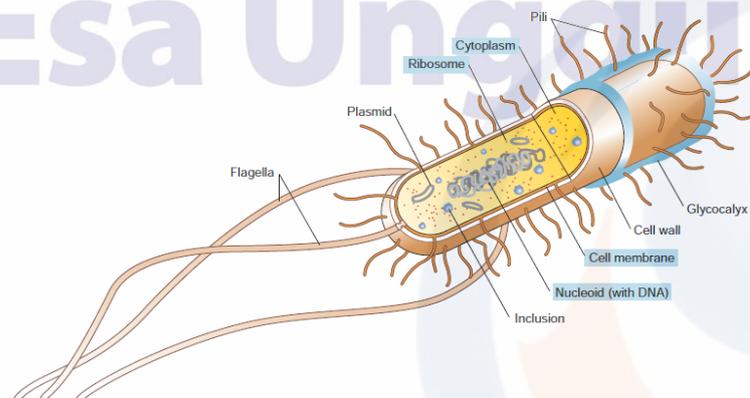
(B) Icosahedral viruses
 Gambar 12. Struktur virus ikosahedral (sumber: Pommerville, 2011).



(C) Complex viruses
 Gambar 13. Struktur virus kompleks, contohnya pada bakteriofaga (sumber: <https://cs-web.bu.edu/> dan Pmmerville, 2011).

Struktur Bakteri dan Archaea

Bakteri dan archaea merupakan prokariota. Pada struktur selnya tidak memiliki membran inti. Sehingga material genetiknya ada di sitoplasma yang disebut dengan **nukleoid**.



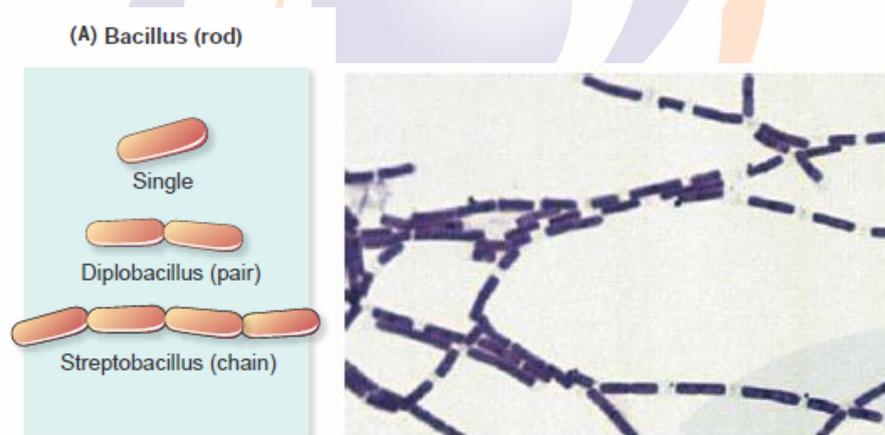
Gambar 14. Struktur bakteri. Tulisan dengan highlight biru menunjukkan bahwa bagian-bagian ini dimiliki oleh semua bakteri dan archaea (sumber: Pommerville, 2011).

Berdasarkan bentuk tubuhnya, bakteri dan dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu :

1. Bakteri dan archaea bentuk batang/*basil/bacillus*.
2. Bakteri dan archaea bentuk bulat/*coccus*.
3. Bakteri dan archaea bentuk spiral.

Pada bakteri dan archaea bentuk batang, struktur selnya berbentuk seperti batang. Contoh spesies bakteri yang memiliki struktur tubuh batang adalah *Bacillus anthracis* (penyebab penyakit antraks) dan *Corynebacterium diphtheriae* (penyebab penyakit difteri). Bentuk bakteri batang ada bermacam-macam, yaitu :

- Tunggal
- Diplobasil (*diplobacillus*) : tersusun atas 2 bakteri bentuk batang.
- Streptobasil (*streptobacillus*) : tersusun atas banyak bakteri bentuk batang, sehingga berbentuk seperti rantai.



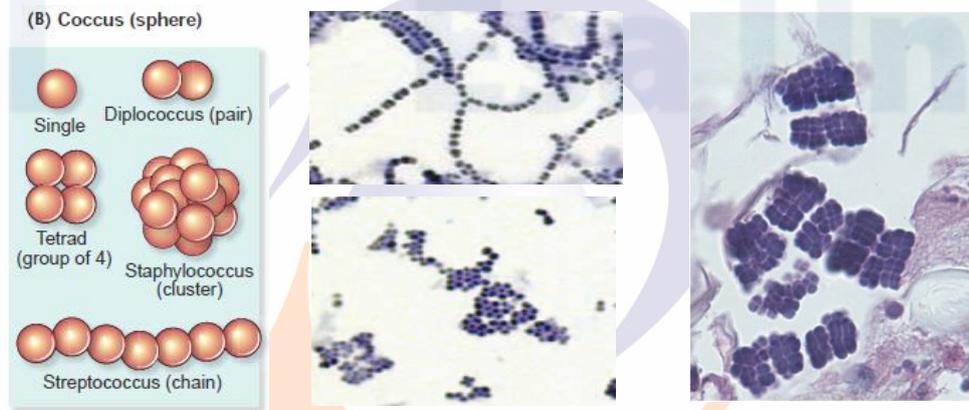
Gambar 15. Struktur bakteri yang berbentuk batang/basil bisa tunggal, diplobasil dan streptobasil.

Struktur bakteri yang lain adalah berbentuk bulat/*coccus*. Seperti pada bakteri bentuk batang, maka pada bakteri bentuk bulat ini juga bisa terdapat dalam beberapa bentuk, seperti

- Tunggal.
- Diplokokus (*diplococcus*).
- Tetrad.
- Sarkina (*sarcina*).

- Stafilocokus (*Staphylococcus*).
- Streptokokus (*Streptococcus*).

Pada bakteri berbentuk **diplokokus**, bakteri tersusun kokus. Sedangkan **tetrad** terdiri dari 4 kokus dan **sarkina** tersusun dari 8 kokus. **Stafilocokus** merupakan bentuk bakteri kokus yang bergerombol seperti buah anggur. Bentuk lainnya adalah berbentuk seperti rantai yang disebut dengan **streptokokus**. Contoh bakteri-bakteri yang memiliki bentuk kokus adalah *Streptococcus mutans* (penyebab karies gigi) dan *Neisseria gonorrhoeae* (penyebab penyakit gonore).



Gambar 16. Struktur bakteri kokus bisa dalam bentuk streptokokus (gambar tengah atas), stafilocokus (gambar tengah bawah) dan sarkina (gambar kanan).

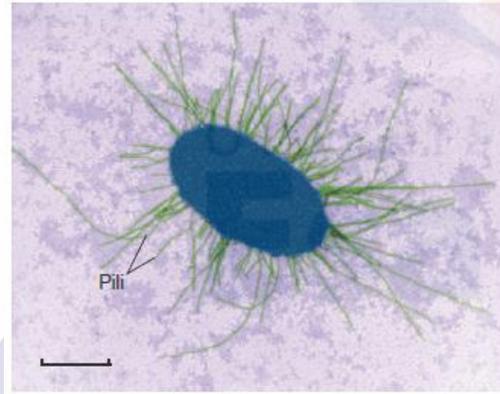
Terdapat struktur bakteri yang lain yaitu bakteri spiral. Bakteri dalam struktur ini terdapat dalam 3 bentuk, yaitu :

- Vibrio.
- Spirillum.
- Sporochete.

Bakteri berbentuk vibrio, maka bentuknya seperti tanda baca koma, contohnya *Vibrio cholerae* (penyebab penyakit kolera). Sedangkan bakteri yang berbentuk spirillum, maka bentuk tubuhnya seperti spiral dengan alat gerak flagella, contohnya pada *Spirillum winogradskyi* (yang dapat ditemukan pada tempat-tempat pengolahan limbah). Bentuk spirochete mirip dengan bentuk spirillum, tetapi tanpa

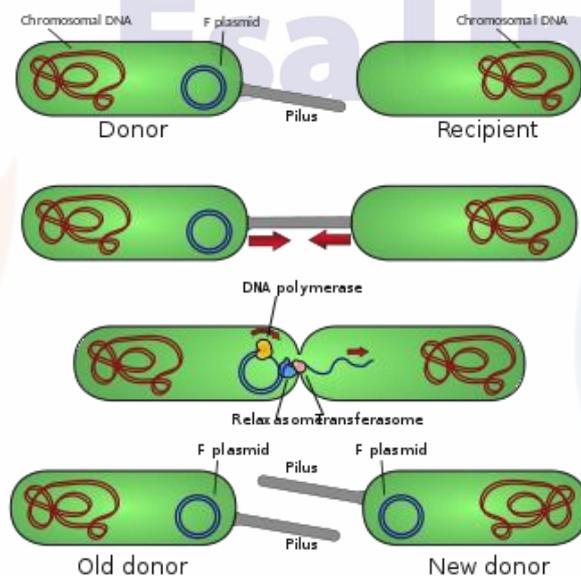
alat gerak flagella. Contoh spesies bakteri yang berbentuk spirillum adalah *Treponema pallidum* (penyebab penyakit gonore).

Pada bakteri, terdapat struktur **pili** dan **flagela**. Pili merupakan protein yang memanjang pada permukaan sel bakteri. Protein ini berperan dalam perlekatan sel bakteri pada tempat hidupnya serta transfer materi genetik pada proses konjugasi.



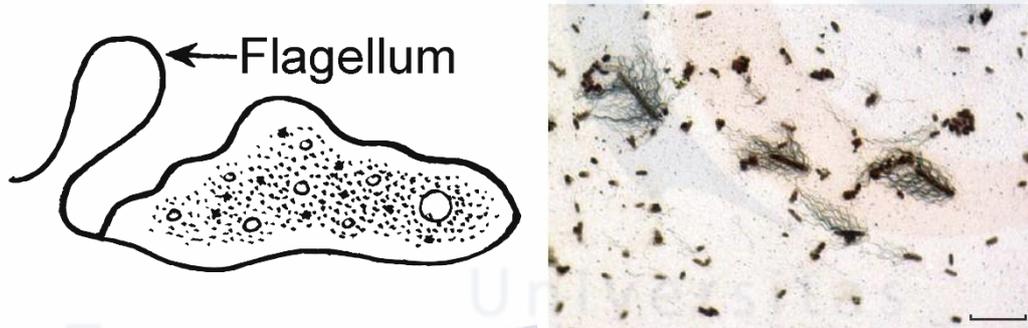
Gambar 17. Pili (jamak; tunggal = pilus) merupakan struktur protein yang terdapat pada permukaan sel bakteri.

Proses ini sangat penting bagi bakteri untuk dapat mentransfer gen yang berperan dalam resistensi terhadap antibiotik. Pada proses konjugasi, terdapat bakteri donor yang memberikan material genetik dan bakteri resipien yang menerima material genetik. Contoh spesies bakteri yang memiliki pili adalah *Escherichia coli* yang hidup di mukosa saluran pencernaan makanan.



Gambar 18. Proses konjugasi, yaitu terjadinya transfer material genetik berupa plasmid dari bakteri donor ke bakteri resipien.

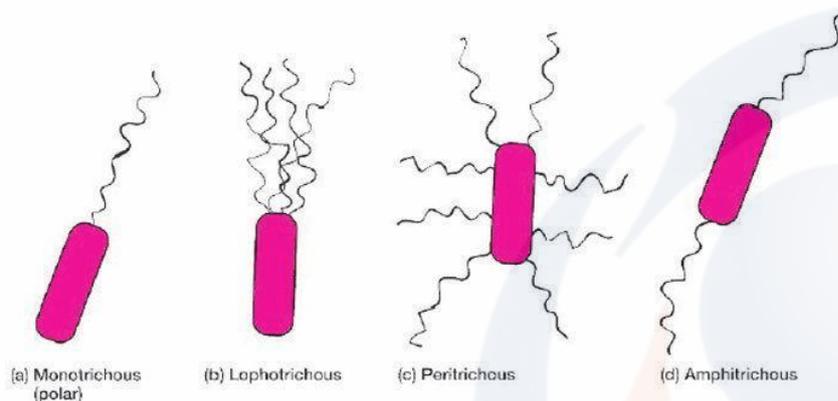
Selain pili, terdapat juga flagella yang berfungsi dalam pergerakan bakteri. Untuk melihat bagaimana bakteri bergerak dengan bantuan flagella silakan kalian melihat Video 1 tentang Flagellar motility.



Gambar 19. Flagela (jamak; tunggal = flagellum) dapat menjadi alat gerak dari bakteri.

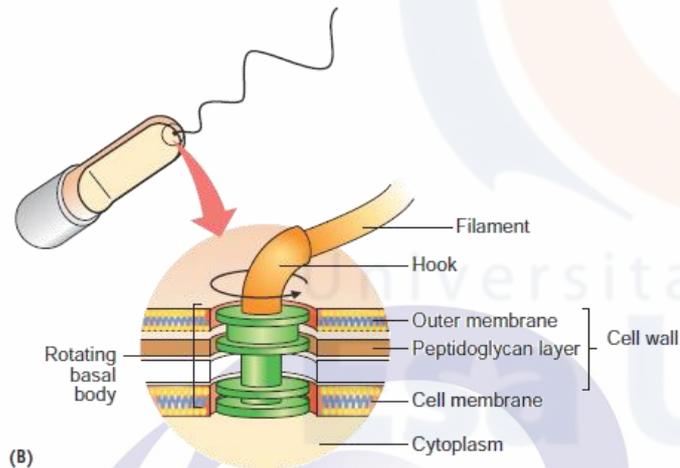
Berdasarkan letaknya, maka flagela dapat dibedakan menjadi beberapa, yaitu :

- **Monotrikus** : flagel hanya terletak di salah satu “kutub” sel bakteri.
- **Lopotrikus** : sekumpulan flagel di salah satu “kutub” sel bakteri.
- **Peritrikus** : flagel menyebar di seluruh permukaan sel bakteri.
- **Amfitrikus** : flagel terdapat di kedua “kutub” sel bakteri.



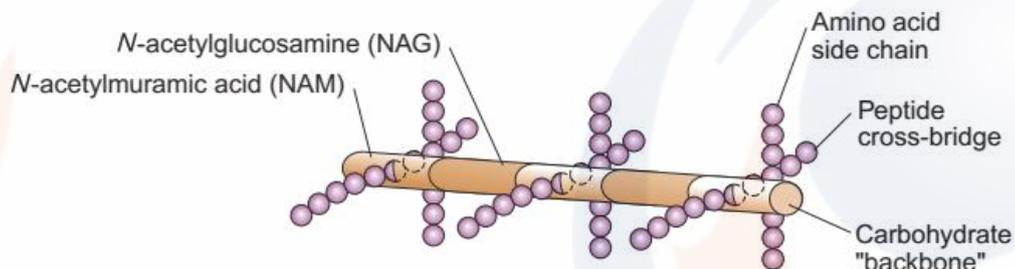
Gambar 20. Berbagai macam flagela berdasarkan letaknya, yaitu monotrikus (a), lopotrikus (b), peritrikus (c) dan amfitrikus (d).

Dari hasil penelitian, diketahui bahwa flagela ini dapat berputar untuk proses pergerakan bakteri. Arah perputarannya berkebalikan dengan arah jarum jam, maka akan mengakibatkan bakteri bergerak maju.

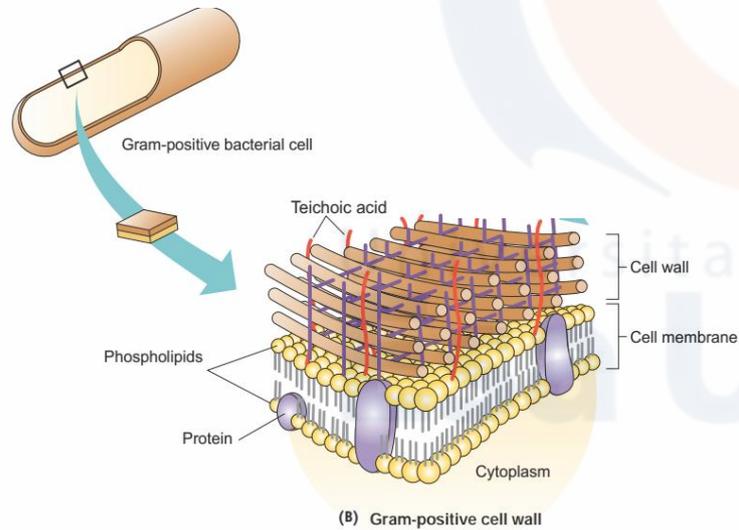


Gambar 21. Struktur flagela yang berperan dalam pergerakan bakteri.

Kemudian pada sel bakteri dan archaea juga terdapat **dinding sel**. Di sinilah letak perbedaan antara bakteri dengan archaea. **Bakteri** memiliki dinding sel yang terbuat dari **peptidoglikan** (tersusun atas gula dan asam amino), sedangkan **archaea** dinding selnya tersusun atas **pseudopeptidoglikan**, yang berbeda dari peptidoglikan pada gula penyusunnya. Fungsi dari dinding sel ini adalah untuk melindungi bakteri. Dinding sel ini juga sangat penting dalam pengklasifikasian bakteri menjadi **gram positif** dan **gram negatif**. Hal ini berkaitan juga dengan kemampuan antibiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri, apakah dapat bekerja pada bakteri gram positif, gram negatif atau keduanya.

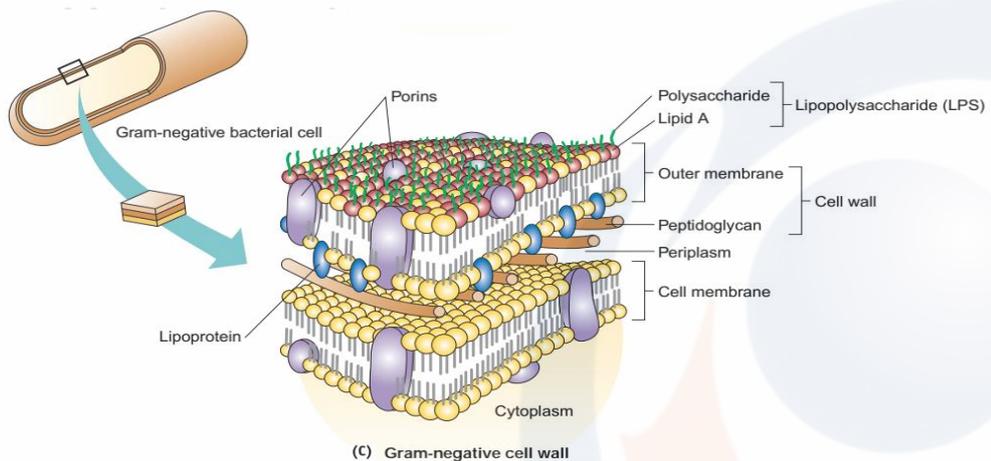


Gambar 22. Struktur peptidoglikan.



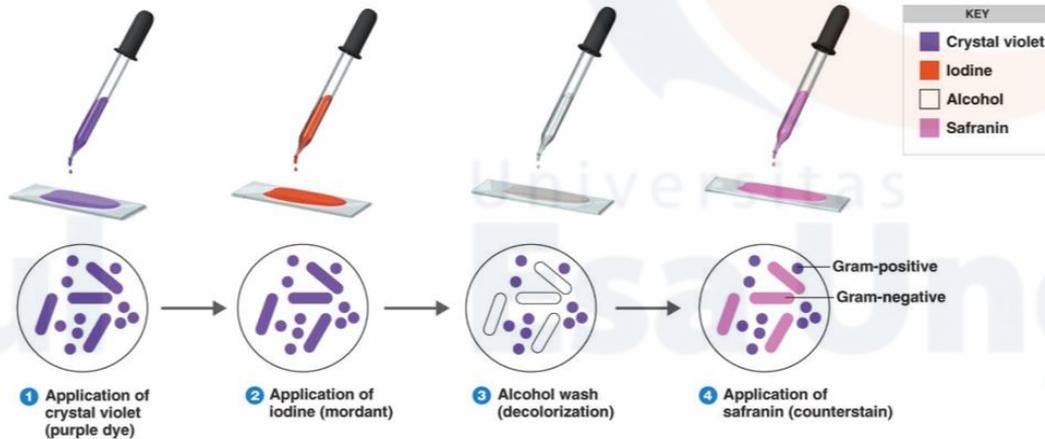
Gambar 22. Struktur peptidoglikan pada bakteri gram positif.

Struktur peptidoglikan pada bakteri gram positif terlihat tebal. Dinding sel ini terletak di atas membran sel. Sebaliknya di bakteri gram negatif, peptidoglikan terlihat lebih tipis (gambar 23). Selain itu, pada bakteri gram negatif juga memiliki lapisan lipopolisakarida di lapisan terluar sel.

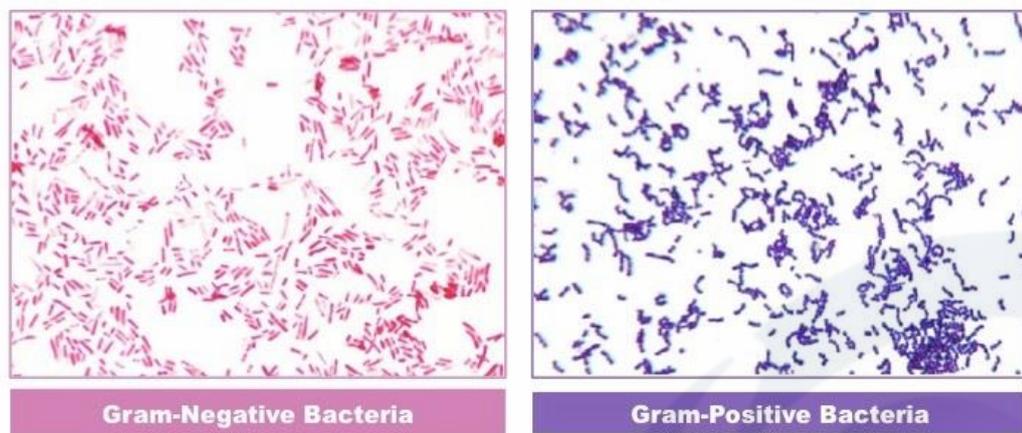


Gambar 22. Peptidoglikan pada bakteri gram negatif.

Lapisan peptidoglikan yang tebal pada bakteri gram positif menyebabkannya dapat mempertahankan pewarnaan kristal violet, sehingga menghasilkan warna biru keunguan saat diamati dengan mikroskop. Sedangkan pada gram negatif akan terlihat warna merah muda. Pewarnaan yang bisa digunakan untuk membedakan jenis gram bakteri ini disebut dengan pewarnaan gram.



Gambar 23. Prosedur pewarnaan gram.



Gambar 24. Hasil pewarnaan gram pada bakteri gram positif dan negatif.

Struktur Fungi (jamur)

Fungi merupakan makhluk hidup yang masuk dalam kelompok eukariota. Artinya, inti selnya memiliki membran. Fungi merupakan satu-satunya mikroba yang masuk dalam kelompok eukariota. Bentuk fungi ada bermacam-macam, ada yang mikroskopik (hanya bisa dilihat dengan mikroskop) ada juga yang makroskopik (bisa dilihat dengan mata telanjang).



Gambar 25. Struktur fungi bisa mikroskopis (gambar kiri) maupun makroskopis (gambar kanan).

Fungi sendiri dapat bereproduksi atau berkembang biak secara seksual dan aseksual dan memiliki beberapa karakteristik yang membedakannya dengan tanaman. Karakteristik-karakteristik tersebut antara lain :

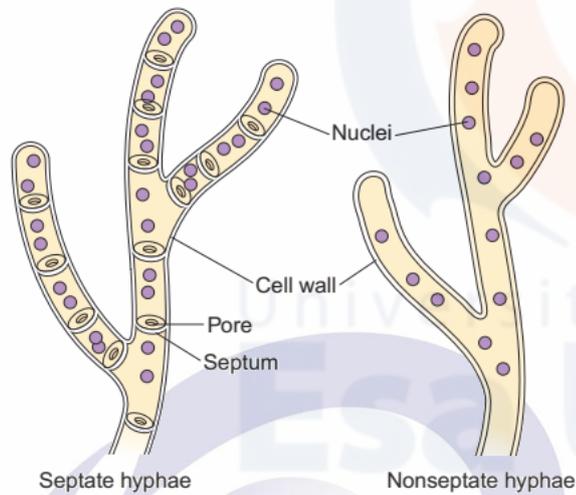
- Fungi tidak memiliki klorofil.
- Dinding selnya mengandung kitin, bukan selulosa.
- Sebagian besar fungi bukan organisme multisel sejati seperti tumbuhan.
- Fungi merupakan organisme heterotrofik sedangkan tumbuhan merupakan organisme autotrofik.
- Fungi tidak memiliki akar, daun, batang dan jaringan pengangkut sejati seperti tumbuhan.

Fungi sendiri tersusun atas filamen-filamen yang disebut dengan **hifa**. Hifa ini dapat saling bertumpang tindih, bercabang-cabang dan membentuk struktur yang tebal dinamakan **miselium**. Struktur miselium inilah yang dapat diamati dengan mata telanjang.



Gambar 26. Hifa (gambar kiri) dan miselium (gambar kanan).

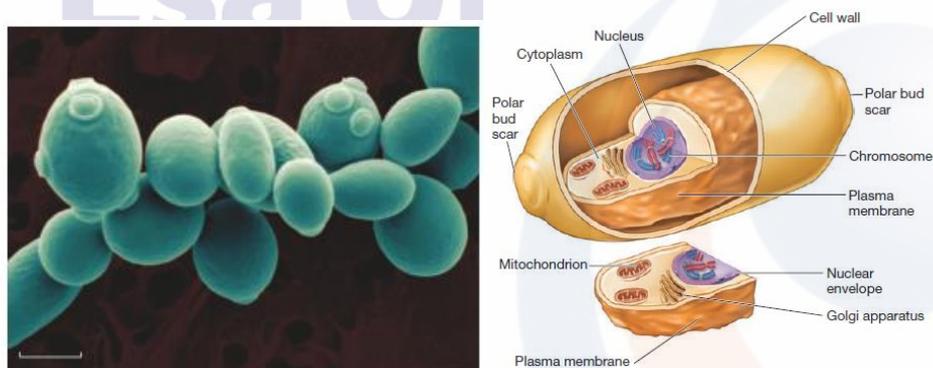
Beberapa fungi memiliki sekat pada hifanya (septat) sedangkan beberapa fungi lain tidak memiliki sekat pada hifanya (aseptat).



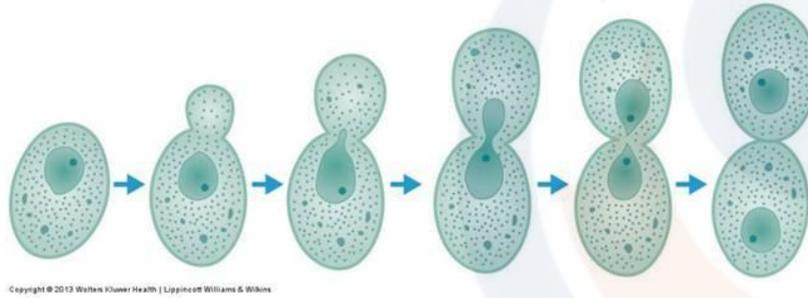
Gambar 27. Terdapat hifa yang bersekat (septat) dan ada pula yang tidak bersekat (aseptat).

Hifa berperan dalam penyerapan nutrisi bagi fungi, sehingga dengan membentuk miselium, maka penyerapan nutrisi menjadi diperluas. Untuk fungi yang tidak memiliki hifa maka penyerapan nutrisi menggunakan permukaan sel seperti bakteri.

Terdapat 2 bentuk fungi, yaitu **ragi (yeast)** dan **cendawan (molds)**. Ragi atau yeast merupakan sel tunggal yang dapat berkembang biak secara seksual menggunakan spora dan aseksual dengan pertunasan.



Gambar 26. Struktur ragi.



Gambar 27. Perkembangbiakan ragi dengan pertunasan.

Sedangkan cendawan tersusun atas miselium, sehingga dapat membentuk struktur yang dapat dilihat dengan mudah. Beberapa spesies bahkan dapat membentuk jamur (*mushroom*) yang strukturnya lebih besar dan beberapa dapat dikonsumsi oleh manusia. Terdapat juga fungi dimorfik artinya bisa berbentuk cendawan pada suhu 25°C kemudian menjadi ragi pada suhu 37°C, contohnya pada spesies *Candida albicans* yang menjadi flora normal di rongga mulut.



Gambar 28. Struktur cendawan (gambar kiri) dan jamur (gambar kanan).

C. Latihan

- a. Virus tersusun atas dan.....
- b. Struktur bakteri yang dapat digunakan untuk pembedaan gram adalah...
- c. Fungi merupakan organisme

D. Kunci Jawaban

- a. Kapsid dan asam nukleat.

- b. Dinding sel.
- c. Eukariota.

E. Daftar Pustaka

1. Reece, J.B et al. Campbell Biology. 6th Ed. Benjamin Cummings. Boston. 2011.
2. Pommerville, J.C. 2011. Alcamo's Fundamental of Microbiology. 9th edition. Jones and Bartlett Publishers. Massachusetts.

Universitas
Esa Unggul