

# Struktur Sel Mikroorganisme

Prof. Dr. Ir. Srikandi Fardiaz, M.Sc.



## PENDAHULUAN

---

Mikroorganisme adalah makhluk hidup berukuran sangat kecil yang hanya bisa diamati dengan mikroskop. Menurut klasifikasi makhluk hidup, mikroorganisme dapat digolongkan ke dalam 5 kerajaan, yaitu *Protista*, *Fungi*, *Monera*, *Virus* dan *Prion*. Dua kerajaan lainnya adalah *Plantae* (tanaman) dan *Animalia* (hewan).

Meskipun terdapat ribuan jenis makhluk hidup jika ditinjau dari struktur selnya, ternyata hanya tersusun oleh dua jenis sel, yaitu sel *prokariotik* dan sel *eukariotik*. Modul ini membahas tentang kedua struktur sel tersebut yang juga digunakan sebagai kriteria penggolongan sel mikroorganisme. Bila membahas ilmu pengetahuan tentang struktur mikroorganisme, dibutuhkan pula pengetahuan mengenai mikroskop. Oleh karena itu, sejarah mikrobiologi yang erat hubungannya dengan penemuan mikroskop serta perkembangan mikroskop juga tercakup di dalam Modul 1 ini.

Materi yang akan dibahas dalam modul ini mencakup:

1. sejarah mikrobiologi;
2. klasifikasi mikroorganisme;
3. struktur sel prokariotik dan eukariotik;
4. mikroskop.

Dalam mempelajari materi di atas, Anda akan mengenal sejarah perkembangan mikrobiologi yang diawali dengan penggunaan mikroskop sederhana, kriteria penggolongan dan identifikasi mikroba, struktur sel prokariotik dan eukariotik dan berbagai jenis mikroskop yang telah diciptakan oleh manusia.

Setelah mempelajari Modul 1 ini, Anda akan mengetahui prinsip dasar mikrobiologi yang berkembang sejak diamatinya makhluk kecil yang diawali pada tahun 1600-an, klasifikasi mikroorganisme sehingga dapat membedakan ciri-ciri kapang, khamir, dan bakteri, mengetahui dua macam struktur sel

yang menyusun mikroorganisme, mengetahui perbedaan struktur sel eukariotik dan prokariotik, mengenal perbedaan antara bakteri, kapang, khamir, virus dan prion, serta mengenal dan menggambarkan berbagai jenis mikroskop baik yang sederhana maupun yang modern.

**KEGIATAN BELAJAR 1****Sejarah Mikrobiologi**

**M**ikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang penggolongan mikroorganisme, peranannya pada lingkungan, serta produk yang dihasilkannya. Dalam praktiknya manusia telah memanfaatkan mikroorganisme, misalnya dalam proses fermentasi alkohol, jauh sebelum mereka memiliki pengetahuan tentang mikroorganisme itu sendiri.

**A. PENGAMATAN MIKROORGANISME**

Antonie van Leeuwenhoek, seorang pedagang dari Belanda adalah satu di antara orang-orang pertama yang mengamati mikroorganisme dengan lensa pembesar. Sejak tahun 1673, Leeuwenhoek menulis surat-surat yang menggambarkan makhluk-makhluk kecil yang disebutnya sebagai *animalcule* ke *Royal Society of London*. Melalui mikroskop sederhananya yang terdiri dari 1 lensa, Leeuwenhoek mengirimkan gambar-gambar *animalcule* dalam air hujan, larutan *peppercorn* dan korekan dari gigi.

Pada saat yang hampir bersamaan Robert Hooke, seorang Inggris, menggunakan mikroskop untuk mengamati tutup botol yang terbuat dari dinding sel tumbuhan yang sudah mati. Hooke menyebut pori-pori di antara dinding sel tersebut sebagai kotak kecil atau sel. Penemuannya tentang struktur tutup botol pada tahun 1665 tersebut adalah awal dari teori sel.

Antara tahun 1838-1839, dua orang ilmuwan berkebangsaan Jerman, yaitu ahli botani Matthias Schleiden dan ahli zoologi Theodor Schwann telah mengumpulkan banyak informasi tentang sel-sel pada makhluk hidup. Hasil penelitian mereka menyimpulkan bahwa semua benda hidup terdiri dari sel-sel. Penelitian-penelitian tentang struktur dan fungsi sel selanjutnya selalu berdasar pada teori ini yang merupakan titik tolak penting bagi biologi modern.

**B. GENERASI SPONTAN**

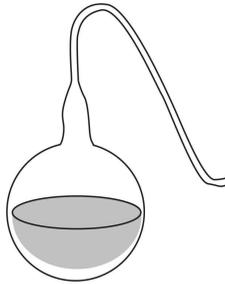
Setelah Leeuwenhoek menemukan *animalcule* maka masyarakat ilmiah menjadi tertarik mengamati asal-usul makhluk-makhluk kecil tersebut. Sampai dengan pertengahan abad kesembilan belas, teori generasi secara

spontan (*spontaneous generation*) yang menyatakan bahwa kehidupan timbul secara spontan dari benda mati, masih banyak dianut.

Fransisco Redi, ahli fisika dari Itali adalah salah satu penentang teori generasi spontan. Pada tahun 1668, Redi melakukan penelitian dengan mengisikan daging ke dalam 3 buah botol, kemudian ditutupnya dengan kain kasa. Kemudian, dia melakukan hal yang sama pada 3 buah botol lainnya, tetapi tutup botol-botol tersebut dibiarkan terbuka. Lalat terlihat dalam botol-botol terbuka, tetapi tidak dalam botol yang tertutup. Dari pengamatan ini Redi menyimpulkan dengan tepat bahwa bau dari daging yang membusuk menarik lalat, kemudian bertelur dan telur tersebut berkembang menjadi larva.

Pembuktian serupa dilakukan oleh Lazzaro Spalanzani (1729-1799) dan Theodor Schwan (1810-1882). Mereka menunjukkan bahwa ekstrak (jus) sayuran dan daging yang terlebih dahulu dipanaskan tidak menyebabkan tumbuhnya mikroorganisme. Percobaan mereka juga menunjukkan bahwa udara dipenuhi oleh mikroorganisme yang bisa mengontaminasi jus di atas.

Louis Pasteur (1822-1895) menunjukkan bahwa sejumlah mikroorganisme bertanggung jawab dalam proses fermentasi dan tidak lahir secara spontan dari jus. Dugaan Pasteur menyatakan bahwa mikroorganisme yang tumbuh pada jus atau ekstrak daging berasal dari udara. Untuk membuktikan hal itu Pasteur menyaring sejumlah besar udara dengan kain katun yang bersih. Kemudian, jumlah mikroba pada kain katun tersebut dibandingkan dengan mikroba yang ada pada kain katun bersih. Bukti yang sangat meyakinkan yang menolak teori generasi spontan juga diberikan oleh Pasteur pada tahun 1861. Pasteur menunjukkan bahwa larutan gula-protein yang telah dipanaskan dan diletakkan di dalam botol berleher angsa yang juga dipanaskan tidak bisa ditumbuhi oleh mikroba meskipun botol tersebut tidak tertutup (Gambar 1.1). Dugaan Pasteur bahwa mikroba dari udara tidak bisa mencapai larutan karena terperangkap pada leher sempit panjang tersebut terbukti karena jika botol dimiringkan sehingga larutan menyentuh leher botol tersebut, mikroba tumbuh dalam larutan. Meskipun demikian, banyak peneliti yang tidak bisa mengulangi hasil Pasteur sehingga mereka masih mempertahankan teori generasi spontan. Adanya pertumbuhan mikroba dalam larutan yang telah dipanaskan, kemudian bisa diterangkan karena beberapa mikroba memang sangat tahan panas.



Gambar 1.1  
Botol Berleher Angsa untuk Percobaan Pasteur

### C. PROSES TINDALISASI

Pada tahun 1877, ahli fisika Inggris John Tyndall menunjukkan bahwa mikroba yang tahan panas tidak bisa dimusnahkan dengan pendidihan. Pada saat yang sama Ferdinand Cohn, seorang ahli botani dari Jerman menemukan bahwa bakteri tahan panas bisa membentuk endospora. Tyndall mengembangkan teknik pemanasan bertahap yang dapat memusnahkan mikroba tahan panas. Dengan teknik ini larutan dididihkan dan didinginkan sehingga endospora yang tahan panas akan tumbuh, kemudian dididihkan lagi. Proses pendidihan dan pendinginan diulang berkali-kali dan metode ini disebut *Tindalisasi*.

### D. TEORI MIKROBA PEYEBAB PENYAKIT (*THE GERM THEORY OF DISEASE*)

Louis Pasteur dan Robert Koch adalah orang-orang pertama yang menghubungkan mikroorganisme dan penyakit. Hasil penelitian mereka melahirkan Teori Mikroba Penyebab Penyakit.

Pasteur membuat vaksin, yaitu mikroba penyebab penyakit yang dilemahkan untuk mencegah terjadinya penyakit. Dengan menyuntikkan vaksin ke dalam tubuh hewan percobaan, Pasteur berhasil mendapatkan hewan-hewan yang tahan terhadap penyakit-penyakit *erysepela* pada babi, cholera pada ayam, anthrax dan rabies. Koch (1843-1910) menemukan bukti-bukti yang sangat kuat bahwa penyakit anthrax yang mematikan sapi disebabkan oleh bakteri. Beliau mengamati adanya bakteri berbentuk batang

pada limpa dan darah sapi yang terkena anthrax yang tidak terdapat pada limpa atau pun darah sapi sehat. Koch juga berhasil membiakkan bakteri berbentuk batang ini pada medium buatan di dalam laboratorium. Dengan menyuntikkan bakteri hasil biakan laboratorium kepada tikus, Koch mendapatkan tikus dengan gejala penyakit anthrax dan mati. Bakteri yang sama juga bisa diisolasi dari limpa dan darah tikus yang mati tersebut. Pembuktian yang sama dilakukan oleh Koch untuk bakteri penyebab tuberkulosis. Hasil-hasil penemuannya menghasilkan teori Koch (*Koch Postulate*), yaitu:

1. mikroorganisme yang diduga merupakan penyebab penyakit harus secara konsisten terdapat pada hewan/manusia yang sakit tetapi tidak terdapat pada mereka yang sehat;
2. mikroorganisme tersebut harus dapat dikembangbiakkan *in vitro* di dalam laboratorium;
3. jika kultur murni mikroba tersebut disuntikkan ke hewan/manusia yang cocok maka timbullah gejala-gejala dari penyakit yang sama;
4. organisme yang sama harus secara konsisten dapat diisolasi dari inang barunya yang terkena penyakit tersebut.

## E. PERKEMBANGAN ILMU MIKROBIOLOGI

Penemuan-penemuan di atas tidak saja penting tetapi juga merangsang banyak penemuan-penemuan baru di bidang mikrobiologi. Oleh karena banyaknya penemuan baru oleh para ilmuwan maka tahun 1875-1915 sering disebut dengan zaman keemasan. Beberapa penemuan penting pada masa itu, antara lain:

1. penggunaan agar, cawan petri untuk mengembangbiakkan mikroba di laboratorium, pewarnaan gram untuk membedakan bakteri, proses pasteurisasi untuk membunuh mikroba penyebab penyakit (patogen);
2. ditemukannya mikroba yang dapat menggunakan senyawa anorganik, seperti amonia dan nitrat sebagai sumber nitrogen, juga bakteri yang bisa berfotosintesis;
3. diketahuinya sistem pertahanan tubuh (antibodi) sebagai respons terhadap mikroba patogen;
4. ditemukannya senyawa antibiotika;
5. ditemukannya virus;
6. dikembangkannya vaksin dan *chemotherapy*.

Dari permulaan yang sangat sederhana, saat ini mikrobiologi adalah bidang yang sangat kompleks yang meliputi berikut ini.

1. Mikrobiologi Kesehatan
2. Mikrobiologi Pangan
3. Mikrobiologi Lingkungan
4. Mikrobiologi Industri

Oleh karena luasnya bidang ilmu mikrobiologi ini maka beberapa bagian dari mikrobiologi ini dipelajari secara tersendiri dan menghasilkan cabang-cabang ilmu yang penting pula, yaitu berikut ini.

1. *Virologi* adalah cabang dari mikrobiologi yang mempelajari tentang virus, mikroorganisme nonseluler yang hidupnya bergantung pada jaringan hidup lain.
2. *Bakteriologi* adalah ilmu yang mempelajari bakteri
3. *Mikologi* ilmu yang mempelajari tentang fungi
4. *Protozoologi* adalah ilmu yang mempelajari tentang protozoa.
5. *Fikologi* yang berhubungan dengan alga.

Berdasarkan fungsinya, ilmu mikrobiologi ini terbagi menjadi beberapa cabang ilmu, seperti berikut ini.

1. *Fisiologi Mikroba*, yaitu tentang bagaimana mikroba berfungsi, kebutuhan nutriennya.
2. *Sitologi Mikroba* yang mempelajari tentang struktur sel.
3. *Genetika Mikroba*, yaitu ilmu yang mempelajari tentang faktor-faktor keturunan mikroba.
4. *Biologi Molekuler*, yaitu ilmu yang mempelajari tentang transfer asam deoksiribonukleat menjadi protein yang berfungsi.
5. *Ekologi Mikroba* yang mempelajari tentang interaksi antara mikroba dan lingkungan tempat tumbuhnya.
6. *Taksonomi Mikroba*, yaitu penggolongan dan pemberian nama mikroorganisme.
7. *Imunologi*, yaitu ilmu yang mempelajari hubungan antara mikroba dan sistem pertahanan tubuh.



## LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apakah yang ditemukan oleh Antonie van Leeuwenhoek?
- 2) Apakah yang dimaksud teori generasi spontan?
- 3) Bagaimana Louis Pasteur membuktikan bahwa teori generasi spontan tersebut tidak benar?
- 4) Apakah tindalisasi? Apakah tujuannya?
- 5) Apakah yang disebut sebagai postulat Koch?

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Anda harus mempelajari kembali uraian materi Kegiatan Belajar 1 tentang hal-hal berikut.

- a. Pengamatan Mikroorganisme.
- b. Teori Generasi Spontan.
- c. Proses Tindalisasi.
- d. Teori Mikroba Penyebab Penyakit.



## RANGKUMAN

---

1. Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang penggolongan, peranan dan produk yang dihasilkan oleh mikroorganisme.
2. Antonie van Leeuwenhoek adalah salah satu orang yang pertama melihat mikroorganisme melalui mikroskop sederhana.
3. Robert Hooke mengamati sel tumbuhan melalui mikroskop dan merupakan pembuka teori tentang sel.
4. Teori Generasi Spontan menyatakan bahwa makhluk hidup terbentuk secara tiba-tiba dari benda mati.
5. Beberapa penentang teori Generasi spontan, antara lain Francisco Redi, Lazzaro Spalanzani dan Louis Pasteur.
6. Proses tindalisasi adalah proses pemanasan bertahap sehingga mikroorganisme yang tahan panas dapat ikut dimusnahkan.
7. Vaksin adalah mikroorganisme penyebab penyakit yang dilemahkan.
8. Louis Pasteur menunjukkan bahwa udara mengandung mikroorganisme.

9. Robert Koch menyusun *postulat Koch* yang mendasari pembuktian bahwa sesuatu mikroorganisme menyebabkan penyakit yang bunyinya sebagai berikut.
  - a. Mikroorganisme penyebab penyakit harus bisa diisolasi secara konsisten dari makhluk yang sakit.
  - b. Hasil isolasi tersebut harus bisa dibiakkan in vitro di laboratorium.
  - c. Jika hasil biakan di atas disuntikkan pada makhluk hidup, harus menyebabkan penyakit yang sama.
  - d. Dari makhluk yang sakit harus bisa diisolasi mikroorganisme yang sama.
10. Ilmu Mikrobiologi telah berkembang luas menjadi beberapa cabang yang dibagi berdasarkan kategori, fungsi dan interaksi mikroorganisme dengan lingkungannya.

**TES FORMATIF 1** \_\_\_\_\_

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Laporan tentang adanya makhluk-makhluk kecil dalam air hujan yang dapat dilihat dengan kaca pembesar dilakukan oleh ....
  - A. Antonie van Leeuwenhoek
  - B. John Tyndall
  - C. Robert Hooke
  - D. Robert Koch
- 2) Teori generasi spontan menyatakan bahwa ....
  - A. makhluk hidup berasal dari benda hidup
  - B. makhluk hidup pasti akan mati
  - C. makhluk hidup berasal dari benda mati
  - D. semua makhluk hidup adalah mikroorganisme
- 3) Botol leher angsa Pasteur membuktikan bahwa ....
  - A. udara diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme
  - B. udara mengandung mikroorganisme
  - C. larutan jus dan botol yang dipanaskan mengakibatkan mikroorganisme tumbuh dengan spontan
  - D. udara tidak diperlukan bagi pertumbuhan mikroorganisme

- 4) Vaksin adalah ....
  - A. mikroorganisme di dalam botol berleher angsa
  - B. bakteri penyebab penyakit anthrax
  - C. bakteri penyebab tuberkulosis
  - D. bakteri patogen yang sudah dilemahkan
- 5) Bakteriologi artinya ilmu yang mempelajari ....
  - A. bakteri
  - B. fungi
  - C. protozoa
  - D. mikroorganisme
- 6) Tindalisasi dapat membunuh ....
  - A. virus
  - B. bakteri
  - C. bakteri anthrax
  - D. bakteri tahan panas
- 7) Robert Koch adalah ....
  - A. orang yang menemukan vaksin
  - B. orang yang menentang teori generasi spontan
  - C. orang yang menghubungkan antara penyakit dan mikroorganisme
  - D. ahli botani dari Prancis
- 8) Zaman keemasan mikrobiologi adalah ....
  - A. tahun 1600-1615
  - B. tahun 1700-1750
  - C. tahun 1875-1915
  - D. setelah tahun 1950
- 9) Sitologi adalah ilmu yang membahas tentang ....
  - A. fungi
  - B. struktur sel
  - C. faktor-faktor keturunan
  - D. penggolongan mikroorganisme
- 10) Mikrobiologi pangan adalah ilmu yang membahas tentang ....
  - A. interaksi antara mikroorganisme dan bahan pangan
  - B. interaksi antara mikroorganisme dan lingkungan alam
  - C. interaksi antara mikroorganisme dan penyakit
  - D. interaksi antara mikroorganisme dan alat-alat kesehatan

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

## KEGIATAN BELAJAR 2

## Klasifikasi Mikroorganisme

Ilmu yang mempelajari penggolongan makhluk hidup disebut *taksonomi*. Sampai dengan akhir abad ke-19, makhluk hidup hanya dibagi menjadi 2, yaitu Plantae dan Animalia. Setelah ditemukan mikroskop, kerajaan ketiga, Protista, ditambahkan. Penelitian tentang struktur sel dan sebagainya menyebabkan munculnya sistem 5 kerajaan (Plantae, Animalia, Protista, Fungi dan Monera) oleh R.H. Whittaker pada tahun 1969. Dua kerajaan lainnya Virus dan Prion, melengkapi sistem 7 kerajaan meskipun banyak ahli yang mengesampingkannya karena menganggap makhluk yang termasuk Virus dan Prion sebagai mikroorganisme tidak berstruktur sel. Mikroorganisme yang penting dalam bidang pangan adalah kapang dan khamir yang tergolong ke dalam kerajaan Fungi serta bakteri yang termasuk Monera. Virus dan Prion akan sedikit dibahas di dalam Kegiatan Belajar 2 ini.

**A. PENAMAAN MIKROORGANISME**

Dengan adanya jutaan makhluk hidup di alam ini, penamaan umum akan membingungkan karena satu nama di satu daerah mungkin menunjukkan makhluk yang berbeda di daerah lain. Oleh karena itu, dikenal nama ilmiah bagi makhluk hidup yang dikembangkan oleh *Carolus Linnaeus* pada abad ke-18.

Berdasarkan tata cara penamaan ilmiah tersebut, setiap makhluk hidup memiliki nama yang terdiri dari dua kata berasal dari huruf Latin atau Yunani. Kata pertama merupakan nama Genus, sedangkan kata kedua adalah nama spesies dan keduanya dituliskan dengan garis bawah atau huruf miring. Nama genus diawali dengan huruf besar, sedangkan nama spesies dituliskan dengan huruf kecil. Contohnya, nama bakteri *Escherichia coli* yang termasuk genus *Escherichia* dan spesiesnya *coli*.

**B. BAKTERI**

Bakteri dapat ditemukan di mana-mana karena mereka dapat menyesuaikan diri dengan berbagai lingkungan dan bisa menggunakan

berbagai sumber karbon untuk menghasilkan energi. Selain itu, bakteri mudah memperbanyak diri dengan cara membelah diri.

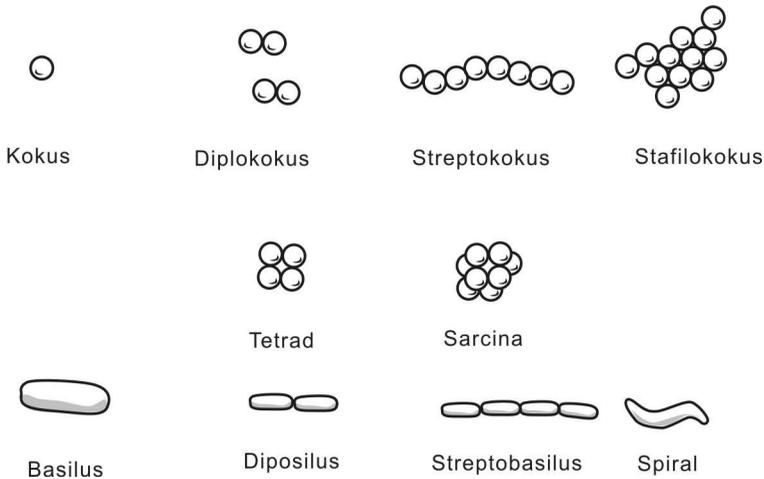
Menurut taksonomi, bakteri adalah makhluk bersel tunggal yang dikategorikan ke dalam kerajaan *Monera*, *filum Eubacteria* dan kelas *Schizomutaceae*. Kelas di atas, kemudian dibagi menjadi beberapa ordo. Bakteri yang penting dalam bidang pangan umumnya termasuk ke dalam ordo *Eubacteriales* dan *Pseudomonadales*. Penggolongan selanjutnya umumnya didasarkan pada bentuk, ukuran, susunan (*arrangement*), pewarnaan Gram, motil (dapat bergerak) tidaknya, ada tidaknya endospora, dan penampaknya sebagai koloni pada medium buatan atau bahan pangan.

### 1. Ukuran, Bentuk, dan Susunan

Bakteri adalah sel prokariotik yang sangat kecil, berdiameter antara 0.2 - 3.0 mm, sedangkan yang berbentuk batang berukuran 0.5-15 mm. Tiga bentuk dasar bakteri, yaitu bulat atau *kokus* (jamak = *koki*), batang atau *basilus* (jamak = *basili*) dan spiral. Pada umumnya bakteri berbentuk kokus bisa tersusun membentuk pasangan (*diplokoki*), kelompok yang terdiri dari empat sel (*tetrad*), kelompok yang terdiri dari delapan sel (*sarcina*), rantai (*streptokoki*), dan bergerombol, seperti anggur (*stafilokoki*). Bakteri berbentuk batang juga bisa menyusun diri membentuk pasangan (*diplobasili*), atau rantai (*streptobasili*). Bakteri berbentuk spiral bisa berupa batang pendek, seperti koma dan disebut *vibrio*, ada yang membentuk heliks dan disebut *spirila* dan ada yang bergerak dengan cara merentang (*flexing*) dan bergoyang (*wiggling*) yang disebut *spirokhet*. Gambar 1.2 menunjukkan bentuk dan susunan bakteri. Bentuk bakteri ditentukan oleh dinding selnya.

### 2. Pewarnaan Gram

Berdasarkan susunan dinding selnya, bakteri diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu bakteri *Gram positif* dan *negatif*. Pengelompokan ini didasarkan pada prosedur pewarnaan Gram yang menghasilkan dua jenis bakteri yang berbeda (lihat juga modul 1-4). Oleh karena berbeda susunan dinding selnya, kedua jenis bakteri ini memiliki sifat ketahanan yang berbeda terhadap panas dan senyawa-senyawa antibiotika.



Gambar 1.2.  
Bentuk dan Susunan Bakteri

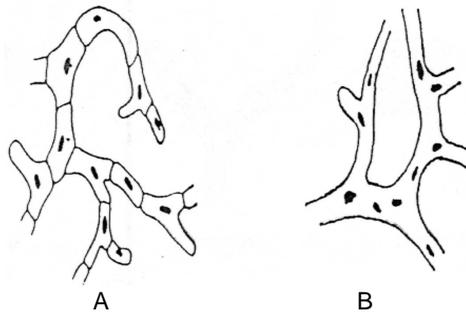
### 3. Pembentukan Endospora

Bakteri dari genus *Bacillus*, *Clostridium*, *Desulfotomaculum*, *Sporolactobacillus* dan *Sporosarcina* dapat membentuk endospora. Endospora adalah spora yang terbentuk di dalam sel bakteri, sangat refraktil, dan sangat tahan terhadap panas, sinar ultraviolet, dan kekeringan. Dalam bidang mikrobiologi pangan dua genus terpenting yang menghasilkan endospora adalah *Bacillus* dan *Clostridium*. Bakteri yang memiliki endospora jika mengalami lisis akan melepaskan sporanya yang akan tetap *dorman*, yaitu bertahan hidup tanpa aktivitas metabolisme yang bisa terdeteksi. Jika kondisi lingkungan menguntungkan maka spora tersebut bisa melakukan germinasi, yaitu kembali tumbuh sebagai sel vegetatif yang melakukan metabolisme normal.

### C. KAPANG

Kapang adalah mikroorganisme yang memiliki banyak sel (multiseluler) yang pertumbuhannya pada bahan makanan umumnya berbentuk seperti kapas (istilah sehari-hari = jamur) sehingga mudah diamati dengan mata. Struktur menyerupai kapas ini disebut *miselium* yang tersusun oleh benang-benang atau filamen yang disebut *hifa*. Jika diamati di bawah mikroskop hifa ada

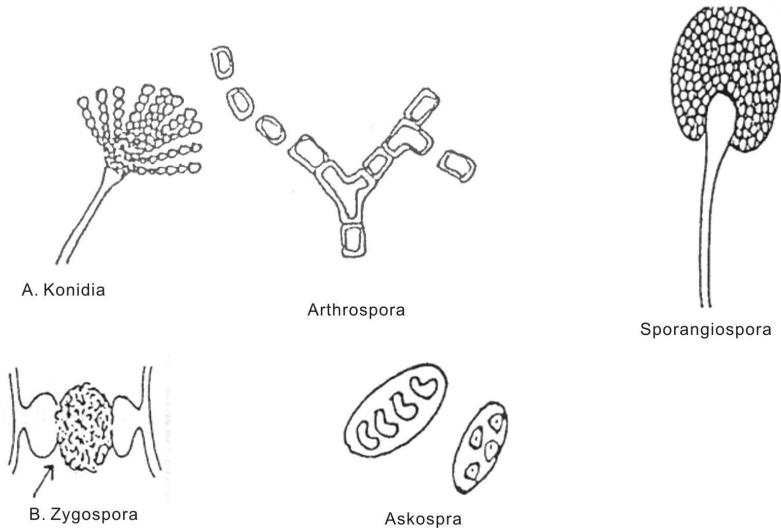
yang memiliki dinding pembatas (*septat*) dan yang tanpa dinding pembatas (*nonseptat*) (Gambar 13.).



Gambar 1.3  
Hifa Septat (A) dan Non-septat (B)

Hifa bisa terendam di dalam substrat tempat tumbuhnya untuk mencari nutrisi dan ada yang tumbuh ke arah udara yang disebut *aerial*. Hifa aerial ini biasanya membawa spora yang merupakan alat reproduksi.

Penggolongan kapang umumnya didasarkan pada jenis hifanya, gelap atau terang serta warna miseliumnya, ada atau tidaknya spora seksual dan tipe yang dibuatnya, tipe spora aseksual yang dimilikinya, karakteristik alat pembawa sporanya, serta adanya struktur-struktur khusus yang membedakan satu kapang dengan kapang lainnya. Berdasarkan cara reproduksinya, kapang disebut fungi yang sempurna jika memiliki spora seksual dan aseksual. Fungi sempurna tersebut digolongkan dalam kelas *Zygomycetes* jika tidak berseptat serta *Ascomycetes* atau *Basidiomycetes* jika berseptat. Fungi tidak sempurna atau *Fungi Imperfecti* yang umumnya berseptat hanya memiliki spora aseksual dan digolongkan sebagai kelas *Deuteromycetes*. Spora aseksual kapang yang memiliki dinding sel yang tebal ini sangat ringan sehingga mudah diterbangkan oleh angin. Jika spora ini mendarat pada substrat yang cocok maka kapang baru akan tumbuh. Tiga bentuk spora aseksual adalah *konidia* (tunggal=konidium), *arthrospora* dan *sporangiospora*. Spora seksual yang dibentuk oleh kapang dibedakan berdasarkan cara pembentukannya dan disebut *zygospora* dan *askospora* (Gambar 1.4).



Gambar 1.4.  
Spora Kapang Aseksual (A) dan Seksual (B)

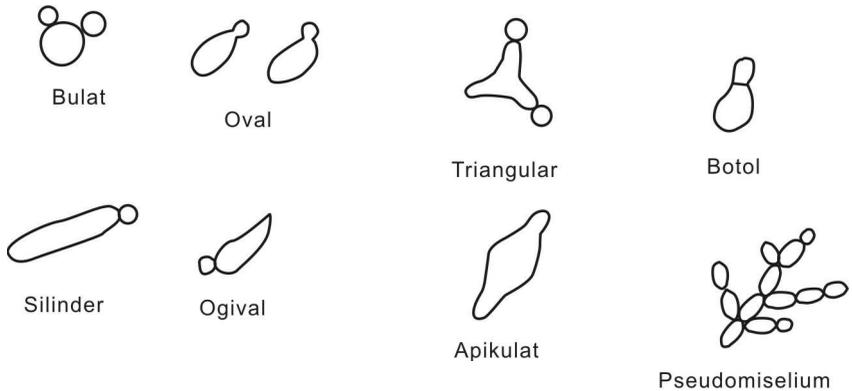
#### D. KHAMIR

Khamir adalah fungi bersel satu berbentuk bulat atau oval yang tidak membentuk filamen. Khamir yang menguntungkan telah dimanfaatkan dalam pembuatan roti, tape, bir, anggur dan cuka. Akan tetapi, kadang-kadang pertumbuhannya tidak diinginkan karena menyebabkan kerusakan pada *sauerkraut* (asinan kubis), jus buah, sirup, madu, daging, anggur, bir dan sebagainya.

Pada umumnya khamir diklasifikasikan atas dasar ciri-ciri morfologinya, ada tidaknya askospora, penyampaian askospora, penampakan sel vegetatifnya, cara reproduksi aseksualnya, ada tidaknya miselium, pertumbuhan pada medium cair, warna pertumbuhan makroskopisnya, serta ciri-ciri fisiologisnya (kebutuhan nutrien dan sebagainya).

##### 1. Bentuk dan Struktur

Khamir bisa berbentuk bulat, oval, seperti lemon, seperti buah pear, menyerupai silinder, segitiga ataupun memanjang sehingga menyerupai miselium disebut *pseudomycellium* atau miselium palsu (Gambar 1.5).



Gambar 1.5  
Bentuk-bentuk khamir

## 2. Cara Reproduksi

Mikroorganisme ini berkembang biak secara aseksual dengan *pertunasan*, *pembelahan* atau kombinasi *pembelahan* dan *pertunasan*. Selain itu, beberapa khamir juga dapat membentuk spora seksual askospora karena itu digolongkan ke dalam kelas *Ascomycetes*. Beberapa jenis khamir yang tidak bisa membentuk askospora tergolong *Fungi Imperfekti*.

## E. VIRUS

Virus adalah mikroorganisme sangat kecil yang mengandung asam deoksiribonukleat (ADN) atau asam ribonukleat (ARN) sebagai materi genetiknya, tetapi tidak mampu melakukan metabolisme sendiri. Oleh karena itu virus disebut sebagai *parasit obligat karena* tergantung dari makhluk hidup lain untuk reproduksinya. Semua virus yang bisa ditularkan melalui makanan bersifat merugikan dan dapat menyebabkan penyakit. Virus ditularkan dalam bentuk partikel yang inert.

### 1. Ukuran

Partikel virus berukuran 25-250 nm, virus yang diisolasi dari bahan pangan umumnya berukuran antara 25-30 nm.

## 2. Replikasi

Virus hanya dapat berkembang biak jika ia berada pada jaringan sel inang yang hidup. Proses yang terjadi di dalam sel inang ini meliputi penempelan dan penetrasi, sintesis protein dari ARN atau ADN yang dikandungnya, perakitan (*assembly*) dan pembentukan virus dewasa di dalam sel inang, dan pelepasan (*release*) dari tubuh inang.

## F. PRION

Prion adalah protein yang ditemukan sebagai serabut dalam otak hewan yang mati oleh penyakit *scrapie* pada kambing. Prion (PrP) juga mengakibatkan penyakit sapi gila (*mad cow*) sehingga bisa terdapat pada daging sapi. Oleh karena sifatnya yang sangat tahan panas dan tahan enzim pemecah protein maka prion bisa bertahan pada daging olahan. Pada saat ini belum diketahui dengan jelas bagaimana protein PrP ini dapat menular seperti makhluk hidup dan memperbanyak dirinya. Para ahli menduga bahwa PrP dapat memodifikasi protein serupa yang secara alami ada pada hewan atau manusia.



### LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Berapakah jumlah kerajaan makhluk hidup menurut pembagian oleh Whittaker pada tahun 1969?
- 2) Tergolong kerajaan apakah bakteri, kapang dan khamir?
- 3) Mikroorganisme *Bacillus cereus*. Tergolong Genus apakah bakteri tersebut?
- 4) Ada berapa macam bentuk bakteri, sebutkan!
- 5) Sebutkan macam-macam spora kapang!
- 6) Apakah perbedaan antara kapang dan khamir? Apa persamaannya?
- 7) Apakah virus?
- 8) Apakah prion?

*Petunjuk Jawaban Latihan*

Untuk menjawab pertanyaan latihan, Anda harus mempelajari uraian materi Kegiatan Belajar 2 tentang hal-hal berikut.

- a. Pendahuluan.
- b. Penamaan Mikroorganisme.
- c. Bakteri.
- d. Kapang.
- e. Khamir.
- f. Virus.
- g. Prion.

**RANGKUMAN**

---

Makhluk hidup digolongkan ke dalam tujuh kerajaan. Mikroorganisme termasuk ke dalam kerajaan Protista, Fungi, Monera, Virus dan Prion. Mikroorganisme yang penting dalam bidang pangan adalah kapang dan khamir yang termasuk Fungi dan bakteri yang tergolong Monera. Penamaan mikroorganisme terdiri dari dua kata yang berasal dari bahasa Latin. Kata pertama, ditulis dengan huruf besar pada awalnya adalah nama Genus. Nama kedua, yang ditulis dengan huruf kecil adalah nama spesies. Nama mikroorganisme dituliskan dengan huruf miring atau digarisbawahi.

Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang berbentuk bulat, batang atau spiral dan berkembang biak dengan cara membelah diri.

Kapang adalah fungi bersel banyak yang membentuk hifa yang menyusun miselium. Kapang dapat berkembang biak dengan spora aseksual (konidiospora, arthrospora, sporangiospora) maupun secara seksual (zigospora, askospora).

Khamir adalah fungi bersel tunggal yang berkembang biak dengan pertunasan, pembelahan diri atau kombinasi keduanya.

Virus adalah mikroorganisme yang terdiri dari asam deoksiribonukleat atau ribonukleat. Mikroorganisme ini memerlukan sel inang untuk memperbanyak diri.

Prion adalah protein yang sangat tahan panas dan enzim proteolitik dan dapat memperbanyak diri.

**TES FORMATIF 2**

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Bakteri, kapang dan khamir tergolong ke dalam kerajaan, *kecuali* ....
  - A. monera
  - B. plantae
  - C. fungi
  - D. protista
  
- 2) Cara penulisan yang benar adalah ....
  - A. rhizopus oryzae
  - B. rhizopus oryzae
  - C. rhizopus oryzae
  - D. rhizopus oryzae
  
- 3) Bakteri adalah mikroorganisme yang ....
  - A. bersel tunggal
  - B. bersel banyak
  - C. berkembang biak dengan pertunasan
  - D. membentuk miselium
  
- 4) Bakteri berbentuk bulat rantai disebut ....
  - A. stafilocoki
  - B. streptokoki
  - C. diplokoki
  - D. sarcina
  
- 5) Kriteria kapang di bawah ini yang tidak benar adalah ....
  - A. membentuk miselium
  - B. bersel banyak
  - C. membentuk spora
  - D. tergolong monera
  
- 6) Persamaan antara kapang dan khamir ....
  - A. membentuk miselium
  - B. tergolong Fungi
  - C. membentuk tunas
  - D. bersel banyak

- 7) Persamaan antara bakteri dan khamir adalah ....
- A. bersel tunggal
  - B. tergolong fungi
  - C. bersel banyak
  - D. tergolong monera
- 8) Miselium adalah ....
- A. spora bakteri
  - B. alat reproduksi khamir
  - C. nama bakteri
  - D. kumpulan hifa kapang
- 9) Virus adalah mikroorganisme yang ....
- A. membelah diri
  - B. bersel tunggal
  - C. parasit obligat
  - D. tidak memiliki ADN atau ARN
- 10) Prion ....
- A. membelah diri
  - B. membentuk tunas
  - C. anggota dalam kerajaan virus
  - D. protein yang memperbanyak diri

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

## KEGIATAN BELAJAR 3

## Struktur Sel

Semua makhluk hidup terdiri dari sel. Beberapa organisme bersel satu (uniseluler) dan lainnya terdiri dari beberapa sel (multiseluler). Betapa pun kompleksnya sel, pada dasarnya hanya ada dua jenis yang menyusun makhluk hidup yaitu sel prokariotik dan eukariotik. Sel-sel tanaman dan hewan tergolong sel eukariotik. Mikroorganisme dapat dibagi menjadi dua golongan. Bakteri memiliki sel prokariotik, sedangkan kapang dan khamir terdiri dari sel eukariotik. Virus tidak termasuk ke dalam kategori di atas karena tidak memiliki kemampuan untuk melakukan metabolisme meskipun memiliki unsur genetika untuk memperbanyak dirinya.

## A. SEL PROKARIOTIK DAN EUKARIOTIK

Sel prokariotik dan eukariotik tersusun oleh unsur kimia yang serupa. Keduanya memiliki asam nukleat, protein, lipida, dan karbohidrat. Sel-sel tersebut juga melakukan reaksi kimia yang sama untuk memproses (metabolisme) makanan, membangun protein, dan menyimpan energi di dalam tubuhnya. Perbedaan utama dari kedua sel tersebut adalah *susunan dinding sel, membran dan jenis organel* yang dimilikinya (Tabel 1.1.).

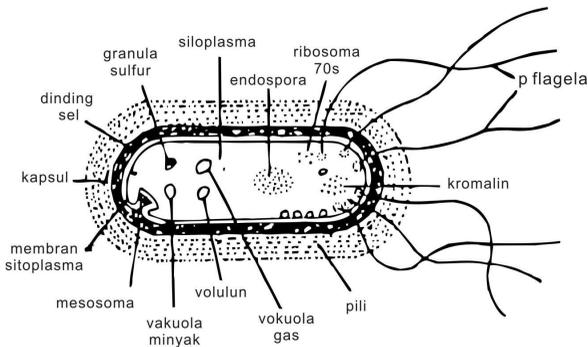
Tabel 1.1  
Perbedaan antara Sel Prokariotik dan Sel Eukariotik\*

Kriteria	Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
Materi genetika.	Molekul AND berbentuk sirkuler tanpa inti yang jelas.	Molekul AND tersusun di dalam kromosom.
Organel yang terbungkus membran.	Tidak ada.	Ada, seperti mitokondria, badan golgi, kloroplas, lisosom, dan retikulum endoplasma.
Ribosom.	Lebih kecil jika dibandingkan dengan eukariotik, berukuran 70S dan berada bebas dalam sitoplasma.	Lebih besar dari 80S, berada pada retikulum endoplasma
Pergerakan	Dengan flagella yang tersusun oleh komponen yang sederhana dan bisa berotasi.	Flagela dan silia yang bergerak bergelombang.

Kriteria	Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
Membran sitoplasma.	Tidak mengandung sterol.	Mengandung sterol
Ukuran sel.	Umumnya lebih kecil.	Umumnya lebih besar.
Dinding sel.	Mengandung peptidoglikan.	Tidak mengandung peptidoglikan.
Mitosis.	Tidak ada.	Ada.
Tempat respirasi.	Membran sitoplasma.	Mitokondria.

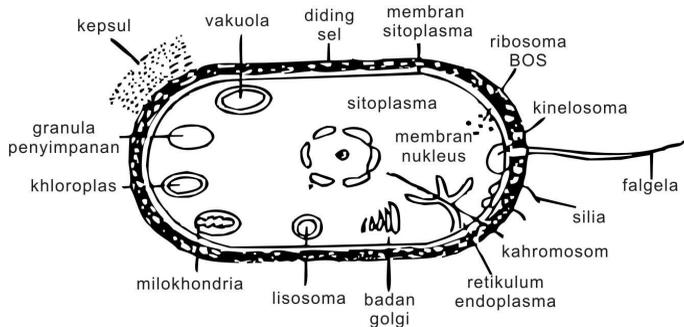
Sumber: Cano and Colom, 1986

Sel prokariotik (*prokaryote* adalah bahasa Yunani, pro artinya kuno dan karyote dari inti) umumnya lebih sederhana daripada sel eukariotik. Sel ini memiliki dinding sel, membran sitoplasma, sitoplasma dan kromatin yang berisi unsur genetika (asam deoksi ribonukleat = ADN). Diagram sel prokariotik dapat dilihat pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6  
Struktur Sel Prokariotik

Sel eukariotik (bahasa Yunani *eukaryote* artinya inti yang sejati) memiliki ADN yang terorganisasi ke dalam struktur linear yang disebut kromosom. ADN ini terdapat di dalam nukleus yang terpisahkan oleh membran sitoplasma dengan sitoplasma. Beberapa organel yang dimiliki oleh sel eukariotik yang tidak dipunyai oleh sel prokariotik adalah alat mitosis, mitokondria, retikulum endoplasma, dan kadang-kadang kloroplas (Gambar 1.7).



Gambar 1.7  
Struktur Sel Eukariotik

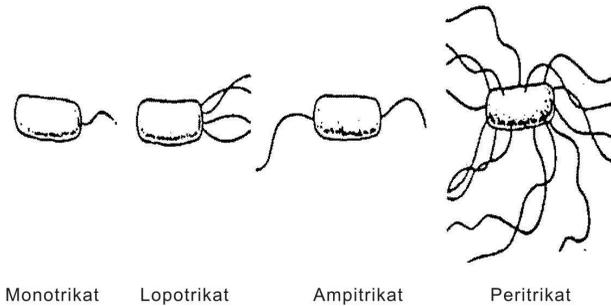
## B. BAGIAN-BAGIAN SEL PROKARIOTIK

### 1. Kapsul

Beberapa bakteri memiliki kapsul atau lendir yang berada di bagian terluar dari sel. Umumnya kapsul tersusun atas polimer, seperti polisakarida atau polipeptida atau keduanya. Kapsul ini umumnya berfungsi untuk melindungi diri baik dari sistem pertahanan tubuh (bagi patogen) atau dari kondisi lingkungan yang kurang baik, seperti kekeringan, kurang nutrisi dan panas.

### 2. Flagella

Flagella (tunggal = flagellum) adalah filamen yang memanjang ke arah luar sel yang tersusun atas protein yang disebut *flagellin*. Bakteri yang memiliki flagella bisa bergerak atau motil, artinya dapat bergerak dengan keinginan sendiri. Mekanisme bagaimana flagella dapat menggerakkan sel adalah sebagai berikut: flagella yang agak kaku ini berfungsi sebagai poros yang mendorong sel dengan cara memutar searah atau berlawanan arah dengan jarum jam. Tergantung letaknya pada sel, flagella dapat disebut monotrikat, lopotrikat, ampitrikat, dan peritrikat (Gambar 1.8).



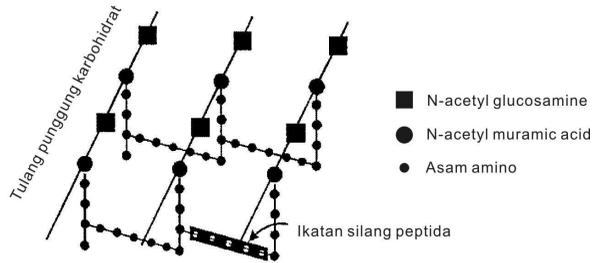
Gambar 1.8  
Flagella pada Sel Prokariotik

### 3. Pili atau Fimbria

Istilah *pili* dan *fimbria* digunakan untuk menunjuk struktur yang sama, yaitu struktur mirip rambut pada permukaan sel. Struktur ini memiliki dua fungsi, yaitu untuk penempelan (adhesi) pada permukaan lain, misalnya sel usus manusia, dan dikenal sebagai *fimbria*. Fungsi kedua adalah untuk transfer materi genetika melalui proses yang disebut *konjugasi* dan untuk kepentingan ini disebut sebagai *pili*. Seperti halnya flagella, pili disusun oleh protein (disebut *pilin*), akan tetapi pilin lebih tipis dan pendek jika dibandingkan dengan flagella.

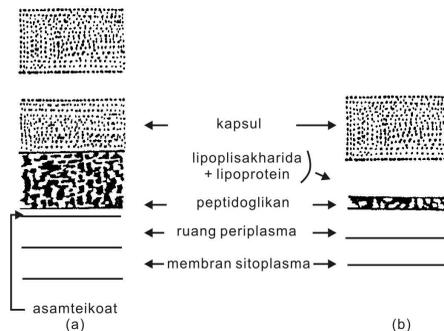
### 4. Dinding Sel

Dinding sel bakteri adalah struktur yang kompleks, agak kaku dan bertanggung jawab atas bentuk sel. Struktur ini, melindungi membran sitoplasma dan semua bagian dalam sel. Dinding sel tersusun oleh senyawa unik yang disebut *peptidoglikan*. Peptidoglikan (PG) ini tersusun atas dua komponen, yaitu N-acetyl glucosamine (NAG) dan N-acetyl muramic acid (NAM). NAG dan NAM berselang-seling membentuk tulang punggung dinding sel. Pada NAM terdapat 4 asam amino dan -asam amino ini membentuk ikatan silang dengan asam amino NAM lainnya (Gambar 1.9).



Gambar 1.9  
Struktur Peptidoglikan

Penggolongan bakteri menjadi Gram positif dan Gram negatif adalah berdasarkan perbedaan komposisi dinding sel. Bakteri Gram positif dinding selnya terutama terdiri dari PG sehingga terbentuk dinding sel yang kaku. Pada bagian luar PG terdapat senyawa yang disebut *asam teikhoat*. Bakteri Gram negatif mengandung PG dalam jumlah yang jauh lebih sedikit, akan tetapi di bagian luar PG terdapat membran luar (*outer membrane*) yang tersusun atas lipoprotein dan fosfolipid. Selain itu bakteri jenis ini mengandung *lipopolisakarida*. Oleh karena perbedaan komposisi dinding sel ini, bakteri Gram positif dan negatif memiliki ketahanan yang berbeda. Bakteri Gram positif lebih rentan terhadap antibiotika *penisilin* karena antibiotika ini dapat merusak PG. Sebaliknya karena jumlah PG yang lebih banyak, bakteri Gram positif biasanya lebih tahan terhadap kerusakan mekanis.



Gambar 1.10  
Perbedaan Dinding Sel Gram Positif dan Negatif

## 5. Membran Sitoplasma

Membran tipis ini membungkus cairan sitoplasma sel. Umumnya membran sitoplasma terdiri atas 60% protein dan 40% lemak khususnya fosfolipid.

Fungsi utama membran sitoplasma adalah untuk menjadi penghalang (*barrier*) selektif terhadap senyawa yang masuk dan ke luar sel. Membran ini disebut sebagai *semipermeable* karena hanya senyawa tertentu bisa melewati membran sementara senyawa-senyawa lainnya tidak. Molekul-molekul yang besar (protein dan sebagainya) umumnya tidak bisa melalui membran ini, akan tetapi air, asam-asam amino, glukosa dapat melaluinya.

Senyawa yang larut dalam lemak lebih mudah memasuki membran ini karena membran tersusun atas lemak. Fungsi lain membran ini adalah untuk memecah makanan untuk menghasilkan energi. Membran sitoplasma ini mengandung enzim-enzim yang berperan dalam metabolisme.

## 6. Sitoplasma

Untuk sel prokariotik sitoplasma berarti apa saja yang terdapat di dalam membran sitoplasma. Sitoplasma tersusun oleh 80% air, juga mengandung asam-asam nukleat, protein, karbohidrat; lemak, ion-ion anorganik dan beberapa senyawa berukuran kecil. Di dalam sitoplasma inilah metabolisme untuk menghasilkan energi dan pembentukan komponen-komponen sel berlangsung. Sitoplasma ini dapat dibagi menjadi bagian fluid dan bagian nukleoid.

Bagian fluid yang terdiri dari air yang mengandung ion dalam konsentrasi tinggi sehingga secara fisik cairan di bagian ini kental, agak transparan dan elastis. Di bagian ini juga terdapat ribosom yang terdiri dari ARN dan protein yang berfungsi dalam sintesis protein. Selain itu, mungkin juga terdapat beberapa granula, seperti granula metakromatik (*volutin*), granula polisakarida, lemak, sulfur dan sebagainya.

Bagian nukleoid terdiri dari molekul ADN yang membentuk kromosom. Molekul inilah yang mengandung informasi genetika dari sel bakteri tersebut. Selain itu bakteri juga mungkin mengandung ADN yang membentuk lingkaran kecil yang disebut sebagai plasmid. Plasmid berisi materi genetika yang tidak penting bagi pertumbuhan sel dan bisa hilang tanpa mengakibatkan sel mati.

## 7. Endospora

Endospora adalah bentuk istirahat dari sel bakteri yang dibentuk jika kondisi lingkungan buruk (lihat Modul 1-2).

## C. BAGIAN-BAGIAN SEL EUKARIOTIK

Untuk menyederhanakan materi, pembahasan tentang sel eukariotik hanya merujuk pada sel kapang dan khamir saja.

### 1. Dinding Sel

Dinding sel eukariotik lebih sederhana daripada sel prokariotik. Dinding sel beberapa fungi mengandung selulosa, tetapi komponen yang utama adalah *kitin*, yaitu polimer dari N-acetyl glucosamine. Dinding sel khamir umumnya mengandung polisakarida *glukan* dan *manan*. Oleh karena tidak mengandung peptidoglikan maka sel-sel eukariotik tahan terhadap antibiotika yang merusak peptidoglikan.

### 2. Membran Sitoplasma

Pada prinsipnya membran sel eukariotik dan prokariotik mempunyai fungsi yang sama. Pada sel eukariotik juga terdapat sterol, lemak kompleks yang tidak terdapat pada membran bakteri.

### 3. Sitoplasma

Secara fisik sitoplasma sel eukariotik sama dengan sitoplasma sel prokariotik. Sitoplasma juga mengandung granula (*inclusion bodies*), seperti granula enzim (zymogen), lemak, vakuola, dan glikogen. Berbeda dengan sel prokariotik, sitoplasma sel eukariotik juga mengandung organel (organ-organ kecil) yang tidak terdapat pada sitoplasma sel prokariotik.

### 4. Nukleus

Nukleus adalah organel terbesar yang mengandung materi genetika ADN. Nukleus ini dipisahkan dari sitoplasma oleh membran dua lapis yang mirip strukturnya dengan membran sitoplasma.

### 5. Retikulum Endoplasma (RE)

RE adalah membran paralel yang bersambungan dengan membran sitoplasma atau membran nukleus dalam bentuk yang berbeda-beda. Diduga

RE menyediakan permukaan untuk berlangsungnya reaksi-reaksi kimia, transpor molekul dan tempat penyimpanan hasil sintesis. Pada bagian luar RE terdapat ribosom yang juga terdapat bebas di dalam sitoplasma.

## 6. Kompleks Golgi

Kompleks Golgi terdiri dari 4-8 saluran yang datar dan bertumpuk satu dengan lainnya. Fungsinya adalah untuk sekresi (pengeluaran) protein, lemak yang disintesis pada RE dan juga karbohidrat.

## 7. Mitokondria

Organel ini berbentuk bulat, oval atau berfilamen yang tersebar di sitoplasma. Mitokondria terdiri atas membran dua lapis, seperti pada membran sitoplasma dan berfungsi dalam metabolisme untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP (Adenosin tri fosfat).



## LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Sebutkan dua jenis sel yang menyusun makhluk hidup!
- 2) Apa perbedaan antara kedua sel tersebut?
- 3) Apakah perbedaan antara bakteri Gram negatif dan positif?
- 4) Apakah guna dinding sel?
- 5) Apakah beda dinding sel prokariotik dan eukariotik?
- 6) Sebutkan bagian-bagian sel prokariotik!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Untuk menjawab pertanyaan latihan, Anda harus mempelajari Kegiatan Belajar 3 tentang hal-hal berikut.

- a. Sel Prokariotik dan Eukariotik.
- b. Bagian-bagian sel Prokariotik.
- c. Bagian-bagian sel Eukariotik.



## RANGKUMAN

---

Sel makhluk hidup terdiri dari sel prokariotik dan eukariotik. Untuk mikroorganisme, bakteri memiliki sel prokariotik, sedangkan kapang dan khamir memiliki sel eukariotik.

Sel prokariotik adalah sel yang unsur genetiknya (asam deoksi ribonukleat=ADN-nya) tidak terorganisasi dalam suatu membran, memiliki peptidoglikan sebagai komponen unik dinding selnya, ribosom 70S dan tidak memiliki organel yang terbungkus membran.

Sel eukariotik memiliki kromosom yang dikelilingi oleh membran nukleus, memiliki kitin atau glukon pada dinding selnya, mempunyai ribosom 70S dan memiliki organel yang terbungkus membran, seperti mitokondria, retikulum endoplasma.

Sel bakteri dibagi menjadi 2 kelompok besar, yaitu Gram positif dan negatif berdasarkan perbedaan komponen penyusun dinding selnya.



## TES FORMATIF 3

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Mikroorganisme yang memiliki satu sel disebut juga ....
  - A. seluler
  - B. multiseluler
  - C. uniseluler
  - D. aseluler
  
- 2) Sel eukariotik artinya ....
  - A. memiliki inti sejati
  - B. memiliki kapsul
  - C. memiliki dinding sel
  - D. memiliki flagela
  
- 3) Kapsul bakteri tersusun oleh....
  - A. senyawa lemak
  - B. senyawa polisakarida
  - C. senyawa kitin
  - D. protein pilin

- 4) Struktur bakteri yang digunakan untuk bergerak disebut ....
  - A. flagella
  - B. lipopolisakarida
  - C. fimbria
  - D. mitokhondria
  
- 5) Persamaan antara sel eukariotik dan prokariotik adalah ....
  - A. mengandung ADN
  - B. jenis ribosom
  - C. komponen dinding sel
  - D. komponen membran sitoplasma
  
- 6) Struktur bakteri yang digunakan untuk menempel pada sel usus manusia adalah ....
  - A. pili
  - B. ribosom
  - C. kapsul
  - D. peptidoglikan
  
- 7) Asam teikhoat terdapat pada ....
  - A. bakteri Gram negatif
  - B. kapang
  - C. bakteri Gram positif
  - D. khamir
  
- 8) Membran sitoplasma berfungsi untuk ....
  - A. barier bagi senyawa yang memasuki sel
  - B. merupakan bagian terluar suatu sel
  - C. tidak mengandung enzim
  - D. mengizinkan senyawa apa saja untuk masuk sel
  
- 9) Inti sel eukariotik ....
  - A. mengandung ADN yang tersusun dalam kromosom
  - B. mengandung ADN yang tidak membentuk kromosom
  - C. terdapat pada bakteri
  - D. merupakan tempat respirasi
  
- 10) Organel pada sel eukariotik yang tidak terdapat pada sel prokariotik ....
  - A. pilin
  - B. mitokondria
  - C. flagella
  - D. membran sitoplasma

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 4. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

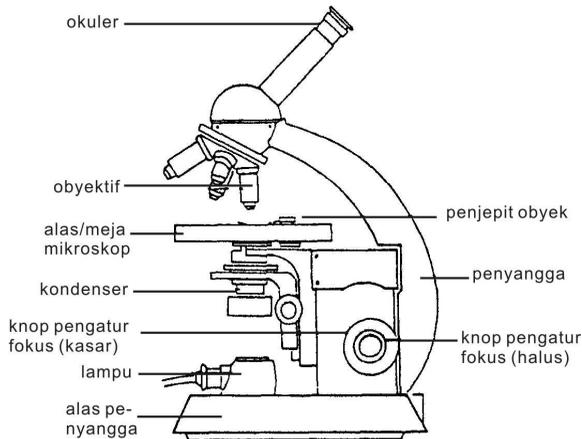
## KEGIATAN BELAJAR 4

## Mikroskop

Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang mikroorganisme. Bakteri, khususnya, berukuran sangat kecil sehingga tidak bisa diamati tanpa alat bantu mikroskop. Oleh karena itu, perkembangan mikroskop sangat besar peranannya dalam perkembangan mikrobiologi. Mikroskop modern sangat kuat, memiliki daya resolusi yang baik dan sangat mudah digunakan. Hal ini tentu berbeda dengan mikroskop yang digunakan oleh Leeuwenhoek yang pada dasarnya adalah satu lensa pembesar. Joseph Jackson Lister (1830) adalah orang pertama yang mengombinasikan 2 lensa untuk digunakan sebagai mikroskop. Konsep inilah, kemudian dikembangkan menjadi mikroskop yang kita kenal sekarang ini.

**A. MIKROSKOP CAHAYA**

Bagian-bagian mikroskop cahaya, seperti Gambar 1.11. Pada mikroskop yang lebih kuno hanya dijumpai 1 *eyepiece*. Oleh karena itu, orang harus menutupkan sebelah matanya untuk mengamati objek melalui mikroskop. Mikroskop ini terdiri dari 2 sistem, yaitu *sistem iluminasi* dan *sistem optik*. Sistem iluminasi terbuat sumber cahaya, sedangkan sistem optik terdiri 2 lensa yang disebut *lensa okuler*, yaitu yang dekat dengan mata si pengamat, dan *lensa objektif* yang terletak berdekatan dengan objek yang diamati. Kebanyakan mikroskop memiliki lensa okuler dengan perbesaran  $10 \times$  (kali) dan 3 jenis lensa okuler dengan tiga perbesaran yang berbeda. Ketiga lensa okuler tersebut masing-masing memiliki perbesaran  $10 \times$  (*low power*),  $40 \times$  (*high power*) dan  $100 \times$  (*oil immersion*).



Gambar 1.11  
Bagian-bagian Mikroskop Cahaya

Total perbesaran objek adalah hasil kali antara perbesaran lensa objektif dan okuler. Sebagai contoh, lensa okuler memiliki perbesaran  $10 \times$  dan objektif yang digunakan memiliki perbesaran  $100 \times$  maka total perbesaran objek yang diamati adalah  $10 \times 100 = 1000$  kali.

### ***Resolving Power***

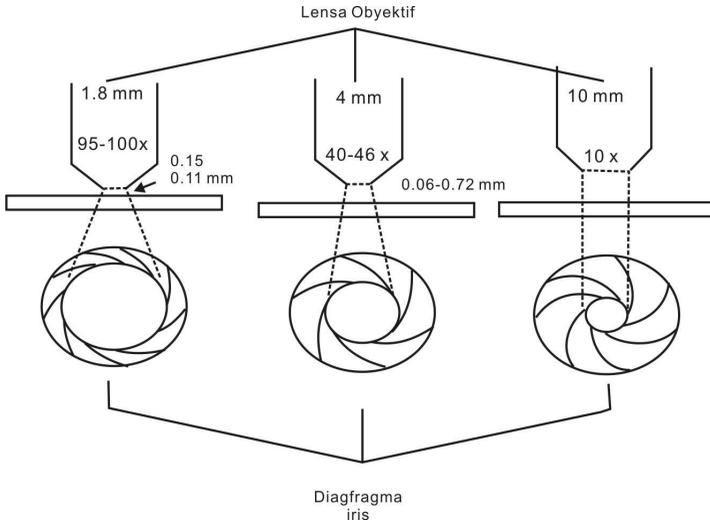
Jika mata manusia tidak sanggup membedakan dua titik yang terpisah maka keduanya akan tampak sebagai satu. Lensa pembesar akan membantu mata mengamati 2 titik tersebut. *Resolving Power* (RP) adalah kemampuan lensa untuk membedakan 2 titik yang terpisah. Contohnya, suatu mikroskop mempunyai RP sebesar 4 mikron maka mikroskop tersebut dapat membedakan dua titik yang jarak terpendeknya 4 mikron.

Untuk menghitung RP dari suatu lensa digunakan formula berikut.

$$RP = \frac{0.61\lambda}{NA}, \text{ di mana RP adalah resolving power, } 0.61 \text{ adalah konstanta dan}$$

$\lambda$  adalah panjang gelombang sinar yang mengenai objek (rata-rata 550 nm) dan NA adalah *numerical aperture*.

*Numerical Aperture* dapat dihitung dengan rumus  $n \sin q$ , di mana  $n$  adalah indeks refraksi dari medium yang dilalui oleh cahaya dan  $q$  adalah setengah dari sudut yang dibentuk oleh cahaya yang diterima oleh lensa (Gambar 1.12.).



Gambar 1.12  
Sudut untuk Penghitungan NA

Sebagai contoh, resolusi dari lensa objektif yang dilalui oleh cahaya yang membentuk sudut  $53^\circ$  adalah berikut ini.

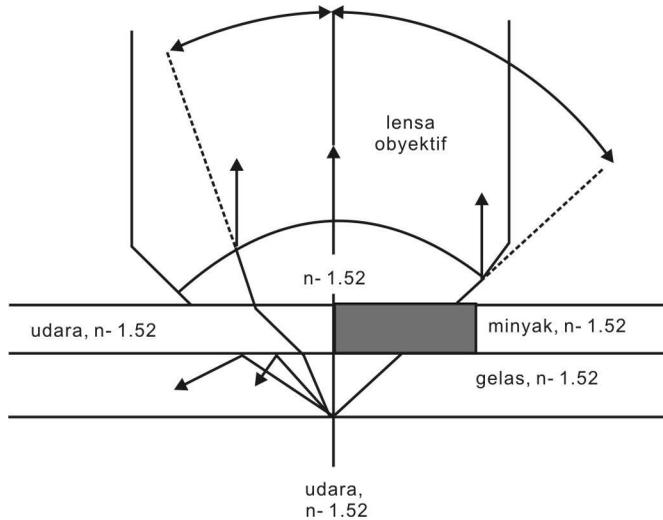
$\lambda = 550 \text{ nm}$ ,  $\sin q = 0.8$ ,  $n = 1$  (karena mediumnya udara) maka

$$RP = \frac{0.61 \times 550}{1 \times 0.8} = 419 \text{ nm} = 0.42 \text{ mikron}, \text{ artinya lensa objektif tersebut}$$

dapat membedakan dua titik jika jaraknya 0,42 mikron atau lebih.

Dari persamaan-persamaan di atas bisa disimpulkan bahwa semakin tinggi daya resolusi suatu lensa, semakin rendah numerical aperturnya. Apabila lensa objektif dengan perbesaran  $100 \times$  digunakan karena perbedaan antara indeks refraksi gelas (tempat objek yang diamati) dengan indeks refraksi udara berbeda maka cahaya yang masuk akan terbelokkan sehingga sangat sedikit cahaya yang tertangkap oleh lensa. Untuk mengatasi hal itu,

ditambahkan minyak imersi di antara objek dan lensa karena indeks refraksi minyak tidak banyak berbeda dengan indeks refraksi gelas sehingga tidak banyak cahaya yang dibelokkan. (Gambar 1.13).



Gambar 1.13  
Penggunaan Minyak Imersi untuk Mikroskop

Jadi, untuk lensa dengan NA yang sama, seperti dalam perhitungan di atas akan diperoleh RP yang lebih kecil:

$$RP = \frac{0.61 \times 550}{1.5 \times 0.8} = 280 \text{ nm} = 0.28 \text{ mikron, } n = \text{indeks refraksi minyak} = 1.5$$

sehingga lensa dapat membedakan dua titik dengan jarak 0.28 mikron atau lebih.

## B. CARA MENGAMATI OBJEK

Objek, seperti sel bakteri diletakkan di atas gelas objek dan diletakkan pada tempat objek. Sumber cahaya mikroskop akan melalui *kondensor* yang mengarahkan cahaya ke objek yang diamati. Dari sini sinar akan melalui lensa objektif dan membentuk bayangan pertama, yang dicerminkan oleh lensa okuler yang menghasilkan bayangan kedua (Gambar 1.14). Untuk

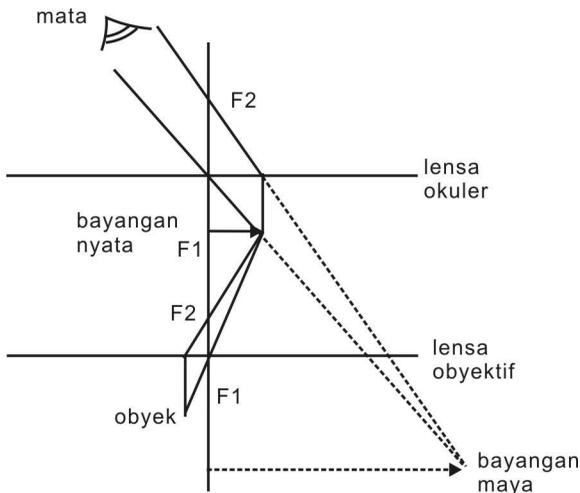
mendapatkan gambar yang baik, kondensor dapat dinaikturunkan dengan memutar knob. Di bawah kondensor, terletak *diafragma* iris yang dapat diperbesar atau diperkecil untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk melalui kondensor.

### 1. Pengamatan Objek tanpa Pewarnaan

Objek mikroorganismenya yang hidup bisa diamati langsung dengan mikroskop cahaya dengan membuat preparat basah (*wet mount*). Larutan suspensi yang berisi mikroorganismenya ditetaskan pada gelas objek, lalu diberi gelas penutup untuk diamati langsung di bawah mikroskop.

### 2. Pewarnaan

Beberapa objek dapat diamati dengan mudah tanpa pewarnaan, beberapa hanya bisa diamati melalui pewarnaan. Pewarnaan mikroba juga bisa ditujukan untuk mengamati struktur khusus.



Gambar 1.14  
Pembentukan Bayangan oleh Lensa Mikroskop

Umumnya pewarna yang digunakan adalah pewarna basa, seperti kristal violet, biru metilen dan safranin. Pewarna asam india ink digunakan untuk mengamati kapsul bakteri. Pewarnaan mikroba dengan menggunakan satu

jenis pewarna disebut *pewarnaan sederhana*, yang tujuannya untuk memperlihatkan bentuk dan susunan sel.

Pewarnaan pembedaan (*differential staining*) bisa membedakan satu kelompok bakteri dengan bakteri lainnya. Pewarnaan yang paling dikenal adalah *pewarnaan Gram*, yang dikembangkan oleh Hans Christian Gram pada tahun 1884 yang membedakan bakteri ke dalam 2 kelompok besar, yaitu *gram positif* dan *gram negatif*. Pada pewarnaan ini bakteri dipanaskan pada gelas objek, lalu diberi pewarna kristal violet. Setelah waktu yang singkat, warna dicuci dengan air dan diberikan yodium untuk memperkuat ikatan kristal violet dengan peptidoglikan sel. Setelah itu kembali objek dicuci sehingga sel-sel bakteri akan berwarna ungu. Kemudian, kepada objek berwarna ditetaskan alkohol sehingga bakteri Gram negatif akan melepaskan warna kristal violet, tetapi gram positif tetap mempertahankan warna tersebut. Tahap terakhir adalah penambahan pewarna safranin yang berwarna merah yang akan diikat oleh bakteri Gram negatif saja. Hasil pewarnaan yang dapat membedakan bakteri gram positif (ungu) dari bakteri gram negatif (merah) diduga terjadi karena perbedaan komposisi dinding selnya (lihat Modul 1-3).

### **C. MIKROSKOP FASE KONTRAS (*PHASE-CONTRAST MICROSCOPE*)**

Untuk mengamati mikroorganisme yang masih hidup tidak bisa digunakan pewarnaan. Untuk itu dikembangkan mikroskop Fase-Kontras. Mikroskop ini dilengkapi dengan kondensor khusus sehingga cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang masuk secara lambat sehingga kontras antara bagian sel yang lebih pekat dan yang kurang pekat lebih bisa dibedakan.

### **C. MIKROSKOP MEDAN GELAP (*DARK FIELD MICROSCOPE*)**

Mikroskop ini juga dilengkapi dengan alat khusus yang mengakibatkan cahaya yang masuk hanya mengenai sekeliling objek. Hanya cahaya yang disebarkan oleh objek yang masuk ke lensa sehingga objek tampak terang pada latar belakang yang gelap. Mikroskop ini umumnya digunakan untuk mengamati mikroba hidup yang tidak tampak jika diamati dengan mikroskop cahaya biasa, mikroba yang tidak bisa diwarnai dengan pewarnaan standar

atau mikroba yang terusakkan oleh pewarnaan sehingga sukar diidentifikasi. Teknik ini biasa digunakan untuk mengamati *Triponema pallidum*, bakteri spirokhet penyebab penyakit sipilis.

#### **D. MIKROSKOP FLUORESEN**

Mikroskop ini mirip dengan mikroskop medan gelap, tetapi sumber cahaya yang digunakan adalah sinar ultraviolet yang tidak tampak. Objek yang diamati dapat dilihat mata jika bisa menyerap sinar ultraviolet, kemudian memancarkan sinar dengan panjang gelombang yang lebih panjang (sinar tampak). Beberapa senyawa memiliki sifat menyerap sinar ultraviolet dan segera memancarkan sinar tampak. Senyawa yang memiliki sifat tersebut disebut *luminesen*. Jika emisi (pemancaran) sinar tampak tersebut hanya terjadi jika menyerap sinar ultraviolet maka senyawa tersebut disebut *fluoresen*. Mikroorganisme yang akan diamati dengan mikroskop ini umumnya diwarnai dulu dengan senyawa fluoresen.

#### **E. MIKROSKOP ELEKTRON**

Mikroskop ini memiliki RP 100 kali lebih besar daripada mikroskop cahaya biasa. Mikroskop ini menggunakan elektron, bukan cahaya, yang dilewatkan melalui lensa magnet, kemudian memfokuskan elektron-elektron ini melalui tabung vakum, lalu menuju objek yang diamati. Oleh karena panjang gelombang elektron adalah 1/100.000 dari panjang gelombang cahaya tampak maka RP-nya menjadi jauh lebih kecil. Umumnya mikroskop elektron memiliki RP sekitar  $10^5$  (1 nm) dan bisa memperbesar objek sampai 200.000 kali.

Oleh karena daya resolusinya yang baik, mikroskop ini dapat digunakan untuk mengamati struktur sel bakteri, virus dan sebagainya. Ada 2 macam mikroskop elektron yang dikenal, yaitu *scanning electron microscope* dan *transmission electron microscope*.



## LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apakah bagian-bagian dari mikroskop cahaya?
- 2) Apakah sistem iluminasi dan sistem optik dari mikroskop ini?
- 3) Ada berapa macam lensa objektif?
- 4) Apakah resolving power itu?
- 5) Ada berapa macam pewarnaan sel mikroorganisme untuk pengamatan dengan mikroskop?
- 6) Apakah perbedaan utama antara mikroskop cahaya, mikroskop *fluorescent* dan mikroskop elektron?

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Baca kembali uraian materi Kegiatan Belajar 4, khususnya tentang hal-hal berikut ini.

1. Mikroskop cahaya.
2. Mikroskop fluorescent.
3. Mikroskop elektron.



## RANGKUMAN

---

Mikroskop adalah alat untuk mengamati objek berukuran kecil yang tidak bisa dilihat dengan mata. Mikroskop cahaya terdiri dari sistem iluminasi, yaitu cahaya tampak dan sistem optik. Sistem optik terdiri dari lensa okuler dan lensa objektif.

Total perbesaran mikroskop adalah hasil kali perbesaran lensa okuler dan objektif. Resolving power (RP) adalah kemampuan suatu lensa untuk melihat dua titik sebagai objek yang terpisah dengan jelas. RP berbanding terbalik dengan nilai *numerical aperture* suatu lensa yang merupakan fungsi dari indeks refraksi dari medium yang dilewati oleh cahaya ( $n$ ) dan sudut yang dibentuk oleh cahaya yang diterima oleh lensa ( $q$ ),  $NA = n \sin q$ .

Mikroorganisme dapat diamati langsung dengan mikroskop dengan menyiapkan preparat wet mount atau melalui pewarnaan. Pewarnaan

sederhana menggunakan satu macam pewarna asam atau basa, sedangkan pewarnaan diferensial menggunakan kombinasi dua warna.

Mikroskop fase kontras menggunakan cahaya yang masuk secara lambat sehingga perbedaan bagian sel mikroorganisme (objek) yang pekat bisa dibedakan dari yang encer.

Mikroskop medan gelap memungkinkan hanya cahaya yang mengenai objek yang masuk ke lensa sehingga sekeliling objek menjadi gelap.

Mikroskop *fluorescent* menggunakan sumber cahaya sinar ultraviolet.

Mikroskop elektron menggunakan elektron yang ditembakkan ke objek yang diamati melalui lensa-lensa magnet.



#### TES FORMATIF 4

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Sistem optik pada mikroskop cahaya adalah ....
  - A. lensa
  - B. kondensor
  - C. sinar tampak
  - D. sinar *fluorescent*
  
- 2) Suatu lensa memiliki resolving power 2 mikron. Artinya, lensa ....
  - A. memiliki perbesaran  $2\times$
  - B. dapat membedakan titik berjarak 2 mikron atau lebih
  - C. berdiameter 2 mikron
  - D. objektif
  
- 3) Jika  $\lambda=550$  nm,  $\sin q= 0.6$  maka RP sama dengan ....
  - A. 0.559 mikron
  - B. 0.419 mikron
  - C. 0.599 mikron
  - D. 0.280 mikron
  
- 4) Semakin tinggi nilai NA suatu lensa ....
  - A. semakin baik resolusinya karena RP-nya kecil
  - B. semakin buruk resolusinya karena RP-nya besar
  - C. makin besar jarak dua titik yang bisa dibedakan dengan jelas
  - D. tidak berpengaruh terhadap RP

- 5) Mikroskop cahaya dengan lensa okuler  $10\times$  dan objektif  $40\times$  ....
- total perbesarannya  $4\times$
  - total perbesarannya  $1/4\times$
  - total perbesarannya  $10\times$
  - total perbesarannya  $400\times$
- 6) Pewarnaan Gram dapat membedakan ....
- bakteri dengan kapang dan khamir
  - bakteri Gram positif dan negatif
  - bakteri yang tahan panas dan tidak
  - bakteri dan virus
- 7) Mikroskop medan gelap digunakan untuk mengamati ....
- treponema pallidum*
  - bakteri gram negatif
  - bakteri gram positif
  - bakteri pembentuk kapsul
- 8) Mikroskop *fluorescent* menggunakan sumber cahaya ....
- elektron
  - sinar tampak
  - sinar ultraviolet
  - magnet
- 9) Berikut yang *tidak benar* tentang mikroskop elektron, yaitu ....
- menggunakan elektron
  - menggunakan lensa magnet
  - memiliki RP yang lebih besar dari mikroskop cahaya
  - menggunakan sinar ultraviolet
- 10) Untuk mengamati virus digunakan mikroskop....
- fase kontras
  - medan gelap
  - fluorescent*
  - elektron

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali  
80 - 89% = baik  
70 - 79% = cukup  
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

## Kunci Jawaban Tes Formatif

<i>Tes Formatif 1</i>	<i>Tes Formatif 2</i>	<i>Tes Formatif 3</i>	<i>Tes Formatif 4</i>
1) A	1) B	1) C	1) A
2) C	2) B	2) A	2) B
3) B	3) A	3) B	3) A
4) D	4) C	4) A	4) A
5) A	5) D	5) A	5) D
6) D	6) B	6) A	6) B
7) C	7) A	7) C	7) A
8) C	8) D	8) A	8) C
9) B	9) C	9) A	9) D
10) A	10) D	10) B	10) D

## Daftar Pustaka

- Cano, R.J. dan Colom, J.S. (1986). *Microbiology*. St. Paul, MN: West Publishing Company.
- Fardiaz, S. (1989). *Mikrobiologi Pangan*. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia: Pusat Antar-Universitas Pangan dan Gizi.
- Frazier, W.C. dan Westhoff, D.C. (1979). *Food Microbiology*. New Delhi, India: Tata McGraw Hill Company, Ltd.
- Tortura, G.J., Funke, B.R. dan Case, C.L. *Microbiology. An Introduction*. Menlo Park, CA.: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.

[Kembali Ke Daftar Isi](#)