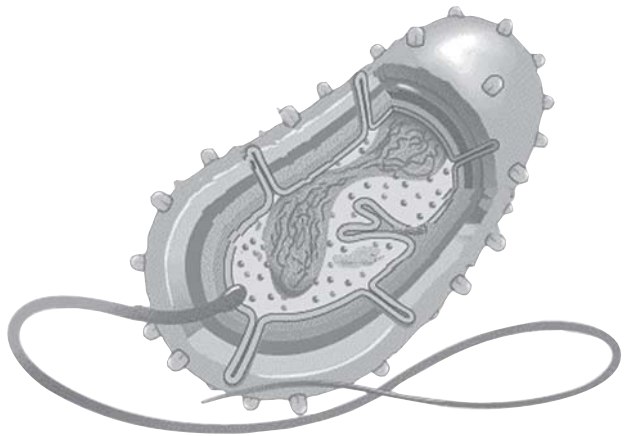
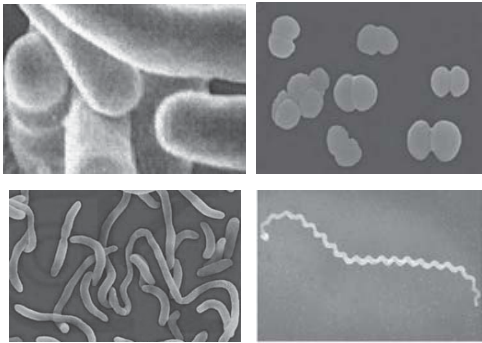
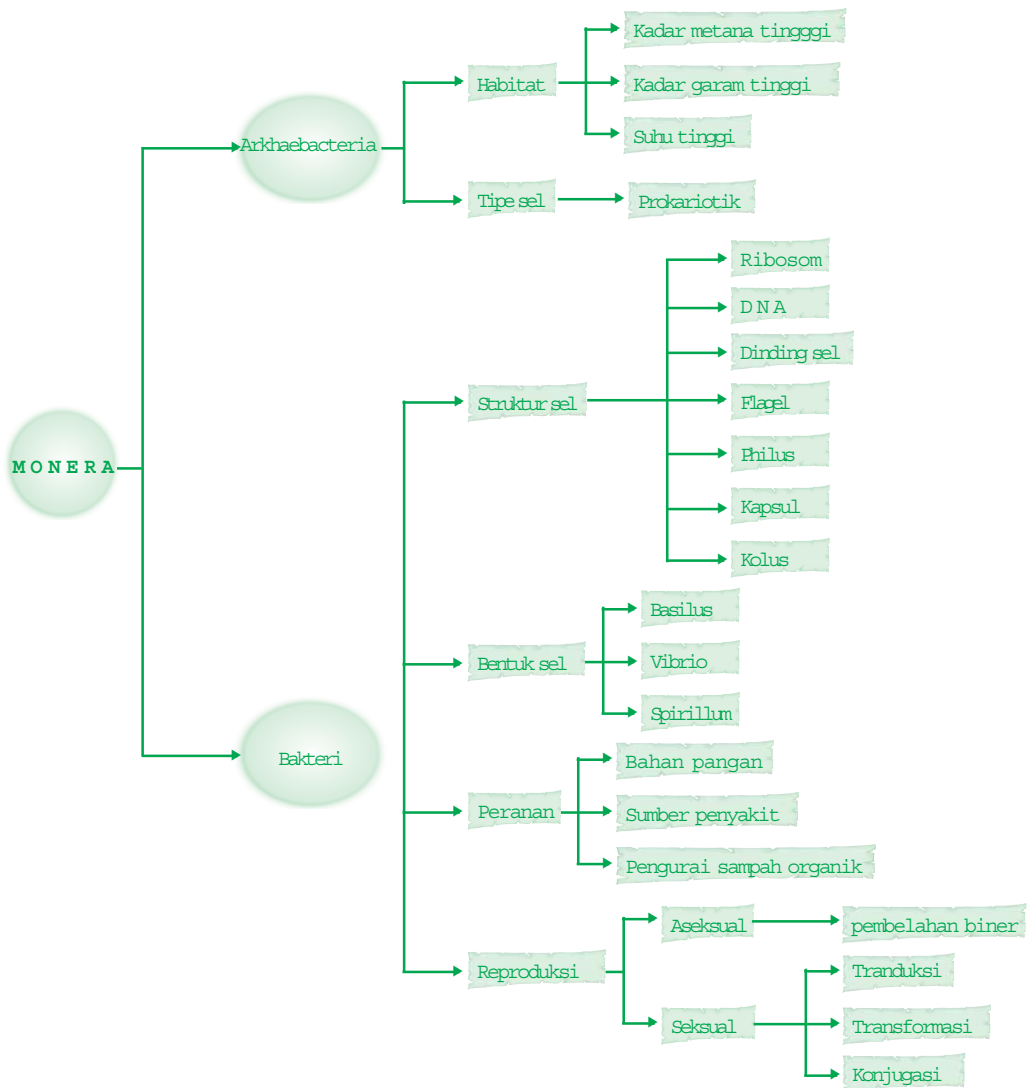


Monera

Bakteri dengan ukuran yang kecil (sekitar 0,7 - 1,3 mikron), sudah pasti luput dari perhatian kita, namun ia terdapat hampir di seluruh bagian bumi. Saat kalian baca buku ini pun bakteri ada di sekitar kalian dan jumlahnya sangat banyak sekali. Ia hidup di darat, air, dan udara. Bahkan bakteri ada yang hidup di mata air panas yang dapat membakar kulitmu.





Kata Kunci

Inti pembahasan pada materi bab ini, tercakup pada kata-kata berikut.

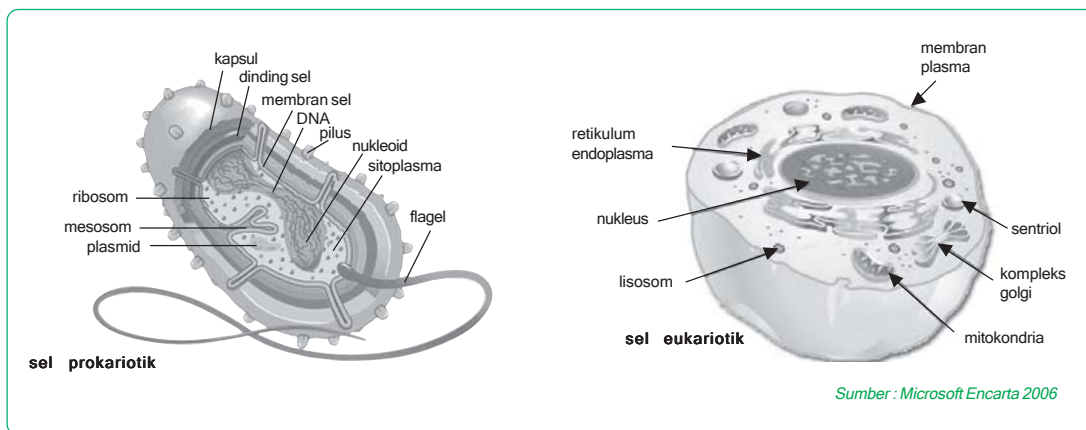
- monera, DNA, ribosom, membran sel, pilus, gram positif, gram negatif, pathogen, plasmid, flagel

Dalam hal dampak metabolisme dan jumlahnya, prokariota masih mendominasi biosfer, mengalahkan jumlah gabungan seluruh eukariota atau makhluk hidup lainnya. Jumlah prokariota yang hidup di ujung jarum, mulut atau kulit manusia jauh melebihi jumlah total manusia yang sudah pernah hidup di bumi. Prokariota juga merupakan organisme yang paling mudah berkembang biak dan memperbanyak populasinya. Prokariota juga dapat hidup pada habitat yang terlalu panas, terlalu dingin, terlalu asin, terlalu asam atau terlalu basa untuk eukariota apapun. Meskipun prokariota adalah mikroskopik, dampaknya pada bumi dan seluruh kehidupan sangat luar biasa. Hanya sebagian kecil saja prokariota yang merugikan kehidupan sedangkan sebagian besar prokariota sangat menguntungkan bagi kehidupan di muka bumi ini. Sebagai contoh, prokariota tertentu merombak bahan-bahan dari organisme yang telah mati dan mengembalikan unsur kimia yang penting, yaitu senyawa anorganik yang sangat dibutuhkan oleh tumbuhan yang kemudian akan dikonsumsi manusia dan hewan. Pada bab ini kamu akan menelusuri dunia Prokariota atau yang disebut dengan Monera. Mungkin kamu masih bertanya-tanya, organisme apakah Monera? Apa perbedaan Prokariota dan Eukariota?

A.

Perbedaan Prokariota dan Eukariota

Prokariota memiliki ciri-ciri selnya tidak memiliki nukleus, materi genetiknya terkonsentrasi pada suatu daerah yang disebut nukleoid, tetapi tidak ada membran yang memisahkan daerah ini dari bagian sel lainnya. Sedangkan, pada eukariota memiliki nukleus sejati yang dibungkus oleh selubung nukleus, seluruh daerah di antara nukleus dan membran yang membatasi sel disebut sitoplasma. Didalamnya terletak organel-organel sel yang mempunyai bentuk dan fungsi terspesialisasi yang sebagian organel tersebut tidak ditemukan pada prokariotik. Flagel pada eukariotik lebih lebar sedangkan pada prokariotik memiliki flagell sepersepuluh flagel eukariotik. Organisasi seluler dan genetik prokariota berbeda secara mendasar dari organisme eukariota, prokariota memiliki genom yang lebih kecil dan lebih sederhana, kurang lebih prokariota memiliki genom seperseribu DNA eukariota. Membran prokariota telah mengalami spesialisasi, yakni adanya lipatan-lipatan ke arah dalam oleh membran plasma hasil sisa krista-krista mitokondria yang berfungsi dalam respirasi seluler prokariota aerobik. Genom prokariota hanya sebuah molekul DNA sirkular untai ganda, sedangkan eukariota memiliki molekul DNA linear yang berasosiasi dengan protein.



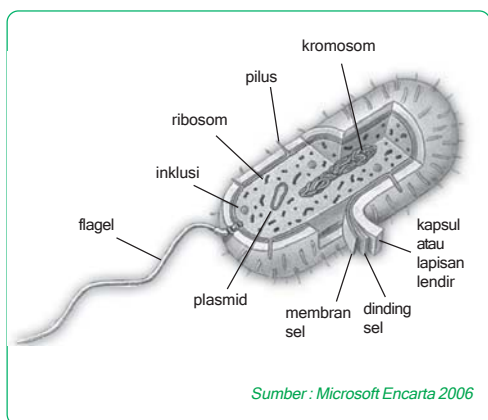
Gambar 4.1
Organisme yang memperlihatkan perbedaan prokariotik dengan eukariotik

B.

Struktur Fungsi dan Cara Reproduksi Monera (Prokariota)

1. Struktur, bentuk, dan ukuran tubuh bakteri

Bakteri memiliki bentuk sel yang bervariasi, bulat (coccus), batang (bacillus) dan lengkung (vibrio, coma atau spiral). Umumnya sel bakteri yang berbentuk bulat berdiameter sekitar 0,7 - 1,3 mikron. Sedangkan sel bakteri berbentuk batang lebarnya sekitar 0,2 - 2,0 mikron dan panjangnya 0,7 - 3,7 mikron.



Gambar 4.2
Struktur monera

Bagian tubuh bakteri pada umumnya dapat dibagi atas 3 bagian yaitu dinding sel, protoplasma (di dalamnya terdapat membran sel, mesosom, lisosom, DNA, endospora), dan bagian yang terdapat di luar dinding sel seperti kapsul, flagel, pilus. Di antara bagian-bagian tersebut ada yang selalu didapatkan pada sel bakteri, yaitu membran sel, ribosom dan DNA. Bagian-bagian ini disebut sebagai invarian. Sedangkan bagian-bagian yang tidak selalu ada pada setiap sel bakteri, misalnya dinding sel, flagel, pilus, dan kapsul. Bagian-bagian ini disebut varian. Untuk lebih jelasnya coba anda cermati gambar disamping ini!

Tujuan: mendeskripsikan bakteri berdasarkan letak flagellanya.

- Ambil koloni bakteri dengan pinset pada kentang rebus yang telah dibiarkan selama 5 hari, kemudian oleskan pinset tersebut pada kaca preparat (*object glass*) dan beri satu tetes air.
- Panaskan kaca preparat tersebut dengan tujuan agar air cepat menguap sehingga kering.
- Tetesi preparat dengan metilen blue atau tinta cina.
- Tutup preparat dengan kaca penutup (*deck glass*) sampai benar-benar tidak ada gelembung pada objek yang akan diamati.
- Amati di bawah mikroskop dengan perbesaran lemah terlebih dahulu dan jika sudah diketemukan objek pengamatan maka lakukan dengan perbesaran kuat.
- Gambar dan beri keterangan mengenai bentuk atau struktur bakteri yang telah diamati!

Susunan bagian-bagian utama sel bakteri, dijelaskan sebagai berikut.

a. Membran sel

Membran sel merupakan selaput yang membungkus sitoplasma beserta isinya, terletak di sebelah dalam dinding sel, tetapi tidak terikat erat dengan dinding sel. Bagi membran sel sangat vital, bagian ini merupakan batas antara bagian dalam sel dengan lingkungannya. Jika membran sel pecah atau rusak, maka sel bakteri akan mati.

Membran sel terdiri atas dua lapis molekul fosfolipid. Pada lapisan fosfo-lipid ini terdapat senyawa protein dan karbohidrat dengan kadar berbeda-beda pada berbagai sel bakteri.

b. Ribosom

Ribosom merupakan bagian sel yang berfungsi sebagai tempat sintesa protein. Bentuknya berupa butir-butir kecil dan tidak diselubungi membran. Ribosom tersusun atas protein dan RNA.

c. DNA (*Deoxyribonucleic Acid*)

DNA merupakan materi genetik, terdapat dalam sitoplasma. DNA bakteri berupa benang sirkuler (melingkar). DNA bakteri berfungsi sebagai pengendali sintesis protein bakteri dan pembawa sifat. DNA bakteri terdapat pada bagian menyerupai inti yang disebut nukleoid. Bagian ini tidak memiliki membran sebagaimana inti sel eukariotik.

Info Biologi

Jika kondisi lingkungan tidak mendukung. Bakteri akan membentuk spora pada protoplasmanya. Saat kondisi lingkungan kembali cocok, spora akan bersemi dan berkembang menjadi bakteri aktif.

d. Dinding sel

Dinding sel bakteri tersusun atas makromolekul peptidoglikan yang terdiri dari monomer-monomer tetrapeptidaglikan (polisakarida dan asam amino). Berdasarkan susunan kimia dinding selnya, bakteri dibedakan atas bakteri gram-positif dan bakteri gram-negatif. Susunan kimia dinding sel bakteri gram-negatif lebih rumit daripada bakteri gram-positif. Dinding sel bakteri gram-positif hanya tersusun atas satu lapis peptidoglikan yang relatif tebal, sedangkan dinding sel bakteri gram-negatif terdiri atas dua lapisan. Lapisan luar tersusun atas protein dan polisakarida, lapisan dalamnya tersusun atas peptidoglikan yang lebih tipis dibanding lapisan peptidoglikan pada bakteri gram-positif.

Dinding sel bakteri berfungsi untuk memberi bentuk sel, memberi kekuatan, melindungi sel dan menyelenggarakan pertukaran zat antara sel dengan lingkungannya.

e. Flagel

Flagel merupakan alat gerak bagi bakteri, meskipun tidak semua gerakan bakteri disebabkan oleh flagel. Flagel berpangkal pada protoplas, tersusun atas senyawa protein yang disebut flagelin, sedikit karbohidrat dan pada beberapa bakteri mengandung lipid. Jumlah dan letak flagel pada berbagai jenis bakteri bervariasi. Jumlahnya bisa satu, dua, atau lebih, dan letaknya dapat di ujung, sisi, atau pada seluruh permukaan sel. Jumlah dan letak flagel dijadikan salah satu dasar penggolongan bakteri.

f. Pilus

Pada permukaan sel bakteri gram-negatif seringkali terdapat banyak bagian seperti benang pendek yang disebut pilus atau fimbria (jamak dari pilus). Pilus merupakan alat lekat sel bakteri dengan sel bakteri lain atau dengan bahan-bahan padat lain, misalnya makanan sel bakteri.

Info Biologi

Nata de coco yang biasa kita makan sebenarnya berasal dari kapsul bakteri *Acetobacterium xylinum*

g. Kapsul

Kapsul merupakan lapisan lendir yang menyelubungi dinding sel bakteri. Pada umumnya kapsul tersusun atas senyawa polisakarida, polipeptida atau protein-polisakarida (glikoprotein). Kapsul berfungsi untuk perlindungan diri terhadap antibodi yang dihasilkan sel inang. Oleh karenanya kapsul hanya didapatkan pada bakteri patogen.

h. Endospora

Di antara bakteri ada yang membentuk endospora. Pembentukan endospora merupakan cara bakteri mengatasi keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan. Keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan antara lain: panas, dingin, kering, tekanan osmosis dan zat kimia tertentu. Jika kondisi lingkungan membaik maka endospora akan tumbuh menjadi sel bakteri. Endospora bakteri tidak berfungsi sebagai alat perkembangbiakan, tetapi sebagai alat perlindungan diri.

Aktivitas Sains

Tugas deskripsi

Tujuan: mendeskripsikan bakteri berdasarkan letak flagellanya.

1. Carilah literatur dari perpustakaan ataupun melalui internet mengenai bentuk-bentuk bakteri berdasarkan letak flagellanya.
2. Gambarlah pada kertas gambar A4, lalu berilah keterangan!

2. Penggolongan bakteri

a. Berdasarkan bentuk tubuhnya

1) Kokus (bulat)

- a) Streptokokus, misalnya *Streptococcus pyogenes*, *S. thermophilus*, *S. lactis*.
- b) Stafilocokus, misalnya *Staphylococcus aureus*.
- c) Diplokokus, misalnya *Diplococcus pneumoniae*

2) Basil (batang)

- a) Basilus, misalnya *Escherichia coli*, *Salmonella thypi*, *Lactobacillus*.
- b) Streptobasil, misalnya *Azotobacter*, *Bacillus anthracis*.

3) Vibrio (koma)

Vibrio, misalnya *Vibrio cholerae*.

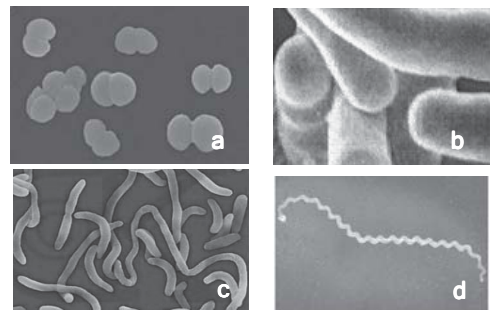
4) Spirillum (spiral)

Spirillum, misalnya *Treponema pallidum*.

b. Berdasarkan kedudukan flagela pada selnya

1) Monotrik

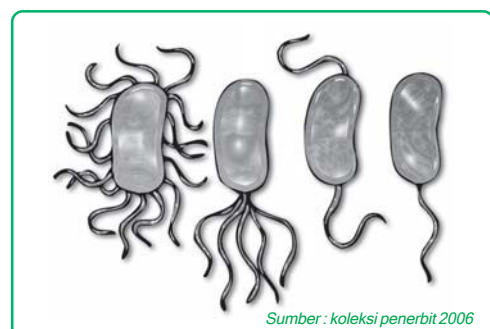
Monotrik, berflagel satu pada salah satu ujung.



Sumber : naturamediterraneo.com

■ Gambar 4.3

Bentuk-bentuk monera, (a) Kokus, (b) Basil, (c) Vibrio, (d) Spirillum.



Sumber : koleksi penerbit 2006

■ Gambar 4.4

Berbagai bakteri berdasarkan flagelnya

2) **Amfitrik**

Amfitrik, flagel masing-masing satu pada kedua ujung.

3) **Lofotrik**

Lofotrik, berflagel banyak di satu ujung.

4) **Peritrik**

Peritrik, berflagel banyak pada semua sisi tubuh.

c. Berdasarkan pewarnaan Gram (Gram strain)

1) **Bakteri gram-positif**

Bakteri gram-positif, dinding sel lebih sederhana, banyak mengandung peptidoglikan. Misalnya *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* dan *Aerococcus*.

2) **Bakteri gram-negatif**

Bakteri gram-negatif, dinding sel lebih kompleks, peptidoglikan lebih sedikit. Misalnya *Escherichia*, *Citrobacter*, *Salmonella*, *Shigella*, *Enterobacter*, *Vibrio*, *Aeromonas*, *Photobacterium*, *Chromabacterium*, *Flavobacterium*.

d. Berdasarkan kebutuhan oksigen

1) **Bakteri aerob**

Bakteri aerob, bakteri yang membutuhkan oksigen bebas untuk mendapatkan energi, misalnya *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Nitrosococcus*.

2) **Bakteri anaerob**

Bakteri anaerob, tidak membutuhkan oksigen bebas untuk mendapatkan energi, misalnya *Micrococcus denitrificans*.

e. Berdasarkan cara memperoleh makanan (bahan organik)

1) **Autotrop**

Autotrop, menyusun makanan sendiri dari bahan-bahan anorganik.

Bakteri autotrop, berdasarkan sumber energinya dibedakan atas: fotoautotrop (sumber energi dari cahaya) dan kemoautotrop (sumber energi dari hasil reaksi kimia).

2) **Heterotrop**

Heterotrop, tidak menyusun makanan sendiri, memanfaatkan bahan organik jadi yang berasal dari organisme lain. Termasuk bakteri heterotrop adalah bakteri saprofit, yaitu bakteri yang mendapat makanan dengan menguraikan sisa-sisa organisme.

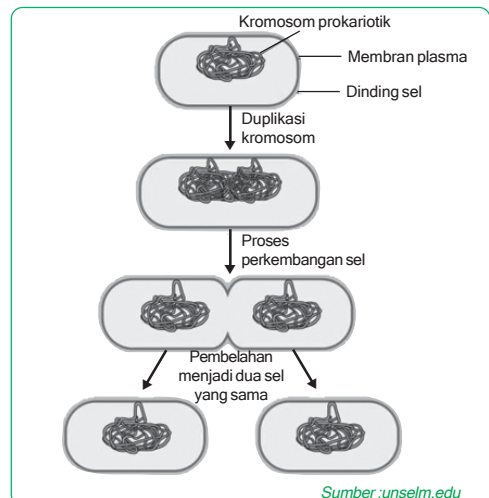
2. Reproduksi pada Monera

a. Reproduksi aseksual

Pada umumnya bakteri berkembang biak dengan pembelahan biner, artinya pembelahan terjadi secara langsung, dari satu sel membelah menjadi dua sel anakan. Masing-masing sel anakan akan membentuk dua sel anakan lagi, demikian seterusnya.

Proses pembelahan biner diawali dengan proses replikasi DNA menjadi dua kopi DNA identik, diikuti pembelahan sitoplasma dan akhirnya terbentuk dinding pemisah di antara kedua sel anak bakteri.

Perhatikan gambar skematik pembelahan biner sel bakteri di samping!



■ Gambar 4.5
Skema pembelahan biner pada *Streptococcus faecalis*

Bagaimanakah kecepatan pertumbuhan populasi bakteri? Mengapa bakteri patogen tetap ada sekalipun berbagai antibiotik pelawannya telah digunakan? Mengapa tidak juga dipenuhi oleh bakteri? Coba anda lakukan aktivitas di bawah ini!

Aktivitas Sains

Tugas individu

Tujuan: menghitung pertambahan populasi bakteri

Bakteri *Escherichia coli* membelah setiap 20 menit, artinya satu sel bakteri *E. coli* melalui proses pembelahan biner, 20 menit kemudian menjadi 2 sel bakteri.

1. Hitunglah berapa besar populasi *E. coli* jika satu sel bakteri membelah dalam waktu 24 jam! Berapa pula besar populasinya jika membelah dalam waktu seminggu (7 hari)?
2. Lakukanlah kajian kepustakaan untuk menjawab masalah berikut ini!
 - a. Berbagai antibiotik pelawan bakteri telah ditemukan dan digunakan untuk mengatasi berbagai penyakit yang disebabkan infeksi bakteri. Mengapa bakteri patogen penyebab penyakit tidak pernah musnah?
 - b. Jika bakteri berkembang dengan pesat, mengapa dunia ini tidak dipenuhi dengan bakteri?

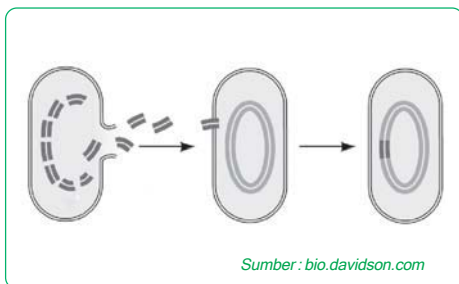
b. Reproduksi seksual

Bakteri berbeda dengan eukariota dalam hal cara penggabungan DNA yang datang dari dua individu ke dalam satu sel. Pada eukariota, proses seksual secara meiosis dan fertilisasi mengkombinasi DNA

dari dua individu ke dalam satu zigot. Akan tetapi, jenis kelamin yang ada pada eukariota tidak terdapat pada prokariota. Meiosis dan fertilisasi tidak terjadi, sebaliknya ada proses lain yang akan mengumpulkan DNA bakteri yang datang dari individu-individu yang berbeda. Proses-proses ini adalah pembelahan transformasi, transduksi dan konjugasi.

1) Transformasi

Dalam konteks genetika bakteri, transformasi merupakan perubahan suatu genotipe sel bakteri dengan cara mengambil DNA asing dari lingkungan sekitarnya. Misalnya, pada bakteri *Streptococcus pneumoniae* yang tidak berbahaya dapat ditransformasi menjadi sel-sel penyebab pneumonia dengan cara mengambil DNA dari medium yang mengandung sel-sel strain patogenik yang mati. Transformasi ini terjadi ketika sel nonpatogenik hidup mengambil potongan DNA yang kebetulan mengandung alel untuk patogenisitas (gen untuk suatu lapisan sel yang melindungi bakteri dari sistem imun inang) alel asing tersebut kemudian dimasukkan ke dalam kromosom bakteri menggantikan alel aslinya untuk kondisi tanpa pelapis. Proses ini merupakan rekombinasi genetik - perputaran segmen DNA dengan cara pindah silang (crossing over). Sel yang ditransformasi ini sekarang memiliki satu kromosom yang mengandung DNA, yang berasal dari dua sel yang berbeda.



■ Gambar 4.6
Reproduksi bakteri dengan jalan transformasi

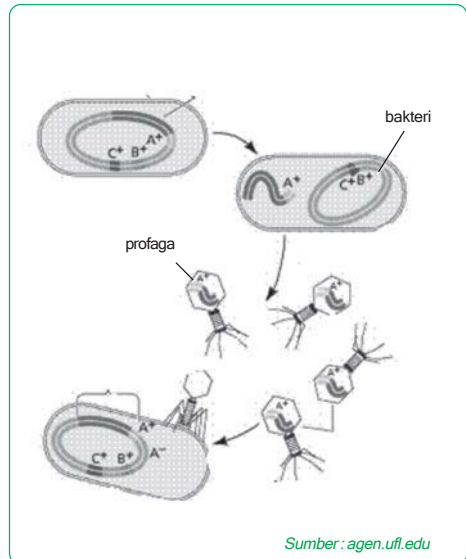
Bertahun-tahun setelah transformasi ditemukan pada kultur laboratorium, sebagian besar ahli biologi percaya bahwa proses tersebut terlalu jarang dan terlalu kebetulan, sehingga tidak mungkin memainkan peranan penting pada populasi bakteri di alam. Tetapi, para saintis sejak saat itu telah mempelajari bahwa banyak spesies bakteri dipermukaannya memiliki protein yang terspesialisasi untuk mengambil DNA dari larutan sekitarnya.

Protein-protein ini secara spesifik hanya mengenali dan mentransfer DNA dari spesies bakteri yang masih dekat kekerabatannya. Tidak semua bakteri memiliki protein membran seperti ini. Seperti contohnya, *E. Coli* sepertinya sama sekali tidak memiliki mekanisme yang terspesialisasi untuk menelan DNA asing. Walaupun demikian, menempatkan *E. Coli* di dalam medium kultur yang mengandung konsentrasi ion kalsium yang relatif tinggi secara artifisial akan merangsang sel-sel untuk menelan sebagian kecil DNA. Dalam bioteknologi, teknik ini diaplikasikan untuk memasukkan gen-gen asing ke dalam *E. Coli*, gen-gen yang mengkode protein yang bermanfaat, seperti insulin manusia dan hormon pertumbuhan.

2) Transduksi

Pada proses transfer DNA yang disebut transduksi, faga membawa gen bakteri dari satu sel inang ke sel inang lainnya. Ada dua bentuk transduksi yaitu transduksi umum dan transduksi khusus. Keduanya dihasilkan dari penyimpangan pada siklus reproduktif faga.

Diakhir siklus litik faga, molekul asam nukleat virus dibungkus di dalam kapsid, dan faga lengkapnya dilepaskan ketika sel inang lisis. Kadangkala sebagian kecil dari DNA sel inang yang terdegradasi menggantikan genom faga. Virus seperti ini cacat karena tidak memiliki materi genetik sendiri. Walaupun demikian, setelah pelepasannya dari inang yang lisis, faga dapat menempel pada bakteri lain dan menginjektikan bagian DNA bakteri yang didapatkan dari sel pertama. Beberapa DNA ini kemudian dapat menggantikan daerah homolog dari kromosom sel kedua. Kromosom sel ini sekarang memiliki kombinasi DNA yang berasal dari dua sel sehingga rekombinasi genetik telah terjadi. Jenis transduksi ini disebut dengan transduksi umum karena gen-gen bakteri ditransfer secara acak.



Sumber: agen.ufl.edu

■ **Gambar 4.7**
*Reproduksi bakteri
dengan jalan transduksi*

Untuk transduksi khusus memerlukan infeksi oleh faga temperat, dalam siklus lisogenik genom faga temperat terintegrasi sebagai profaga ke dalam kromosom bakteri inang, di suatu tempat yang spesifik. Kemudian ketika genom faga dipisahkan dari kromosom, genom faga ini membawa serta bagian kecil dari DNA bakteri yang berdampingan dengan profaga. Ketika suatu virus yang membawa DNA bakteri seperti ini menginfeksi sel inang lain, gen-gen bakteri ikut terinjeksi bersama-sama dengan genom faga. Transduksi khusus hanya mentransfer gen-gen tertentu saja, yaitu gen-gen yang berada di dekat tempat profaga pada kromosom tersebut.

c. Konjugasi dan Plasmid

Konjugasi merupakan transfer langsung materi genetik antara dua sel bakteri yang berhubungan sementara. Proses ini, telah diteliti secara tuntas pada *E. Coli*. Transfer DNA adalah transfer satu arah, yaitu satu sel mendonasi (menyumbang) DNA, dan "pasangannya" menerima gen. Donor DNA, disebut sebagai "jantan", menggunakan alat yang disebut pilus untuk menempel pada resipien (penerima)

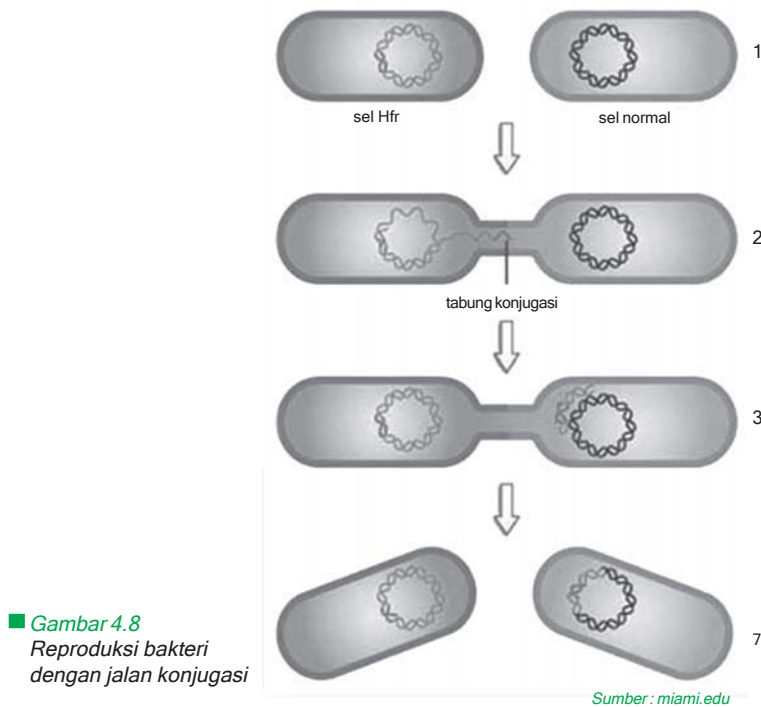
DNA dan disebut sebagai "betina". Kemudian sebuah jembatan sitoplasmik sementara akan terbentuk diantara kedua sel tersebut, menyediakan jalan untuk transfer DNA.

Plasmid adalah molekul DNA kecil, sirkular dan dapat bereplikasi sendiri, yang terpisah dari kromosom bakteri. Plasmid-plasmid tertentu, seperti plasmid f, dapat melakukan penggabungan reversibel ke dalam kromosom sel. Genom faga bereplikasi secara terpisah di dalam sitoplasma selama siklus litik, dan sebagai bagian integral dari kromosom inang selama siklus lisogenik. Plasmid hanya memiliki sedikit gen, dan gen-gen ini tidak diperlukan untuk pertahanan hidup dan reproduksi bakteri pada kondisi normal. Walaupun demikian, gen-gen dari plasmid ini dapat memberikan keuntungan bagi bakteri yang hidup di lingkungan yang banyak tekanan. Contohnya, plasmid f mempermudah rekombinasi genetik, yang mungkin akan menguntungkan bila perubahan lingkungan tidak lagi mendukung strain yang ada di dalam populasi bakteri.

Plasmid f, terdiri dari sekitar 25 gen, sebagian besar diperlukan untuk memproduksi piliseks. Ahli-ahli genetika menggunakan simbol f^+ (dapat diwariskan). Plasmid f bereplikasi secara sinkron dengan DNA kromosom, dan pembelahan satu sel f^+ biasanya menghasilkan dua keturunan yang semuanya merupakan f^+ . Sel-sel yang tidak memiliki faktor f diberi simbol f^- , dan mereka berfungsi sebagai recipien DNA ("betina") selama konjugasi. Kondisi f^+ adalah kondisi yang "menular" dalam artian sel f^+ dapat memindah sel f^- menjadi sel f^+ ketika kedua sel tersebut berkonjugasi. Plasmid f bereplikasi di dalam sel "jantan", dan sebuah salinannya ditransfer ke sel "betina" melalui saluran konjugasi yang menghubungkan sel-sel tersebut. Pada perkawinan f^+ dengan f^- seperti ini, hanya sebuah plasmid f yang ditransfer.

Gen-gen dari kromosom bakteri tersebut ditransfer selama konjugasi ketika faktor f dari donor sel tersebut terintegrasi ke dalam kromosomnya. Sel yang dilengkapi dengan faktor f dalam kromosomnya disebut sel Hfr (high frequency of recombination atau rekombinasi frekuensi tinggi). Sel Hfr tetap berfungsi sebagai jantan selama konjugasi, mereplikasi DNA faktor f dan mentransfer salinannya ke f^- pasangannya. Tetapi sekarang, faktor f ini mengambil salinan dari beberapa DNA kromosom bersamanya. Gerakan acak bakteri biasanya mengganggu konjugasi sebelum salinan dari kromosom Hfr dapat seluruhnya dipindahkan ke sel f^- . Untuk sementara waktu sel resipien menjadi diploid parsial atau sebagian, mengandung kromosomnya sendiri ditambah dengan DNA yang disalin dari sebagian kromosom donor. Rekombinasi dapat terjadi

jika sebagian DNA yang baru diperoleh ini terletak berdampingan dengan daerah homolog dari kromosom F-, segmen DNA dapat dipertukarkan. Pembelahan biner pada sel ini dapat menghasilkan sebuah koloni bakteri rekombinan dengan gen-gen yang berasal dari dua sel yang berbeda, dimana satu dari strain-strain bakteri tersebut sebenarnya merupakan Hfr dan yang lainnya adalah F.



Keterangan gambar 4.9

1. Sel bakteri Hfr bertemu dengan sel bakteri normal.
2. Terbentuk tabung konjugasi, lalu terjadi perpindahan DNA dan sel Hfr ke sel normal.
3. Terjadi rekombinasi DNA pada sel normal.
4. Kedua sel bakteri berpindah.

Pada tahun 1950-an, pakar-pakar kesehatan jepang mulai memperhatikan bahwa beberapa pasien rumah sakit yang menderita akibat disentri bakteri, yang menyebabkan diare parah, tidak memberikan respons terhadap antibiotik yang biasanya efektif untuk pengobatan infeksi jenis ini. Tampaknya, resistensi terhadap antibiotik ini perlahan-lahan telah berkembang pada strain-strain *Shigella sp.* tertentu, suatu bakteri patogen. Akhirnya, peneliti mulai mengidentifikasi gen-gen spesifik yang menimbulkan resistensi antibiotik pada *Shigella* dan bakteri patogenik lainnya. Beberapa gen-gen tersebut, mengkode enzim yang secara spesifik menghancurkan

beberapa antibiotik tertentu, seperti tetrasiklin atau ampisilin. Gen-gen yang memberikan resistensi ternyata di bawa oleh plasmid. Sekarang dikenal sebagai plasmid R (R untuk resistensi).

Pemaparan suatu populasi bakteri dengan suatu antibiotik spesifik baik di dalam kultur laboratorium maupun di dalam organisme inang akan membunuh bakteri yang sensitif terhadap antibiotik, tetapi hal itu tidak terjadi pada bakteri yang memiliki plasmid R yang dapat mengatasi antibiotik. Teori seleksi alam memprediksi bahwa, pada keadaan-keadaan seperti ini, akan semakin banyak bakteri yang akan mewarisi gen-gen yang menyebabkan resistensi antibiotik. Konsekuensi medisnya pun terbaca, yaitu strain patogen yang resisten semakin lama semakin banyak, membuat pengobatan infeksi bakteri tertentu menjadi semakin sulit. Permasalahan tersebut diperparah oleh kenyataan bahwa plasmid R, seperti plasmid F, dapat berpindah dari satu sel bakteri ke sel bakteri lainnya melalui konjugasi.

C.

Monera dan Pengaruhnya bagi Kehidupan

Sebelum membahas secara rinci organisme yang termasuk kingdom Monera secara lebih mendalam, akan lebih baik kita mengetahui terlebih dahulu letak kingdom monera (Prokariota) dalam sistem klasifikasi yang telah dihasilkan oleh ilmuwan-ilmuwan yang terus bekerja untuk mengungkap dunia Monera ini.

Klasifikasi 5 kingdom dibandingkan skema klasifikasi alternatif yang baru-baru ini dikemukakan sebagai acuan klasifikasi terbaru dengan data-data yang lebih baru, yaitu berdasarkan urutan basa dalam RNA, ternyata belum ditanggapi secara antusias oleh ilmuwan-ilmuwan ahli klasifikasi prokariota, dengan alasan menunggu data yang lebih banyak lagi, baru dapat disetujui menjadi sistem klasifikasi yang baku atau kongkret. Berdasarkan apakah sistem klasifikasi prokariota ini ditetapkan, kita akan bahas pada subbab ini.

1. Sistem lima kingdom

Sistem lima kingdom mengakui adanya dua jenis sel yang berbeda secara mendasar, yaitu prokariota dan eukariota, dan memisahkan prokariota dari semua eukariota dengan menempatkannya dalam kingdom tersendiri, yaitu Monera. Dengan mengumpulkan semua prokariota ke dalam kingdom Monera, sistem lima kingdom berbeda dari sistem klasifikasi yang terdahulu, sistem 2 kingdom, yaitu plantae dan animalia yang didasarkan atas cara memperoleh makanannya. Sistem lima kingdom terdiri dari:

- a. Monera, meliputi organisme uniseluler yang bersifat prokariotik, termasuk di dalamnya adalah Eubacteria (bakteri) dan Cyanophyta (alga biru hijau).
- b. Protista, meliputi organisme uniseluler yang bersifat eukariotik, termasuk ke dalamnya adalah protozoa, alga, jamur bersel satu.
- c. Plantae, meliputi organisme bersel banyak (multiseluler) dan selnya memiliki dinding sel serta memiliki klorofil dan bersifat autotrop.
- d. Fungi, meliputi organisme multiseluler, berbentuk benang/hifa, tidak memiliki klorofil dan bersifat heterotrop.
- e. Animalia, meliputi organisme bersel banyak yang sel-selnya tidak memiliki dinding sel, tidak berklorofil dan bersifat heterotrop.

2. Sistem klasifikasi tiga Domain

Sistem klasifikasi tiga Domain memberi penekanan lebih pada pemisahan evolusioner awal antara bakteri dan arkhae dengan cara menggunakan suatu takson superkingdom yang disebut dengan Domain. Para ahli sistematika masih berada dalam proses pemisahan kingdom-kingdom prokariota didalam domain bakteri dan arkhae. Domain Eukariot terdiri atas semua kingdom organisme eukariota. Sistem ini menekankan keanekaragaman biologis diantara protista.

- a. Domain Bakteria
- b. Domain Archaea
- c. Domain Eukarya

Dari kedua sistem klasifikasi yang dimunculkan diatas, yang penting untuk dipahami adalah bahwa adanya informasi baru mengenai topik yang menyangkut keanekaragaman biologis pada level taksonomik yang paling tinggi yaitu superkingdom. Sehingga biologi sebagai ilmu yang bersifat dinamis akan selalu membuka cakrawala baru sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang demikian pesatnya saat ini.

Setelah kita mengetahui letak monera pada sistem klasifikasi, maka pembahasan kita selanjutnya adalah pengaruh dari organisme monera bagi kehidupan kita. Pada klasifikasi lima kingdom Monera terbagi menjadi dua kelompok, yaitu Bakteri dan Cyanophyta atau ganggang hijau biru.

3. Peranan bakteri

a. Bakteri fotosintetik

Sebagaimana tumbuhan hijau, bakteri fotosintetik menggunakan energi cahaya matahari untuk mereduksi karbon dioksida menjadi

Ingatlah

Semua prokariota dalam klasifikasi yang telah baku yaitu sistem lima kingdom berada dalam satu kingdom Monera, dengan ciri-ciri semua organismenya tidak memiliki selubung inti.

karbohidrat. Akan tetapi, berlawanan dengan fotosintetis pada tumbuhan hijau, sumber elektron bakteri bukan air. Bakteri belerang ungu dan bakteri belerang hijau menggunakan hidrogen sulfida (H_2S) untuk menyediakan elektron yang diperlukan dalam mensintesis energi. Dalam proses itu bakteri tersebut menghasilkan unsur belerang.

Bakteri fotosintetik mengandung bentuk klorofil khusus yang disebut bakteriklorofil yang tergabung di dalam membran mesosom. Dengan peralatan ini, bakteri dapat menjalankan fotosistem I tetapi tidak fotosistem II (yang menerangkan ketidakmampuannya menggunakan H_2O sebagai sumber elektron).

Kebanyakan bakteri fotosintetik itu anaerob obligat, mereka tidak tahan terhadap oksigen bebas. Jadi terbatas pada habitat, seperti permukaan sedimen di dasar kolam. Di tempat-tempat seperti itu, mereka memanfaatkan energi cahaya apapun yang melalui ganggang hijau dan tumbuhan air yang tumbuh dalam air di atasnya. Spektrum absorpsi pada bakteri klorofil sebagian besar terletak di daerah spektrum infra merah sehingga mereka dapat menangkap energi yang tak tertangkap oleh alga di atas mereka.

Bakteri fotosintetis dapat mengikat N_2 menjadi bentuk senyawa misalnya NH_3 dan NO_3^- .

b. Bakteri kemoautotrop

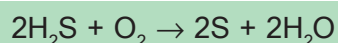


Sumber: una.edu

■ **Gambar 4.9**
Bintil-bintil akar pada tanaman polong yang merupakan koloni bakteri *Rhizobium*

Beberapa bakteri tak berwarna juga mempunyai kemampuan seperti organisme berklorofil, yaitu mampu membuat karbohidrat dari bahan mentah anorganik, tetapi mereka tidak menggunakan energi cahaya untuk melakukan hal itu. Pengubahan karbon dioksida menjadi karbohidrat dapat pula terjadi dalam sel-sel hewan seperti pada sel-sel tumbuhan. Reaksi "gelap" yang menentukan juga diketahui berlangsung dalam sel-sel bakteri kemoautotrop. Mereka memperoleh energi dan elektron-elektron dengan melaksanakan oksidasi beberapa substansi

tereduksi yang ada di alam sekitarnya. Energi bebas tersedia oleh oksidasi ini kemudian digunakan untuk pembuatan karbohidrat. Bakteri belerang yang kemoautotrop mengoksidasi H_2S di tempat tinggalnya (mata air belerang) sehingga menghasilkan energi. Reaksinya sebagai berikut.



$$\Delta G = 100 \text{ kkal}$$

Keterangan:

ΔG = perubahan energi

Kemudian energi ini dapat mereka pakai untuk mereduksi karbondioksida menjadi karbohidrat dengan cara yang sama seperti yang dilakukan bakteri belerang fotosintetik.

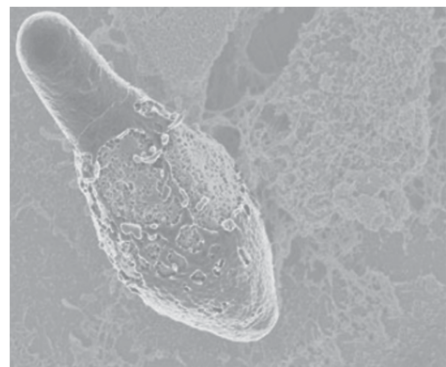


Kelompok bakteri kemoautotrop lainnya ialah bakteri besi. (mereka bertanggung jawab atas sisik kecoklat-coklatan yang terbentuk di dalam tangki air atau toilet kakus). Mereka menyelesaikan oksidasi senyawa besi yang teroksidasi sebagian dan mampu merangkaikan energi yang dihasilkan oksidasi ini untuk mensintesis karbohidrat.

Bakteri nitrifikasi juga kemoautotrof, mereka melakukan oksidasi NH_3 yang dihasilkan dari protein oleh bakteri heterotrof dari hasil perombakan menjadi nitrat. Oksidasi ini menghasilkan energi untuk mendorong reaksi sintesis bakteri tersebut. Nitrat yang dihasilkan menyediakan keperluan nitrogen bagi tumbuhan.

c. Batang gram positif

Genus *Clostridium* merupakan contoh genus yang termasuk ke dalam batang gram positif yang terdiri atas bakteri pembentukan spora yang bersifat anaerobik obligat yang tak tahan hidup bila terkena oksigen. Beberapa diantaranya mengeluarkan toksin yang kuat. Spora *Clostridium tetani* tersebar luas di tanah dan acapkali dapat memasuki tubuh kita. Luka misalnya karena pecahan gelas, paku atau jarum kotor para pencandu narkotik memiliki resiko besar terinfeksi bakteri ini karena luka tersebut dapat menimbulkan keadaan anaerobik yang diperlukan untuk perkembangan dan pertumbuhan organisme tersebut. Bila hal ini terjadi maka dilepaskan toksin protein, zat ini menghalangi sinapsis inhibitorin pada jaringan saraf tulang punggung (tali spinal) dan otak. Akibatnya penghambatan yang timbal balik dari pasangan otot antagonis menjadi terhenti. Dan korbannya menderita kejang otot yang hebat. Penyakit ini disebut tetanus, berkat imunisasi yang hampir universal melawan toksin itu maka perubahan kimiawi toksin menghasilkan toksoid tak berbahaya yang masih mempertahankan determinan antigen toksin tersebut. Bila digabungkan dengan suatu vaksin, maka toksoid memberikan imunisasi yang relatif berumur panjang untuk melawan efek toksinnya.

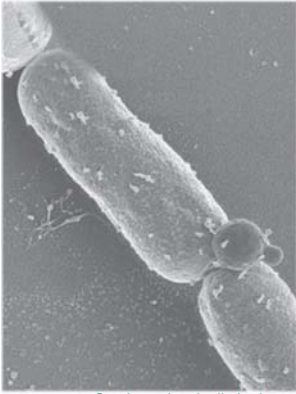


Sumber : kennislink.nl

■ Gambar 4.10
bakteri *Clostridium*, bakteri batang gram positif

Info Biologi

Bila jerami basah ditempatkan pada lumbung yang kurang ventilasinya, pernafasan bakteri yang tumbuh dalam jerami akan menimbulkan tenaga panas sampai tingkat berbahaya. Hal ini dapat menyebabkan jerami tiba-tiba terbakar



■ **Gambar 4.11**
Bakteri Antrax

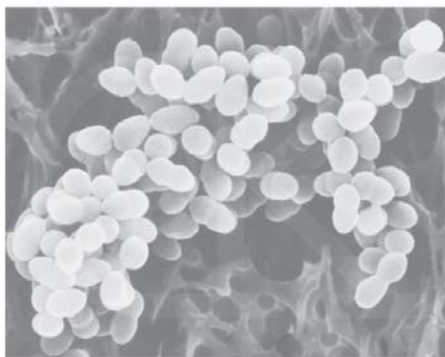
Sumber : visualunlimited.com

Bakteri batang gram positif lainnya adalah *Clostridium botulinum* yang tidak menginfeksi manusia namun bakteri ini mampu membuat toksin yang dihasilkan pada saat ia tumbuh perlahan dalam makanan yang sudah rusak (kadaluwarsa). Sebanyak 1 µg saja dari toksin ini termakan bersama buncis atau jamur yang mentah maka dapat mengakibatkan kematian. Toksin ini menghalangi pelepasan ACh dari ujung-ujung akson motor. Terlihat si korban menunjukkan bukti kegiatan dari saraf simpatetik, yaitu pembesaran pupil, sulit buang air seni dan juga melemahkan otot kerangka.

Apabila mengenai otot antar rusuk maka pernafasan terhenti. Toksin tersebut merupakan suatu protein dan dengan cepat sekitar 10 menit mengalami denaturasi sehingga sifat-sifatnya berubah pada suhu 1000 °C. *Bacillus anthracis* menyebabkan antraks, antraks khususnya merupakan suatu penyakit pada hewan ternak seperti sapi, biri-biri dan kambing. Sebelum antibiotik ditemukan, angka kematian karena infeksi *Bacillus anthracis* pada manusia cukup tinggi.

Karena bakteri penyebab penyakit mempunyai dampak dramatis yang relatif kecil, maka akan mudah untuk mengamati seberapa banyak bakteri yang menguntungkan. *Bacillus subtilis* merupakan bakteri tanah, yang memiliki kegunaan sebagai sumber basitrasin, yaitu suatu antibiotik. Batang gram-positif dari genus *Lactobacillus* juga amat penting dalam proses perubahan susu menjadi keju dan mentega atau yoghurt.

d. Kokus gram positif



■ **Gambar 4.12**
Bakteri *Staphylococcus aureus*

Sumber : peretplet.ru

Banyak organisme dalam kelompok ini tumbuh dalam koloni-koloni yang khas, *Staphylococcus* membentuk paket-paket sel yang pipih. *Staphylococcus albus* dapat tumbuh di kulit. *Staphylococcus aureus* juga sering menghuni kulit, saluran pernafasan dan saluran pencernaan. *Staphylococcus* hidup dengan subur dalam makanan, khususnya produk krim. Bakteri mengeluarkan toksin dan jika kita mengkonsumsi makanan tersebut dapat mengakibatkan sakit perut. Cara terbaik mencegah keracunan ini ialah dengan menyimpan makanan di lemari es dan memastikan penanganannya tidak dilakukan oleh orang yang mempunyai luka terbuka di tangannya.

Streptokokus tumbuh membentuk rantai, mereka menimbulkan gangguan yang umum seperti sakit tenggorokan, impetigo sejenis penyakit kulit yang mudah menular, disertai bisul-bisul, dan infeksi telinga tengah. Pengobatan dengan antibiotik secara cepat dapat mencegah komplikasi yang gawat.

Pneumokokus, yaitu bakteri yang biasanya menyebabkan pneumonia bakterial, juga merupakan anggota gugus streptokokus. Akan tetapi, tubuh mereka cenderung tumbuh berpasangan, suatu ciri yang menyebabkan para peneliti mengklasifikasikannya dalam genus *Diplococcus*. Pneumonia bakterial biasanya bereaksi cepat terhadap pengobatan antibiotik, dinding sel pneumokokus yang virulen dikelilingi kapsul polisakarida.

Info Biologi

Bakteri tertentu menghasilkan antibiotik sebagai obat yang sangat berharga untuk mengobati berbagai penyakit manusia dan hewan menyusui lainnya. Contoh antibiotik yang dihasilkan adalah streptomisin yang berguna untuk pengobatan tuberkulosa dan tularemia

e. Batang gram negatif

Basil gram-negatif jumlahnya banyak sekali, tetapi organisme yang paling banyak diteliti ialah *Escherichia coli* yang menghuni usus manusia tetapi tidak menimbulkan kerusakan pada inangnya. Sebenarnya organisme ini membantu kita dengan mensintesis vitamin K dan sebagian dari vitamin B, agar dapat diserap oleh saluran pencernaan.

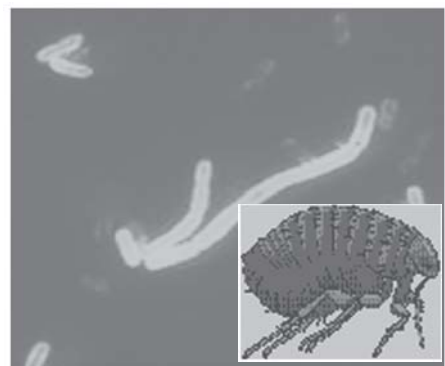
Beberapa di antara penghuni gram-negatif yang ada dalam pencernaan manusia ada juga yang tidak begitu menguntungkan. *Salmonella typhi* dapat menimbulkan demam tifoid, yaitu suatu penyakit umum yang dapat menjadi epidemi serius di tempat yang sanitasinya kurang baik. Individu yang telah sembuh dapat menjadi "pembawa" organisme itu, mereka tetap menyimpannya didalam tubuh, biasanya didalam kandung empedu. Bakteri dari kandung empedu masuk ke saluran pencernaan bersamasama dengan cairan empedu dan keluar bersama tinja.

Vibrio cholerae adalah agen kolera yang sangat berbahaya, dan merupakan salah satu penyakit pencernaan yang paling merusak. Organisme ini mengeluarkan



■ Gambar 4.13
Bakteri batang gram negatif *E. coli*

Sumber : astrosurf.com



■ Gambar 4.14
Basil *Yersina pestis* dan vektornya, yaitu kutu tikus

Sumber : wikimedia.org

toksin yang menyebabkan diare yang parah berkisar 10-15 liter/hari sehingga akan menghilangkan garam-garam elektrolit didalam tubuh. Kalau air dan garam tidak diganti secepatnya, si penderita dapat meninggal setelah beberapa jam. Sebagaimana penyakit usus lainnya, kolera timbul karena menelan makanan atau air minum yang dicemari organisme tersebut. *Yersinia pestis* merupakan basil yang menyebabkan penyakit pes, organisme ini biasanya ditularkan kepada manusia melalui gigitan kutu tikus yang terinfeksi. Sewaktu menyebar ke dalam nodus limpa, organ ini menjadi sangat bengkak maka penyakit ini dinamakan pes bubonik (bubo = pembengkakan nodus limpa). Jika masuk ke dalam paru-paru, organisme itu dapat langsung menyebar dari orang ke orang, sehingga menyebabkan pes "pneumonia" dengan kematian yang relatif cepat, yaitu 2-3 hari. Kalau tidak dirawat maka 50-75 % dari kasus pes bubonik ini berakhir secara fatal. Tidak mengherankan bahwa epidemi pes yang dulu timbul di Eropa pada abad keempat belas, menimbulkan kehancuran yang sangat hebat. Hanya dalam tiga tahun (1348-1350), sekurang-kurangnya seperempat dari penduduk Eropa menyerah kepada penyakit ini. Diperkirakan bahwa "kematian hebat" dalam periode tersebut menurunkan jumlah penduduk Siena dari 42.000 menjadi 15.000. Ancaman penyakit ini belum hilang sama sekali, *Yersinia pestis* masih tumbuh dengan subur pada beberapa populasi rodensia (pengerat), misalnya tupai tanah. Untunglah, perawatan yang segera dengan antibiotik biasanya dapat menyembuhkannya dengan cepat.

f Kokus gram negatif

Dua anggota kelompok ini yang perlu mendapat perhatian ialah *Neisseria meningitidis* yang dapat menimbulkan meningitis meningokokal, yaitu suatu infeksi yang teramat parah di selaput otak (meninges) yang lazim pada anak kecil. *Neisseria gonorrhoeae* yang menyebabkan salah satu penyakit manusia yang paling tersebar luas yaitu gonorea. Organisme itu menyebar secara langsung dari seseorang yang satu ke seseorang yang lain melalui kontak seksual. Pada laki-laki, organisme ini menyerang uretra menyebabkan keluarnya nanah dan sering kali menetap di kelenjar prostat dan epididimis. Pada perempuan organisme ini menyebar pada vagina ke serviks dan tuba fallopi. Jika infeksi itu tidak dirawat, kerusakan yang diakibatkan pada tuba fallopi itu dapat mengganggu lewatnya sel telur sehingga menimbulkan kemandulan.



Sumber: alphaidaho.org

■ **Gambar 4.15**
Neisseria gonorrhoeae dapat juga menyerang mata

g. *Spirillum*

Dinding sel yang kaku pada spirillum menjadikannya berbentuk heliks. Mereka ini bersifat gram-negatif dan motil. Kebanyakan terdapat di sekitar air, baik air tawar maupun air asin. Akan tetapi, ada juga satu spesies yang sering dijumpai menghuni mulut manusia.

h. *Aktinomisetes*

Kebanyakan anggota dalam kelompok ini tumbuh seperti filamen-filamen yang tipis seperti kapang daripada sel-sel tunggal. Sehingga sejak lama diduga sebagai fungi (cendawan). Meskipun ada persamaan dalam hal pola pertumbuhannya, tetapi mereka bukanlah fungi. Fungi termasuk eukariota sedangkan Aktinomisetes adalah prokariota, dengan adanya perbedaan yang mendasar itu menunjukkan struktur sel serta biokimianya.

Aktinomisetes merupakan anggota yang dominan dari populasi mikroba di tanah. Di sini mereka berperan utama dalam penghancuran sampah organik. Banyak penghuni tanah merupakan sumber penting bagi antibiotik. Streptomisin, eritromisin kloramfenikol yang dijual sebagai "Chloromycetin", dan tetrasiklin dijual sebagai "Aureomycin" dan "tetramycin" adalah produk dari aktinomisetes.

Mycobacteria dan Corynebacteria merupakan kerabat dekat Aktinomisetes. Dua species mikrobakteri ini menyebabkan penyakit pada manusia yang serius dan kronis, yaitu Tuberkulose dan lepra. *Corynebacteria diphtheriae* menyebabkan penyakit difteri, sebagaimana pada tetanus, bahaya pada difteri bukan karena penyebaran bakteri tersebut ke dalam jaringan di tenggorokan, melainkan karena toksin yang dihasilkan. Toksin difteri mengeluarkan efek beracunnya dalam cara yang paling spesifik. Racun itu mengkatalisis inaktivasi suatu faktor yang penting bagi asam amino untuk ditambahkan kepada rantai polipeptida yang disintesis pada ribosom. Toksin difteri adalah suatu protein, gen struktural yang menyandikan untuk protein itu bukan merupakan milik bakteri tersebut, tetapi suatu bakteriofaga yang dapat menginfeksi bakteri tersebut dan bergabung dengan genomnya.

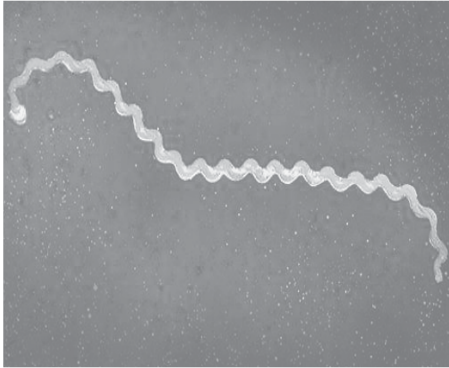
Toksin difteri dapat diperoleh dari biakan organisme, perlakuan dengan formaldehida mengubahnya menjadi toksoid yang tidak



■ Gambar 4.16
Corynebacteria diphtheriae

Sumber: visuals.unlimited.com

membahayakan. Imunisasi dengan toksoid difteri biasanya bergabung dengan toksoid tetanus dan preparat kuman batuk rejan yang dilemahkan dalam vaksin "tripel" menyebabkan penurunan besar dalam wabah penyakit.

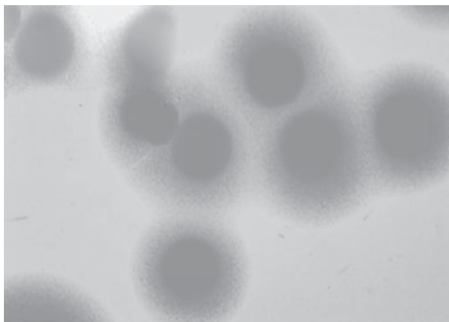


Sumber: plu.edu

■ Gambar 4.17
Spirochaeta

i *Spirochaeta*

Spirochaeta adalah bakteri yang panjang dan juga tipis, berbentuk pilinan yang panjangnya berkisar antara beberapa μm sampai 500 μm . Dinding selnya tidak sekaku dinding sel spirilla sehingga mereka dapat melengkung dengan mudah sekali walau beberapa *Spirochaeta* ada yang tidak berbahaya dan hidup dalam air tawar, tanah, atau tubuh hewan, tetapi ada juga yang parasit, misalnya *Spirochaeta* yang menyebabkan penyakit sifilis, yaitu penyakit kelamin yang menular.



Sumber: visualsunlimited.com

■ Gambar 4.18
Mycoplasma

j *Mycoplasma*

Mycoplasma adalah bakteri nonmotil yang kecil sekali tanpa dinding sel. Beberapa diantaranya hidup bebas, sedang yang lain hidup sebagai parasit pada tumbuhan, serangga dan hewan lain. *Mycoplasma* pertama yang ditemukan merupakan organisme yang menyebabkan suatu tipe pneumonia yang disebut pleuropneumonia pada hewan ternak. Anggota lain dari kelompok ini menyebabkan penyakit pada manusia yang dinamakan pneumonia atipikal primer.

Mycoplasma termasuk organisme soliter yang paling kecil pada prokariotik meskipun banyak yang demikian kecil (0,1 μm) untuk dapat dilihat di bawah mikroskop elektron, tetapi mereka mengandung segala sesuatu yang diperlukan untuk menjalankan semua aktifitas kehidupan.

k *Rickettsia* dan *Chlamydiae*

Rickettsia berlainan dengan *Mycoplasma* karena *Rickettsia* hampir seluruhnya adalah parasit intraseluler obligat. Hal ini berarti bahwa mereka dapat tumbuh dan berkembang biak hanya selama mereka ada di dalam sel inangnya, yaitu beberapa arthropoda tertentu

seperti caplak, tungau, kutu rambut, dan kutu anjing serta mamalia, mereka bergantung kepada sel inangnya agar disediakan koenzim seperti ATP.

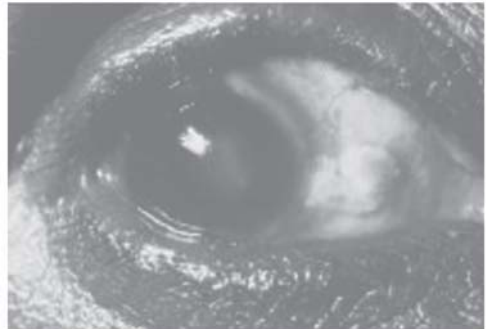
Demam tipus disebabkan Rickettsia yang ditularkan dari seseorang ke orang lain karena kebiasaan mengisap darah dari kutu tubuh. Demam bercak *Rocky Mountain Spotted Fever* disebabkan oleh Rickettsia yang ditularkan melalui gigitan caplak yang terinfeksi, untuk menanggulangi organisme ini dilakukan pengobatan dengan antibiotik.

Chlamydiae menyerupai Rickettsia dalam banyak hal. Mereka pun parasit sangat kecil, obligat intraseluler. Penyakit yang dapat ditimbulkan Rickettsia ini misalkan psittacosis atau "parrot fever" disebut juga demam burung kakak tua. Sebenarnya, bermacam-macam burung bahkan kadang-kadang manusia yang berfungsi sebagai inang organisme ini, sehingga nama omitsis sekarang lebih disukai. Chlamydiae juga menyebabkan trakhoma, merupakan infeksi mata yang amat sering mengakibatkan kebutaan permanen. Diperkirakan kini 400 juta orang menderita trakhoma dan 6 juta buta karenanya.

1 Bakteri peluncur

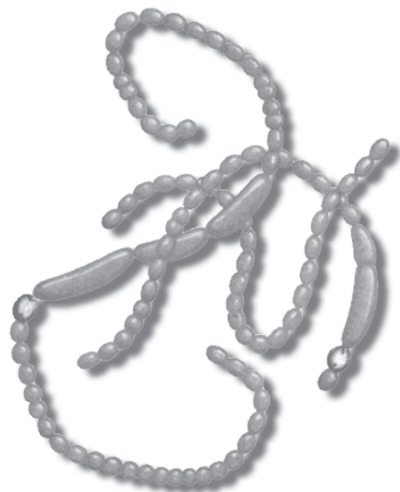
Prokariota ini dinamakan bakteri peluncur karena caranya berpindah tempat, meluncur di atas substratnya. Banyak spesies bakteri peluncur ini uniseluler, sedangkan yang lain membentuk filamen sel yang panjang. Sel-sel dalam filamen itu berbagi dinding yang sama.

Kebanyakan bakteri peluncur bersifat heterotrop, tetapi beberapa adalah kemoautotrop, yang dapat mengoksidasi H_2S untuk energi sebagaimana bakteri belerang kemoautotrof. Bakteri peluncur berfilamen, secara khusus sangat mirip dengan kelompok utama prokariota, yaitu ganggang hijau-biru. Persamaan itu begitu dekatnya, sehingga bakteri peluncur berfilamen ini dapat mewakili ganggang hijau-biru yang telah kehilangan kemampuannya untuk ber-fotosintesis.



Sumber : gg.rhul.ac.uk

■ Gambar 4.19
Mata yang terkena penyakit trakhoma



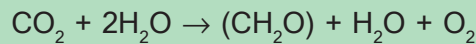
Sumber : botany.hawaii.edu

■ Gambar 4.20
Ganggang hijau biru

2. Alga hijau biru (Cyanophyta)

Sejak lama organisme ini disebut alga (ganggang) karena mereka hidup mirip dengan alga lainnya, dalam hal ini habitatnya dan dalam hal cara fotosintesisnya. Meskipun demikian, alga hijau-biru ini adalah prokariota, dengan demikian jauh lebih dekat kerabatnya dengan bakteri daripada dengan alga lainnya yang bersifat eukariotik. Untuk alasan inilah, para peneliti lebih menyukai pemakaian istilah cyanobacteria ("bakteri hijau-biru") untuk organisme itu.

Walaupun alga hijau-biru itu berfotosintesis dan bersifat prokariotik, mereka berbeda dengan bakteri fotosintetik dalam banyak hal penting. Klorofilnya ialah klorofil a, yaitu molekul yang sama dengan yang dijumpai pada tumbuhan dan algae lain, mereka mampu menggunakan air sebagai sumber elektron dan dengan mereduksi karbon dioksida menjadi karbohidrat. Reaksinya sebagai berikut:



Seperti halnya bakteri peluncur, alga hijau-biru terbungkus dalam dinding peptidoglikan yang dikelilingi selubung bergetah. Beberapa spesies bersel satu, beberapa tumbuh sebagai filamen dari sel-sel yang berhubungan. Sejumlah algae hijau biru berfilamen dapat mengikat nitrogen atmosfer. Hal ini dilakukan dalam heterosista, yaitu sel tak berwarna yang terdapat di antara sel-sel fotosintetik. Organisme inilah yang tumbuh subur bilamana unsur fosfat banyak terdapat di danau dan perairan lain yang airnya tawar. Ganggang hijau-biru yang mengikat nitrogen juga penting menjaga kesuburan padi.



Sumber: abdn.ac.uk

■ Gambar 4.21

Mata air panas di Yellowstone National Park

Beberapa spesies hidup subur di mata air panas *Yellowstone National Park* pada suhu yang cukup panas untuk merebus telur. Pita hitam yang terdapat pada karang di sepanjang tepi pantai pada saat air laut naik disebabkan oleh alga hijau-biru. Karena yang mereka perlukan untuk hidup adalah cahaya, udara (N_2 dan CO_2), air dan beberapa ion organik, maka kemampuannya yang tinggi untuk hidup di lokasi yang keras itu dapatlah dipahami, bahkan kalau kekurangan cairan pada saat pasang surut air laut, selubung gelatinnya dapat menjaganya dari kekeringan.

Selain klorofil dan beta-karoten, alga hijau-biru mengandung satu atau dua pigmen tambahan, yaitu pigmen biru yang disebut

fikosianin dan pigmen merah yang dinamakan fikoeritrin. Campuran sederhana klorofil dan fikosianin dan pigmen pada beberapa species memberikan warna hijau, tetapi species yang mengandung fikoeritrin tampak berwarna merah, ungu, coklat, atau bahkan hitam. Laut merah mendapat namanya karena alga hijau-biru berwarna merah yang terdapat di perairannya.

Di laut dangkal yang airnya hangat, hidup alga hijau-biru dan bakteri dalam koloni-koloni besar. Di sekitarnya terbentuk endapan mineral membentuk kolam-kolam dan bukit-bukit kecil berlapis-lapis yang disebut stromatolit. Stromatolit yang sangat tua ditemukan di formasi geologi di berbagai tempat di bumi. Umur stromatolit berkisar antara berjuta tahun sampai 3,5 milyar tahun. Fosil mikroskopik yang mirip dengan alga hijau biru berfilamen ditemukan dalam stromatolit yang berumur $2,3 \times 10^9$ tahun. Beberapa di antara fosil mikroskopik ini tersimpan dengan amat baiknya sehingga tampak heterosistanya. Jika stromatolit yang sangat tua itu dibentuk dengan cara yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa alga-hijau biru telah ada di bumi sejak $3,5 \times 10^9$ tahun yang lampau.



Sumber : naturamediterraneo.com

■ Gambar 4.22
Fosil cyanobacteria