







# Monera

## A. PENDAHULUAN




- ✎ Dalam klasifikasi lima kingdom R.H. Whittaker, semua organisme prokariotik digolongkan ke dalam Monera.
- ✎ Perkembangan selanjutnya, **Carl Woese** membagi Monera menjadi dua kingdom, yaitu **Eubacteria** dan **Archaeobacteria**.
- ✎ **Ciri-ciri umum** Monera:
  - 1) Mikroskopis.
  - 2) Uniselular.
  - 3) Prokariotik.
  - 4) Umumnya merupakan patogen.

## B. BAKTERI




- ✎ **Eubacteria** merupakan bakteri modern/sejati, yang kita ketahui sehari-hari sebagai **bakteri**.
- ✎ **Ukuran bakteri** sekitar 0,5-5,0  $\mu\text{m}$ , dengan bakteri terkecil adalah *Mycoplasma* (0,1  $\mu\text{m}$ ) dan bakteri terbesar adalah *Thiomargarita* (750  $\mu\text{m}$ )
- ✎ **Bentuk bakteri** terdiri atas:
  - 1) **Kokus** (bulat)

Nama	Jumlah	Contoh
 Monokokus	1	<i>Chlamydia trachomatis</i>
 Diplokokus	2	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>
 Tetrakokus	4	<i>Pediococcus cerevisiae</i>
 Sarkina	8	<i>Thiosarcina rosea</i>
 Streptokokus	banyak	<i>Streptococcus mutans</i>
 Stafilokokus	banyak	<i>Staphylococcus aureus</i>

### 2) **Basilus** (batang)

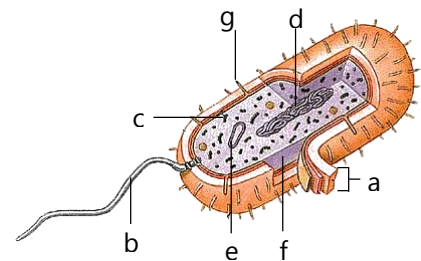
Nama	Jumlah	Contoh
 Monobasil	1	<i>Eschericia coli</i>
 Diplobasil	2	<i>Salmonella typhosa</i>
 Streptobasil	banyak	<i>Bacillus anthracis</i>

### 3) **Spirila** (spiral)

Nama	Bentuk	Contoh
 Spiral	ber-gelombang	<i>Thiospirillospis floridana</i>
 Spiroseta	sekrup	<i>Treponema pallidum</i>
 Vibrio	koma	<i>Vibrio cholerae</i>

## C. STRUKTUR SEL BAKTERI

- ✎ **Struktur sel bakteri umum:**



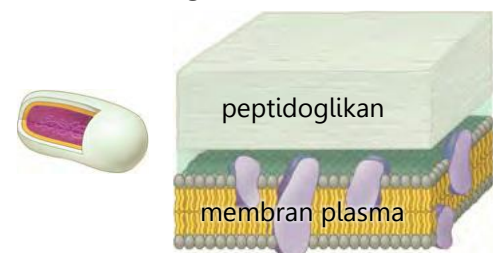
- a. Dinding sel dan kapsul,
- b. Flagel,
- c. Ribosom,
- d. Nukleoid,
- e. Plasmid,
- f. Sitoplasma,
- g. Pilli/fimbria,

- ✎ **Dinding sel** bakteri tersusun atas **peptidoglikan** yang terbentuk dari protein dan karbohidrat yang berfungsi sebagai pelindung dan pembentuk tubuh.

- ✎ **Dinding sel** terdiri dari dua jenis yang mengelompokkan Eubacteria menjadi dua:

- 1) **Bakteri gram-positif** (ungu/biru) dinding sel mengandung peptidoglikan tebal saja.

### Susunan dinding sel:

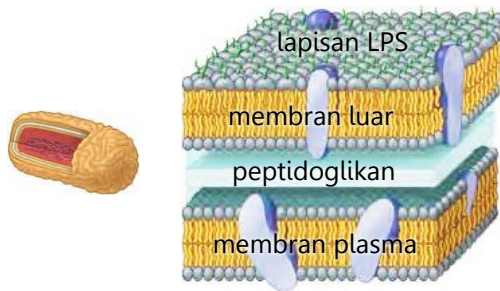


Bakteri gram-positif dapat dilengkapi kapsul yang terdiri dari polisakarida dan air.

Contoh bakteri gram-positif adalah *Clostridium sp* dan *Staphylococcus sp*.

- 2) **Bakteri gram-negatif** (merah), dinding sel mengandung peptidoglikan dan lapisan lipopolisakarida (LPS).

**Susunan dinding sel:**



Bakteri gram-negatif memiliki kapsul yang merupakan lapisan LPS. Kapsul bakteri gram-negatif bersifat patogen karena mengandung racun **endotoksin**.

Contoh bakteri gram-negatif adalah *Rhizobium sp* dan *Nitrosomonas*.

🔪 **Kapsul** adalah lapisan tambahan yang terdapat pada bakteri yang tersusun atas karbohidrat, protein, lemak atau lendir.

🔪 **Kapsul** berfungsi sebagai:

- 1) Pelindung bakteri dari benda asing.
- 2) Alat untuk melekatkan diri pada substrat atau sel bakteri lain.
- 3) Penghinda bakteri dari kekeringan.

🔪 **Penentuan gram bakteri** ditentukan menggunakan *gram staining*.

- 1) **Bakteri diberi warna crystal violet** (ungu)  
Pada gram-positif, warna terserap karena peptidoglikan tidak terlindungi lapisan lain.  
Pada gram-negatif, warna tidak terserap karena peptidoglikan terlindungi LPS.
- 2) **Bakteri dicuci dengan alkohol**  
LPS pada gram-negatif akan larut dalam alkohol karena terbuat dari lemak.
- 3) **Bakteri diberi pewarna safranin** (merah)  
Pada gram-positif, warna tidak terserap.  
Pada gram-negatif, warna terserap menjadi merah.

🔪 **Flagel** atau bulu cambuk merupakan struktur berupa mikrotubulus yang menonjol dari dinding sel. Flagel berfungsi sebagai alat gerak bakteri.

🔪 **Klasifikasi bakteri** berdasarkan keadaan flagelnya:

- 1) **Atrik** (tanpa flagel)



Pergerakannya dengan cara *gliding*, yaitu meluncur dengan lendir dalam bentuk kapsul.  
Contoh: Cyanobacteria.

- 2) **Monotrik**



Terdiri dari satu bulu cambuk di satu sisi.

Contoh: *Pseudomonas aerugmosa*.

- 3) **Lofotrik**



Terdiri dari banyak bulu cambuk di satu sisi.

Contoh: *Pseudomonas fluorescens*.

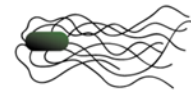
- 4) **Amfitrik**



Terdiri dari flagel di dua sisi yang berlawanan.

Contoh: *Spirillum serpens*.

- 5) **Peritrik**



Terdiri dari banyak flagel yang tersebar di seluruh tubuh.

Contoh: *Escherichia coli*, *Salmonella typhosa*.

nukleoid plasmid



🔪 **Nukleoid** adalah materi genetik DNA dan RNA bakteri yang tidak terbungkus yang bertindak sebagai inti sel yang mengatur kegiatan sel.

🔪 **Plasmid** adalah materi genetik tambahan selain nukleoid, dan berfungsi sebagai alat reproduksi dan resistensi terhadap antibiotik.

🔪 **Pilli/fimbria** adalah filamen halus yang menonjol ke luar yang berada di sekujur sel bakteri gram-negatif, dan berfungsi sebagai alat penghubung saat bakteri bereproduksi.

🔪 **Bagian-bagian sel bakteri lain:**

- 1) **Klorosom**

Adalah kloroplas pada bakteri yang mengandung pigmen fotosintesis. Klorosom terdapat pada bakteri fotoautotrof.

- 2) **Mesosom**

Adalah penonjolan dari membran sel ke arah sitoplasma, berfungsi sebagai penghasil energi pada bakteri.


- 3) **Badan inklusi**

Adalah organel tambahan yang menyimpan makanan untuk digunakan pada saat yang tidak menguntungkan.


Macam-macam badan inklusi:

- Granula penyimpanan**, berfungsi menyimpan cadangan makanan.
- Vakuola gas**, berfungsi mengatur pergerakan gas pada bakteri air untuk melakukan fotosintesis ke permukaan.


#### D. CARA HIDUP BAKTERI

 Berdasarkan cara memperoleh makanan, cara hidup bakteri antara lain:

- Bakteri autotrof**, bakteri yang mensintesis makanan sendiri.
  - Fotoautotrof**, adalah bakteri yang menggunakan energi cahaya dalam penyusunan bahan organik (fotosintesis). Pigmen fotosintesis antara lain bakterioviridin/bakterioklorofil (hijau) dan bakteriopurpurin (ungu).  
Contoh:
    - Thiocystis sp.* (hijau)
    - Chromatium sp.* (ungu)
  - Kemoautotrof/litoautotrof**, adalah bakteri yang menggunakan bahan anorganik dalam penyusunan bahan organik (kemosintesis).  
Contoh:
    - Gallionella* (mengubah  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ )
    - Hydrogenobacter* (mengubah  $\text{H}_2$  menjadi air)
    - Bakteri siklus nitrogen, misalnya *Anabaena*, *Rhizobium*, *Nostoc*, *Azotobacter*, *Nitrobacter*, dll.
- Bakteri heterotrof**, bakteri yang mengambil senyawa organik dari organisme lain.
  - Bakteri saprofit**, dekomposer (pengurai sisa makhluk hidup).  
Contoh:
    - Escherichia coli*
    - Mycobacterium* (pengurai sampah)
    - Methanobacterium omelanskii* (pengurai asam cuka)
    - Desulfovibrio* (pengurai sulfat)
    - Clostridium sporageus* (pengurai asam amino)
  - Bakteri parasit**, patogen (menjangkiti inang).  
Contoh:
    - Mycobacterium tuberculosis* (TBC)
    - Bacillus anthracis* (antraks), dll.


 Berdasarkan kebutuhan oksigen dalam respirasi, cara hidup bakteri antara lain:


- Bakteri aerob**, yaitu membutuhkan oksigen.  
Contoh: bakteri-bakteri siklus nitrogen.
- Bakteri anaerob**, yaitu tidak membutuhkan oksigen (fermentasi).
  - Anaerob obligat**, yaitu hanya dapat hidup tanpa oksigen (oksigen racun).  
Contoh: *Micrococcus denitrificans*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium tetani*.
  - Anaerob fakultatif**, yaitu dapat hidup dengan atau tanpa oksigen.  
Contoh: *Escherichia coli*, *Lactobacillus*.

 Dalam menjaga kelangsungan hidupnya, bakteri memiliki beberapa pertahanan:

- Kapsul**  
Berfungsi melindungi bakteri dari benda asing dengan menghasilkan endotoksin dan menghindarkan bakteri dari kekeringan.
- Plasmid**  
Berfungsi melindungi bakteri dari antibiotik dengan menghasilkan resistensi antibiotik.
- Enzim endonuklease restriksi**  
Berfungsi untuk memotong-motong DNA bakteriofage yang menginfeksi bakteri.
- Endospora**  
Adalah bentuk dorman/istirahat bakteri yang tahan kondisi ekstrim. Endospora terbentuk di dalam sel bakteri jika kondisi tidak menguntungkan.  
Endospora dapat dibentuk oleh bakteri gram-positif, seperti *Bacillus* dan *Clostridium*.

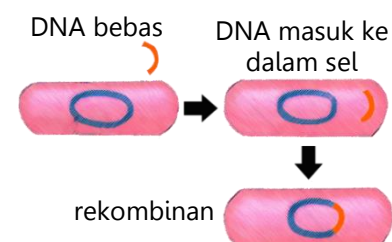
#### E. REPRODUKSI BAKTERI

 **Bakteri** dapat bereproduksi secara asexual dan seksual.

 **Reproduksi asexual** dilakukan dengan cara pembelahan biner, yaitu membelah diri menjadi dua sel baru.

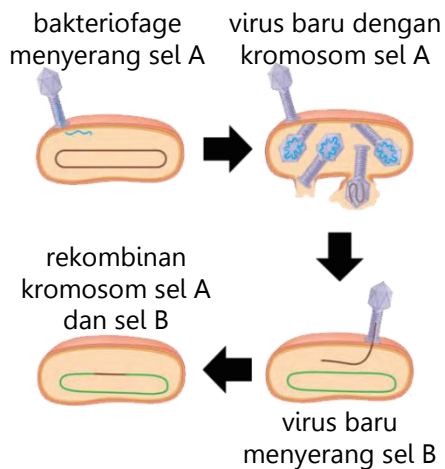
 **Reproduksi seksual** dilakukan dengan:

- Transformasi**, masuknya DNA bebas ke dalam sel bakteri.



Contoh bakteri yang melakukan: *Streptococcus pneumoniae*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Bacillus* dan *Rhizobium*.

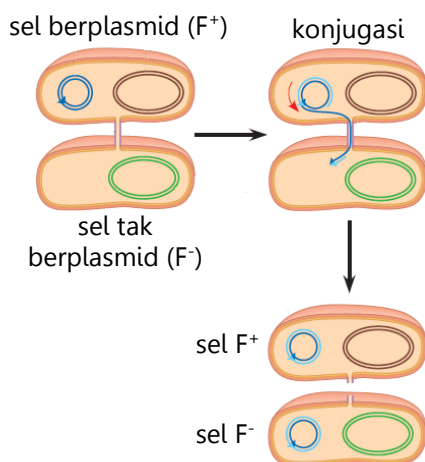
- 2) **Transduksi**, pemindahan materi genetik lewat perantara bakteriofage.



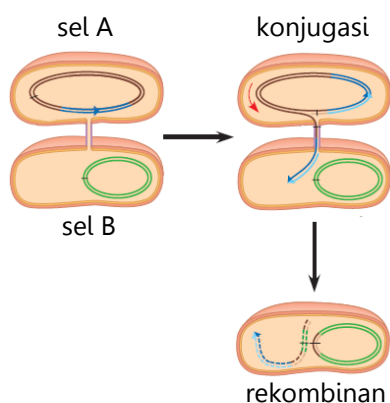
Contoh bakteri yang melakukan: *E. coli* dengan perantara bakteriofage  $\lambda$ .

- 3) **Konjugasi**, pemindahan atau pertukaran materi genetik secara langsung melalui kontak antarsel dengan pilus, umumnya terjadi pada bakteri gram-negatif.

#### Pemindahan plasmid



#### Rekombinasi



Contoh bakteri yang melakukan: *Rhizobium*, *E. coli*, dan *Agrobacterium*.

## F. KLASIFIKASI EUBACTERIA

**Eubacteria** terbagi menjadi beberapa filum:

### Gram-negatif

#### 1) Proteobacteria

Merupakan filum bakteri dengan anggota yang beragam jenisnya, namun berasal dari nenek moyang yang sama.

Kelas-kelas Proteobacteria:

##### a. Alphaproteobacteria

Contoh: *Methylobacterium*, *Rhizobium*, *Acetobacter*, *Rhodospirillum*.

##### b. Betaproteobacteria

Contoh: *Nitrosomonas*, *Neisseria*.

##### c. Gammaproteobacteria (parasit)

Contoh: *Salmonella thypii*, *Vibrio*, *E. coli*, *Legionella*, *Thiomargarita namibiensis*, *Enterobacteriaceae*.

##### d. Deltaproteobacteria

Contoh: *Myxobacteria*, *Chondromyces crocatus* (pemakan bakteri lain), *Desulfovibrio*.

##### e. Epsilonproteobacteria

Contoh: *Helicobacter*, *Campylobacter*.

##### f. Zetaproteobacteria (kemoautotrof)

Contoh: *Mariprofundus ferrooxidans*, *Galionella sp.*

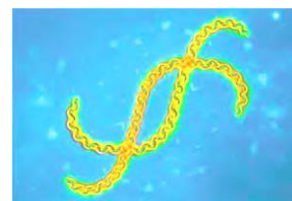
#### 2) Chlamydiae

Merupakan filum bakteri dengan ukuran **terkecil** (0,2 – 1,5  $\mu\text{m}$ ) dan hidup sebagai parasit.

Chlamydiae mengalami bentuk sebagai badan dasar (di luar tubuh inang) dan badan inisial (di dalam tubuh inang).

Contoh: *Chlamydia psittaci*, *Chlamydia trachomatis*.

#### 3) Spirochetes



Merupakan filum bakteri berbentuk **spiral** dan **kemoheterotrof anaerob**.

Spirochetes memiliki filamen aksial yang berfungsi untuk membuat gerakan berputar.

Contoh: *Treponema pallidum* (sifilis), *Leptospira interrogans* (leptospirosis).

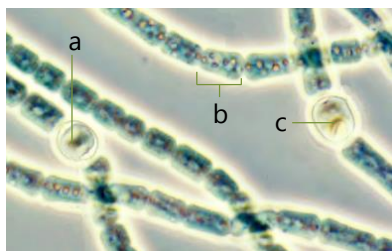


4) **Cyanobacteria** (ganggang biru-hijau)

Merupakan filum bakteri **fotoautotrof** yang sebelumnya digolongkan sebagai protista mirip tumbuhan (alga).

Cyanobacteria adalah fitoplankton air yang bergerak secara *gliding*.

Sel Cyanobacteria memiliki struktur seperti sel tumbuhan, namun prokariotik. Sel-sel tersebut bergabung membentuk struktur **filamen** yang disebut **hormogonium** atau **trikoma**.



Struktur filamen:

- Heterokista**, sel vegetatif untuk mengikat nitrogen.
- Baeosit**, sel vegetatif untuk fotosintesis.
- Akinet**, sel untuk pertahanan diri ketika lingkungan tidak bersahabat.

Macam-macam bentuk Cyanobacteria:

**Chroococcaceae**

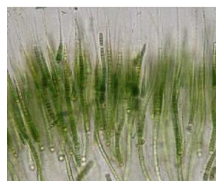
*Gloeocapsa magma*

**Nostocaceae**

*Anabaena* dan *Nostoc*

**Oscillatoriaceae**

*Oscillatoria* sp.

**Rivulariaceae**

*Rivularia*

Cyanobacteria bereproduksi dengan:

- Pembelahan biner**
- Fragmentasi**
- Pembentukan **akinet**
- Pembentukan **hormogonium**
- Pembentukan **hormokista**
- Pembentukan **spora**

**Gram-positif**

Contoh: *Streptomyces*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Mycoplasma*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Actinomycetes*, *Zymophilus* dan *Mycobacterium*.

**G. ARCHAEBACTERIA**

**Archaeobacteria** merupakan bakteri purba/kuno, karena Archaeobacteria ditemukan di daerah-daerah dengan kondisi ekstrim, mirip dengan kehidupan bumi purba.

**Perbedaan** Archaeobacteria dan Eubacteria:

Perbedaan	Archaeobacteria	Eubacteria
membran inti	prokariotik	prokariotik
dinding sel	pseudomurin	peptidoglikan
lipid membran plasma	hidrokarbon bercabang	hidrokarbon tak bercabang
RNA polimerase	banyak jenis	satu jenis
protein histon (penggulung DNA)	ada	tidak ada
respon antibiotik	pertumbuhan tidak terhambat	pertumbuhan terhambat

**H. KLASIFIKASI ARCHAEBACTERIA**

**Archaeobacteria** terbagi menjadi tiga filum:

1) **Methanogen**

**Methanogen** adalah bakteri yang menghasilkan metana dari gas hidrogen dan karbondioksida atau asam asetat, bersifat anaerob.

Habitat Methanogen ada di rawa, dan berperan sebagai dekomposer.

Contoh:

- Methanobacterium*
- Methanopyrus kandleri*
- Methanobrevibacter smithii*

2) **Halofil**

**Halofil** adalah bakteri yang hidup di daerah yang berkadar garam tinggi. Cairan sitoplasma pada bakteri ini sama dengan keadaan lingkungannya.

**Habitat** optimal halofil adalah pada lingkungan dengan kadar garam 2 M atau 10 kali lebih tinggi dari air laut.

Contoh: *Halobacterium*, *Haloferax*, *Halococcus*, *Haloterrigena*, *Haloarcula*.


3) **Termoasidofil** (termofil dan asidofil)

**Termoasidofil** adalah bakteri yang hidup di lingkungan panas dan asam ekstrim.

Habitat optimal termoasidofil adalah pada lingkungan bersuhu 50-80°C, pH <2.

Contoh: *Sulfolobus*, *Thermoplasma*, *Pyrococcus furiosus*, *Alicyclobacillus*.

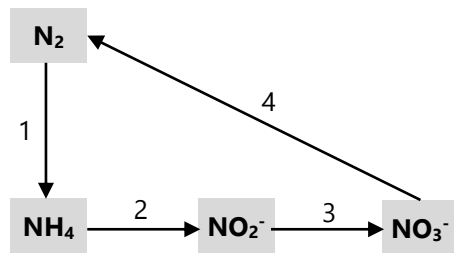
## I. PERANAN BAKTERI

 **Peranan bakteri** yang menguntungkan:

### Peranan di alam

Nama spesies	Peranan
<i>Eschericia coli</i>	pembusuk makanan pada usus besar
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	pengikatan nitrogen pada akar polong-polongan
<i>Nitrosomonas</i>	proses nitritasi
<i>Nitrosococcus</i>	
<i>Nitrobacter</i>	proses nitrifikasi
<i>Nitrococcus</i>	

### Siklus nitrogen:



- Amonifikasi dan fiksasi**, dibantu oleh:
  - Anabaena azollae* (pada tumbuhan *Azolla pinata*)
  - Anabaena cycadae* (pada tumbuhan *Cycas rumphii*)
  - Rhizobium radicycola* (pada akar tumbuhan)
  - Rhizobium legimonosorum* (pada akar polong-polongan)
  - Nostoc*
  - Azotobacter*
  - Clostridium*
- Nitritasi**, dibantu oleh *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus*.
- Nitrifikasi**, dibantu oleh *Nitrobacter* dan *Nitrococcus*.
- Denitrifikasi**, dilakukan oleh *Thiobacillus denitrificans*.

### Rekayasa genetika

Nama spesies	Peranan
<i>Eschericia coli</i>	pembuatan insulin
Bakteri <i>hyperthermophilic</i>	penggunaan enzim untuk rekayasa genetika
<i>Clostridium tetanii</i>	pembuatan serum tetanus
<i>Agrobacterium tumafuciens</i>	penghantar gen ke tumbuhan

### Antibiotik

Bakteri dapat dijadikan antibiotik untuk menekan pertumbuhan bakteri itu sendiri, melalui plasmid yang telah direkayasa.

#### Mekanisme kerja antibiotik:

- Kebocoran plasma, yaitu antibiotik mengganggu pembentuk dinding sel bakteri, sehingga sitoplasma keluar, dan bakteri mati.
- Penghambat pembelahan diri.

Nama spesies	Antibiotik
<i>Streptomyces griseus</i>	streptomisin
<i>Streptomyces venezuelae</i>	kloramfenikol
<i>Streptomyces aureofaciens</i>	aureomisin/tetrasiklin
<i>Bacillus polymyxa</i>	polimiksin

### Pembuatan makanan

Bakteri probiotik adalah bakteri baik yang merupakan bakteri asam laktat.

Bakteri ini biasanya ditambahkan ke dalam makanan karena sifatnya menguntungkan.

Nama spesies	Makanan
<i>Streptococcus thermophilus</i>	yogurt, mentega
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	
<i>Lactobacillus casei</i>	keju, yogurt, kefir, minuman probiotik
<i>Lactobacillus sp.</i>	asinan, terasi
<i>Acetobacter xylinum</i>	nata de coco
<i>Acetobacter sp.</i>	asam cuka
<i>Candida crusei</i>	coklat
<i>Pediococcus cereviceae</i>	sosis
<i>Pseudomonas sp.</i>	suplemen vitamin B

### Bioremediasi (pengelolaan lingkungan)

Nama spesies	Peranan
<i>Thiobacillus ferrooxidans</i>	pengurai bijih besi
<i>Mariprofundus ferrooxidans</i>	oksidator besi
<i>Xanthomonas campestris</i>	pengurai tumpahan hidrokarbon di air
<i>Methylococcus capsulatus</i>	pengurai plastik
<i>Bacillus thuringiensis</i>	pembuatan biopestisida
<i>Pasteuria penetrans</i>	

 **Peranan bakteri** yang merugikan:

### Pembusukan makanan dan minuman

Nama spesies	Pembusukan
<i>Flavobacterium</i>	telur
<i>Acromobacter</i>	telur, daging
<i>Alicyclobacillus</i>	sari buah/jus buah

<i>Erwinia amylovora</i>	buah
<i>Lactobacillus</i>	buah, sayur dan umbi
<i>Clostridium botulinum</i>	makanan kemasan
<i>Pseudomonas cocovenenans</i>	makanan berkelapa

<i>Leptospira interrogans</i>	leptospirosis
<i>Treponema pallidum</i>	sifilis
<i>Campylobacter</i>	inflamasi usus dan darah
<i>Helicobacter pylori</i>	ulkus lambung

### Patogen pada tumbuhan

Nama spesies	Tumbuhan
<i>Pseudomonas cattleya</i>	anggrek
<i>Pseudomonas solanacearum</i>	pisang dan terung-terungan
<i>Xanthomonas oryzae</i>	padi-padian
<i>Xanthomonas campestris</i>	kubis
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	tumor tumbuhan

### Patogen pada hewan

Nama spesies	Penyakit
<i>Bacillus anthracis</i>	antraks
<i>Mycobacterium bovis</i>	penyakit kaki dan kuku pada hewan
<i>Mycobacterium avium</i>	penyakit pada unggas
<i>Cytophaga columnaris</i>	penyakit pada ikan
<i>Actinomyces bovis</i>	bengkak rahang sapi
<i>Streptococcus agalactia</i>	mastitis pada sapi
<i>Brucella abortus</i>	brusellosis pada sapi

### Patogen pada manusia

Nama spesies	Penyakit
<i>Salmonella thyphosa</i>	tifus
<i>Vibrio cholerae</i>	kolera
<i>Treponema pallidum</i>	sifilis
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	gonorrhea
<i>Neisseria meningitidis</i>	meningitis
<i>Yersinia pestis</i>	pes
<i>Propionibacterium acnes</i>	jerawat
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	TBC
<i>Mycobacterium leprae</i>	lepra
<i>Chlamydia trachomatis</i>	mata
<i>Staphylococcus aureus</i>	radang paru-paru
<i>Diplococcus pneumoniae</i>	pneumonia
<i>Streptococcus mutans</i>	penyakit gigi dan gusi
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	difteri
<i>Clostridium tetani</i>	tetanus
<i>Shigella dysenteriae</i>	disentri