

# MIKROBIOLOGI

Buku ini mengkaji tentang Mikroorganisme yang mencakup tentang kehidupan mikroba di alam. Pengkajian meliputi ruang ingkup mikrobiologi, sejarah perkembangan mikrobiologi, struktur dan fungsi sel mikroba, nutrisi pertumbuhan mikroba, metabolisme mikroba, pengontrolan kehidupan mikroba, genetika mikroba, keanekaragaman mikroba, ekologi dan simbiosis mikroba. Seperti yang telah diketahui bahwa sebagian besar alam semesta mencakup kehidupan dan habitat mikroorganisme. Mikroorganisme merupakan makhluk hidup terkecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang dan hanya bisa dilihat dengan alat seperti mikroskop. Selain itu mikroorganisme sangat berperan penting dalam kehidupan organisme lain di alam seperti halnya dalam kehidupan manusia yakni diantaranya mikroba patogen penyebab penyakit dan mikroba sebagai bahan makanan fermentasi. Oleh karena itu buku ini ditulis untuk memberikan pengetahuan dasar kepada masyarakat dan utamanya mahasiswa/akademisi yang berkecimpung di bidang mikrobiologi sehingga dasar ilmu mikrobiologi dapat dijadikan sebagai dasar pemahaman dalam penerapan bidang mikrobiologi lainnya seperti mikrobiologi lingkungan, medis dan pangan.



PT Cahaya Rahmat Rahmani  
Jl. Kemuning Baru Komplek Ar Rahman  
CahayaRahmatRahmani@gmail.com

ISBN 978-623-88417-4-5



9 786238 841745

Rizki Amelia Nasution, M.Si

MIKROBIOLOGI

# MIKROBIOLOGI

Rizki Amelia Nasution, M.Si

# **Mikrobiologi**

# **Mikrobiologi**

**Rizki Amelia Nasution, M.Si**



**PT. Cahaya Rahmat  
Rahmani**

## **Mikrobiologi**

### **Penulis :**

Rizki Amelia Nasution, M.Si

**ISBN :** 978-623-88417-4-5

**IKAPI :** 064/SUT/2022

### **Penyunting :**

Zahratul Idami, M.Sc

### **Desain Sampul :**

Asy Ari Perdana Nasution, S.T

### **Redaksi :**

Jl. Kemuning Baru, Blok B, No. 38

Percut Sei Tuan 20371

Tel +6282164198713

Email : cahayarahmatrahmani@gmail.com

### **Penerbit :**

PT Cahaya Rahmat Rahmani

Jl. Kemuning Baru, Blok B, No. 38

Percut Sei Tuan 20371

Tel +6282164198713

Email : cahayarahmatrahmani@gmail.com

Web : <https://www.cahayarahmatrahmani.store>

Cetakan Pertama, April 2023

Hakcipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan  
cara apapun tanpa ijin dari penerbit

## **KATA PENGANTAR**

### **Bismillahirrahmanirrahim**

Alhamdulillah rabbil alamin, puji dan syukur yang sebesar-besarnya saya ucapkan kehadirat Allah SWT, atas nikmat dan karunia-Nya sehingga Buku Mikrobiologi edisi pertama ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang sangat mengharapkan safaatnya dihari pembalasan kelak. Buku ini dipersembahkan untuk menjadi bahan ajar dalam mata kuliah Mikrobiologi dan Mikrobiologi terapan, terutama untuk mahasiswa dalam memahami dasar-dasar mikrobiologi.

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan buku ini, serta pihak penerbit yang sudah membantu dan menerbitkan tulisan ini. Semoga buku ini bisa menjadi rujukan bagi masyarakat dan terutama akademisi dalam mempelajari ilmu tentang Mikroorganisme dan penerapannya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan serta kandungan isi buku. Karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun untuk terciptanya buku yang lebih baik lagi pada edisi berikutnya. Akhir kata penulis mengharapkan semoga kelak buku ini dapat bermanfaat dan menjadi amal jariyah sebagai nilai pahala sampai hari kiamat kelak. Aminn Ya Rabbal A'lamin

## SINOPSIS

Buku ini mengkaji tentang Mikroorganisme yang mencakup tentang kehidupan mikroba di alam. Pengkajian meliputi ruang lingkup mikrobiologi, sejarah perkembangan mikrobiologi, struktur dan fungsi sel mikroba, nutrisi pertumbuhan mikroba, metabolisme mikroba, pengontrolan kehidupan mikroba, genetika mikroba, keanekaragaman mikroba, ekologi dan simbiosis mikroba. Seperti yang telah diketahui bahwa sebagian besar alam semesta mencakup kehidupan dan habitat mikroorganisme. Mikroorganisme merupakan makhluk hidup terkecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang dan hanya bisa dilihat dengan alat seperti mikroskop. Selain itu mikroorganisme sangat berperan penting dalam kehidupan organisme lain di alam seperti halnya dalam kehidupan manusia yakni diantaranya mikroba patogen penyebab penyakit dan mikroba sebagai bahan makanan fermentasi. Oleh karena itu buku ini ditulis untuk memberikan pengetahuan dasar kepada masyarakat dan utamanya mahasiswa/akademisi yang berkecimpung di bidang mikrobiologi sehingga dasar ilmu mikrobiologi dapat dijadikan sebagai dasar pemahaman dalam penerapan bidang mikrobiologi lainnya seperti mikrobiologi lingkungan, medis dan pangan.

**Dibuat Untuk Buku Ajar**

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I 1</b>	
<b>RUANG LINGKUP MIKROBIOLOGI .....</b>	<b>1</b>
1.1 Pengertian Mikrobiologi .....	1
1.2 Sejarah Perkembangan Mikrobiologi.....	3
1.3 Mikroskop dan Struktur Mikroba.....	8
1.4 Peranan Mikrobiologi.....	10
1.5 Struktur dan Fungsi Sel Prokariotik.....	12
1.6 Struktur dan Fungsi Sel Eukariotik .....	21
1.7 Virus .....	22
<b>BAB II .....</b>	<b>26</b>
<b>PERTUMBUHAN MIKROBA .....</b>	<b>26</b>
2.1 Nutrisi Mikroba .....	26
2.2 Media Kultur Pertumbuhan Mikroba .....	38
2.3 Fase Pertumbuhan Mikroba .....	41
2.3.a Kurva Pertumbuhan Mikroba .....	42
2.3.b Pengukuran Pertumbuhan Mikroba .....	47
2.3.c Kultur Lanjutan Mikroba.....	53
2.3.d Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri .....	53
2.4 Kontrol Mikroorganisme.....	56
<b>BAB III.....</b>	<b>68</b>
<b>METABOLISME MIKROBA .....</b>	<b>68</b>
3.1 Pengertian Metabolisme .....	68
3.2 Katabolisme : Pelepasan dan Konversi Energi .....	73
3.3 Anabolisme : Pemanfaatan Energi dalam Biosintesis.....	85
<b>BAB IV .....</b>	<b>91</b>
<b>GENETIKA MIKROBA .....</b>	<b>91</b>
4.1 Gen : Struktur, Replikasi dan Ekspresi .....	91
4.2 Regulasi Ekspresi Gen .....	107



4.3 Mekanisme Variasi Genetik.....	108
4.4 Mutasi.....	108
4.5 Rekombinasi.....	112
4.6 Mekanisme Intraseluler Variasi Genetika .....	112
4.7 Genomik Mikroba .....	117
4.8 Bioteknologi dan Mikrobiologi Industri .....	120
<b>BAB V .....</b>	<b>123</b>
<b>KEANEKARAGAMAN MIKROBA .....</b>	<b>123</b>
5.1 Taksonomi Mikroba .....	123
<b>BAB VI.....</b>	<b>127</b>
<b>EKOLOGI DAN SIMBIOSIS MIKROBA.....</b>	<b>127</b>
6.1 Siklus Biogeokimia .....	127
6.2 Interaksi Mikroba .....	130
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>133</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Sel mikrobial. (a) Kultur Koloni Bioluminesens (light-emitting) bakteri Foto bacterium dalam cawan petri. (b) koloni tunggal terdiri dari lebih 10 juta ( $10^7$ ) sel. (c) SEM (Scanning Electron Micrograph) sel Fotobacterium.....	1
Gambar 1. 2 Replika Kuningan mikroskop <i>Leeuwenhoek</i> .....	4
Gambar 1. 3 Hasil Perlakuan Redi yang menyangkal teori generasi spontan dengan daging yang dibusukkan pada tiga botol kaca tanpa tutup dan dengan tutup yang berbeda. ....	5
Gambar 1. 4 <i>Robert Heinrich Herman Koch</i> dan saat mengamati specimen yang diteliti .....	6
Gambar 1. 5 Tahapan Postilat Koch.....	8
Gambar 1. 6 Mikroskop Binokuler .....	9
Gambar 1. 7 Bentuk sel bakteri: a)kokus berantai ( <i>Streptococcus agalactiae</i> ), b)kokus bergerombol ( <i>Staphylococcus aureus</i> ), c)Batang/basil berantai ( <i>Bacillus megaterium</i> ), d) Komma/batang membengkok ( <i>Vibrio cholerae</i> ), e) Spiral ( <i>Rhodospirillum rubrum</i> ), f) Spiroset ( <i>Leptospira interrogans</i> ), g) filamentus ( <i>Actinomyces</i> ), h) Archaeon persegi ( <i>Haloquadratum walsbyi</i> ), i) Hifa berkepala ( <i>Hyphomicrobium</i> ).....	10
Gambar 1. 8 Struktur Morfologi sel Prokariotik .....	15
Gambar 1. 9 Struktur membran bakteri model mosaik fluida .....	15
Gambar 1.10 Struktur Sterol (Lipid dengan kandungan steroid) pada membran plasma .....	16
Gambar 1. 11 Ilustrasi perbedaan antara lipid archaea dan Sebagian besar bakteri. Lipid archaea merupakan turunan dari isoprenil gliserol eter sedangkan bakteri merupakan turunan dari asam lemak gliserol ester. A. Fosfolipid Bakteri atau eukariotik dan B Fosfolipid Archaea.....	17
Gambar 1. 12 Perbedaan struktu dinding sel pada (a) Bakteri gram Positif dan (b) Gram Negatif .....	18
Gambar 1. 13 Urutan struktur unit peptidoglikan.....	18

Gambar 1. 14 Struktur peptidoglikan Bakteri <i>E.Coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> .....	19
Gambar 1. 15 Struktur sel mikroba eukariotik yaitu fungi dan flagella..	22
Gambar 1. 16 Bentuk virus yang menginfeksi inang .....	24
Gambar 1. 17 Siklus hidup atau reproduksi virus pada sel inang .....	25
Gambar 2. 1 (a) Sebuah membran memiliki pori-pori yang memungkinkan lewatnya air tetapi tidak molekul terlarut besar dari satu sisi ke sisi lain. Penempatan membran ini di antara larutan dengan konsentrasi zat terlarut yang berbeda (X kurang pekat dan Y lebih pekat) menghasilkan gradien difusi untuk air. Molekul air mengalami difusi dan bergerak melintasi pori-pori membran di kedua arah. Karena ada lebih banyak air dalam larutan X, peluang molekul air untuk berhasil menabrak dan melewati pori lebih besar untuk X daripada untuk Y. Hasilnya adalah pergerakan bersih air dari X ke Y. (b) Ketinggian larutan pada sisi Y meningkat ketika air terus berdifusi. Proses ini akan berlanjut hingga terjadi kesetimbangan dan laju difusi air sama pada kedua sisi.....	33
Gambar 2. 2 Difusi terfasilitasi dan transpor aktif; dalam difusi terfasilitasi, zat dapat bergerak melintasi membran plasma dengan mengikat protein transpor. Tidak diperlukan input energi, tetapi difusi hanya dapat terjadi dari area dengan konsentrasi tinggi ke area dengan konsentrasi rendah. ....	34
Gambar 2. 3 Tranpor Aktif. ....	36
Gambar 2. 4 Endositosis (fagositosis dan pinositosis). ....	37
Gambar 2. 5 Koloni Bakteri Pada Media Kompleks. ....	40
Gambar 2. 6 Pembelahan Biner. (a) Tahapan pembelahan biner dalam sel bakteri, (b) Nukleoid sel bakteri, (c) bagian bakteri <i>Staphylococcus</i> , yang mengalami pembelahan biner. ....	42
Gambar 2. 7 Kurva Pertumbuhan Mikroba Pada Kultur Batch atau Sistem Tertutup. ....	42
Gambar 2. 8 Menghitung koloni. (a) Menggunakan penghitung koloni bakteri. (b) Koloni bakteri dilihat melalui kaca pembesar	

	terhadap kisi penghitung koloni. (c) Koloni bakteri pada cawan petri yang akan dihitung.....	47
Gambar 2. 9	Estimasi jumlah sel total dengan pengukuran mikroskopis langsung (Kamar hitung Petroff–Hauser) .....	48
Gambar 2. 10	Pengukuran Kekeruhan dan Massa Mikroba. ....	49
Gambar 2.11	Uji MPN.....	50
Gambar 2. 12	Prosedur Filtrasi Membran. ....	52
Gambar 2. 13	Koloni pada Filter Membran. ....	52
Gambar 2. 14	<i>A Laminar Flow Biological Safety Cabinet</i> . a) Teknisi memipet bahan yang berpotensi berbahaya di lemari pengaman. (b) Diagram skematik yang menunjukkan pola aliran udara. ....	62
Gambar 3. 1	Metabolisme, Katabolisme dan Anabolsime. ....	68
Gambar 3.2	Biosintesis asam lemak .....	89
Gambar 4.1	Struktur DNA.....	91
Gambar 4. 2	Garpu Replikasi Pada Proses Replikasi DNA.....	94
Gambar 4. 3	Replikasi DNA (a) Pemisahan dan replikasi untai DNA dimulai pada garpu replikasi pada setiap untai. Saat sintesis berlangsung, setiap untai DNA berfungsi sebagai cetakan untuk replikasi pasangannya. Sintesis DNA baru hanya dapat berlangsung dalam satu arah, prosesnya harus terputus-putus sepanjang satu untai. Segmen pendek dibentuk dan kemudian disambung bersama seperti yang ditunjukkan panah. (b) Saat 2 garpu replikasi bertemu, 2 kromosom baru terlepas, masing-masing terbuat dari 1 untai lama dan 1 untai baru, yaitu contoh replikasi semikonservatif. Setiap sel baru dapat mengalami replikasi berikutnya. ....	95
Gambar 4.4	Replikasi DNA pada eukariota. Banyak gelembung replikasi berkembang secara bersamaan; meluas ke arah satu sama lain dan akhirnya bergabung. Panah menunjukkan arah garpu replikasi. ....	96
Gambar 4.5	Transfer informasi dari DNA ke protein.....	96
Gambar 4.6	Transkripsi RNA dari template DNA. ....	98

Gambar 4.7	Gen Eukariotik berbeda dalam kompleksitas dari gen prokariotik. Urutan kode DNA yang disebut ekson (E) bergantian dengan urutan non-kode yang disebut intron (I). Setelah keduanya ditranskripsi menjadi RNA, intron dihilangkan, hanya menyisakan ekson yang disambung bersama untuk memasuki sitoplasma. ....	99
Gambar 4.8	Ketiga jenis RNA dan fungsinya dalam sintesis protein...	101
Gambar 4.9	Kode Genetika. Selain metionin dan triptofan, semua asam amino dapat dikodekan oleh lebih dari satu kodon triplet (untuk beberapa, misalnya leusin, mungkin ada sebanyak enam). Kode demikian dikatakan merosot. Tiga dari urutan triplet adalah kodon 'stop', dan mewakili titik di mana terjemahan pesan mRNA harus diakhiri. Translasi selalu dimulai pada kodon AUG, artinya protein yang baru disintesis selalu dimulai dengan residu metionin.....	102
Gambar 4.10	Translasi RNA.....	103
Gambar 4.11	Hipotesis Wobble. (Kodon AGC dan AGU masing-masing mengkode serin asam amino. Keduanya dapat 'dibaca' oleh antikodon tRNA yang sama karena pasangan non-standar yang diizinkan di basis akhir kodon).....	104
Gambar 4.12	Translasi. Pembentukan kompleks inisiasi. Subunit ribosom kecil (30S) berikatan dengan urutan Shine-Dalgarno, dan tRNA inisiator formilmetionin menempel pada kodon AUG tepat di hilir. Subunit ribosom besar kemudian menempel dalam proses yang membutuhkan energi dari GTP, dan faktor inisiasi dilepaskan. ....	105
Gambar 4.13	Translasi. Elongasi rantai peptida. (a) Transfer RNA memasuki sisi A, membawa asam amino yang sesuai dengan triplet berikutnya pada mRNA (serin pada diagram). (b) Peptidyl transferase menghilangkan formilmetionin dari tRNA-nya dan menggabungkannya dengan asam amino kedua. (c) Ribosom bergerak di sepanjang mRNA dengan satu triplet, mendorong tRNA	

	pertama yang tidak bermuatan ke sisi-E, dan membebaskan sisi-A untuk masuk ke tRNA berikutnya. ....	106
Gambar 4.14	Transformasi DNA .....	113
Gambar 4.15	Transduksi urutan DNA kromosom (a) dan plasmid (b). ..	114
Gambar 4.16	Proses replikasi plasmid konjugatif. (a) Konjugasi: hubungan antara dua sel bakteri melalui pili seks. Langkah awal ini saja tidak selalu mengarah pada konjugasi yang efektif. (b) Konjugasi efektif: pembentukan jembatan konjugal spesifik antara sel donor dan sel reseptor. (c) Mobilisasi dan transfer plasmid: endonuklease membelah satu untai heliks ganda DNA sirkular pada titik tertentu (b). Untai tunggal dengan "wilayah pemimpin" memasuki sel reseptor. (d) Sintesis: struktur beruntai ganda dari untai tunggal yang ditransfer dan untai DNA yang tersisa dipulihkan melalui sintesis DNA komplementer. Sel reseptor, sekarang plasmid-positif, disebut transkonjugan. ....	115
Gambar 5.1	Contoh Pohon filogenetik (a: pohon tidak berakar menggabungkan 4 unit taksonomik, b: poho berakar). ..	125
Gambar 6.1	Siklus Karbon Carbon, fiksasi karbon terjadi melalui aktivitas mikroorganisme fotoautotrof dan kemoautotrof. ....	127
Gambar 6. 2	Siklus Nitrogen.....	128
Gambar 6.3	Siklus fosfor, tanaman dan mikroba dengan cepat mengubah fosfor dalam bentuk anorganik menjadi bentuk organik. ....	128
Gambar 6.4	Siklus Sulfur yang menggambarkan kontribusi mikroorganisme fotosintesis dan kemosintesis pada lingkungan.....	129
Gambar 6.5	Siklus Fe merupakan salah satu contoh sederhana yang menggambarkan suatu kontribusi dalam proses reduksi dan oksidasi. ....	129

Gambar 6.6 Ilustrasi siklus mangan pada Kawasan danau. Mikroorganisme memberi kontribusi yang sangat penting dalam siklus mangan. .... 130

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Postulat Koch.....	6
Tabel 1. 2 Kesamaan dan Perbedaan Sel Prokariotik dan Eukariotik.....	12
Tabel 2. 1 Unsur-unsur Nutrisi Mikroba.....	27
Tabel 2. 2 Jenis Nutrisi Utama Mikroorganism.....	29
Tabel 2. 3 Nutrisi sebagai prekursor Faktor Pertumbuhan Mikroba.....	31
Tabel 2. 4 Ragam Waktu Generasi Mikroba.....	45
Tabel 2. 5 Faktor Pertumbuhan Bakteri.....	53
Tabel 2. 6 Penggunaan Agen Kimia dalam Pengendalian Pertumbuhan Mikroba.....	63
Tabel 3. 1 Bakteri-bakteri <i>Chemoautotrophic</i> .....	85
Tabel 3. 2 Hipotesis <i>wobble</i> .....	104
Tabel 4. 1 Properti dari Berbagai Jenis RNA.....	99
Tabel 4. 2 Hipotesis <i>wobble</i> .....	104
Tabel 4. 3 Mutagen dan Efeknya Terhadap Mikroorganism.....	109
Tabel 4. 4 Jenis Mutasi dan Pengaruhnya Terhadap Mikroorganism.....	110

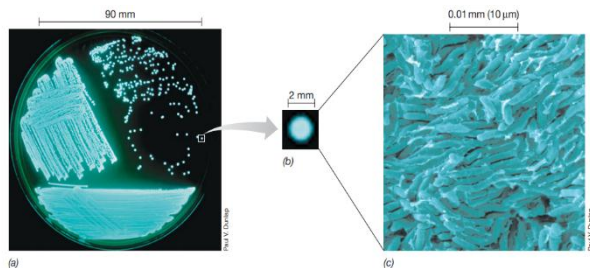


# BAB I

## RUANG LINGKUP MIKROBIOLOGI

### 1.1 Pengertian Mikrobiologi

Mikrobiologi sering didefinisikan sebagai cabang ilmu biologi yang mempelajari organisme terkecil dan hanya dapat dilihat dengan alat pembesar seperti mikroskop, sehingga dapat disimpulkan mikrobiologi studi tentang mikroorganisme. Mikroorganisme atau disebut juga mikroba yang hidup disetiap sisi bumi dan berperan penting dalam ekosistem. Mikroba adalah salah satu penyebab penyakit mematikan bagi manusia, tetapi mikroba juga berperan dalam bahan dasar pada proses di beberapa industri. Mikrobiologi mencakup tentang sel mikroba dan bagaimana mikroba hidup, seperti bakteri yang termasuk kelompok sel yang sangat kecil dengan jumlah yang sangat banyak (Gambar 1.1).



**Gambar 1. 1** Sel mikrobia. (a) Kultur Koloni Bioluminesens (light-emitting) bakteri Foto bacterium dalam cawan petri. (b) koloni tunggal terdiri dari lebih 10 juta ( $10^7$ ) sel. (c) SEM (Scanning Electron Micrograph) sel Fotobacterium

Meskipun mikroorganisme merupakan makhluk hidup terkecil di bumi, hidup secara berkelompok sehingga membentuk biomassa di muka bumi dan sangat berkontribusi dalam proses reaksi kimia terhadap organisme tingkat tinggi. Tanpa keberadaan mikroorganisme organisme eukariotik

tidak akan berkembang dan bertahan hidup saat sekarang. Seperti pada miliaran tahun yang lalu diawali oksigenasi oleh *Cyanobacteria*, sehingga oksigen yang dihirup organisme lain merupakan hasil dari aktivitas mikroba. Selain itu, kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan sangat bergantung dengan aktivitas mikroba dalam mendaur ulang nutrisi penting dan mendegradasi bahan organik. Maka dapat disimpulkan bahwa mikroorganisme tidak kalah penting dari kehidupan di bumi.

Keberadaan mikroorganisme terjadi miliaran tahun sebelum tumbuhan dan hewan muncul di bumi, dan akan kita lihat di masa yang akan datang keragaman genetik dan fisiologi mikroorganisme akan melebihi dari tumbuhan dan hewan. Keragaman yang banyak ini akan mendukung beberapa sifat mikroorganisme yang menakjubkan. Sebagai contoh kita akan melihat bagaimana kemampuan fisiologi mikroorganisme dalam kondisi lingkungan yang mengancam kelangsungan hidupnya, dengan berbagai macam reaksi kimia sebagai awal pertahanan hidup di bumi. Dan pada akhirnya dapat dijelaskan bagaimana terbentuknya hubungan antara mikroorganisme dengan organisme lain baik itu menguntungkan maupun merugikan. Dari pernyataan tersebut maka para ilmuwan mampu menunjukkan kemajuan pengetahuan terkait mikrobiologi.

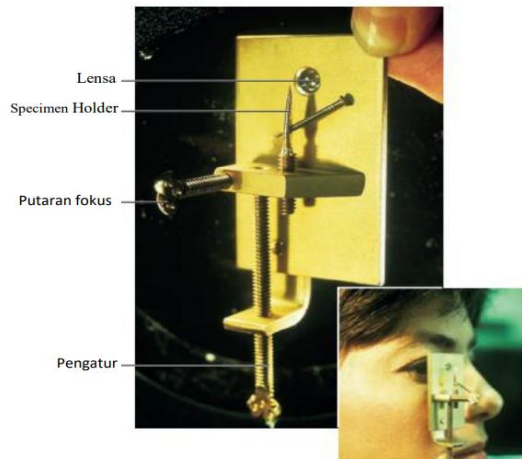
Mikrobiologi mencakup aspek dasar dan terapan. Aspek dasar merupakan kajian tentang kehidupan mikroorganisme itu sendiri, sedangkan aspek terapan adalah terkait pengaplikasian dan peranan pada berbagai permasalahan pada kehidupan seperti penyakit, air, pengolahan air limbah, pangan, dan industri. Kedua aspek ini saling terkait, sebagai dasar penelitian penting dalam berbagai bidang terapan. Seperti halnya mikrobiologi medik, agroteknologi, Immunologi, mikrobiologi pangan dan bidang ilmu terapan lainnya. Pengetahuan dasar mikrobiologi untuk mendalami bidang terapan yang lain maka penting

memahami dan menguasai beberapa aspek dasar antara lain metabolisme mikroba, keanekaragaman mikroba, ekologi mikroba dan genetika mikroba.

## **1.2 Sejarah Perkembangan Mikrobiologi**

### ***Antony van Leeuwenhoek***

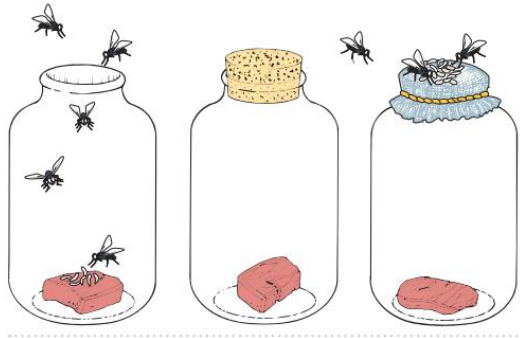
Sebelum muncul istilah mikroorganisme, beberapa peneliti menduga bahwa penyebab munculnya berbagai penyakit akibat keberadaan mikroorganisme. Diantaranya Roman philosopher Lecretius (sekitar 98-55 SM) dan Girolamo Fracastoro (1478-1553) beranggapan bahwa penyakit disebabkan oleh makhluk hidup yang tidak terlihat. Pengamatan secara mikroskopis pada lebah dan kumbang awalnya telah dilakukan antara tahun 1625 dan 1630 oleh Francesco Stelluti berkebangsaan Itali, dengan kemungkinan menggunakan mikroskop yang disediakan oleh Galileo. Pada tahun 1665 pertama sekali mikroorganisme digambarkan dan diperkenalkan pada *Micrographia Robert Hooke*. Bagaimanapun, *Antony van Leeuwenhoek* (1632-1723) seorang penjual kain berkebangsaan Belanda adalah orang pertama mengembangkan lensa pengamat mikroba dan telah berhasil mengamati mikroorganisme atau organisme tunggal menggunakan mikroskop replika kuningan/mikroskop sederhana pada tahun 1675. Mikroskop tersebut mampu memperbesar sekitar 50 sampai 300 kali, dan mampu menyinari spesimen cair yang diletakkan diantara dua bagian kaca dengan sudut  $45^{\circ}$  terhadap bidang sepesimen (gambar 1.2). Pada awal 1673 leeuwenhoek mengirim surat ke Royal Society London, yang berisi penjelasan tentang kejelasan penemuannya bahwa dia telah melihat prokariota dan protozoa.



**Gambar 1. 2 Replika Kuningan mikroskop *Leeuwenhoek***

### ***Teori Generasi Spontan***

Teori generasi spontan menjelaskan bahwa kehidupan organisme berasal dari benda mati secara spontan, dimana teori ini pertama sekali dikemukakan oleh Aristoteles (384-322 SM) berdasarkan dari salah satu hasil pengamatannya pada invertebrata yang muncul dari tanah. Kemudian teori ini dibantah oleh ilmuwan dari itali yaitu Fransesco Redi (1626-16970) dengan percobaan pada proses pembusukan daging yang terlihat bahwa belatung muncul secara spontan pada salah satu dari tiga botol kaca hasil perlakuannya. Bagaimanapun dari hasil temuannya masih menjadi pertimbangan, karena pada dua botol kaca lainnya menunjukkan belatung muncul tidak secara spontan (Gambar 1.3).



**Gambar 1. 3** Hasil Perlakuan Redi yang menyangkal teori generasi spontan dengan daging yang dibusukkan pada tiga botol kaca tanpa tutup dan dengan tutup yang berbeda.

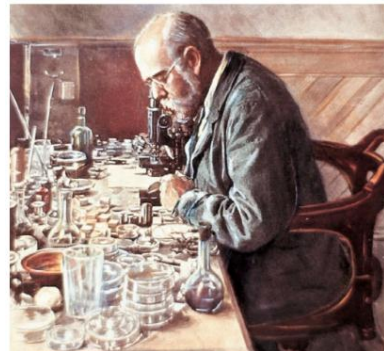
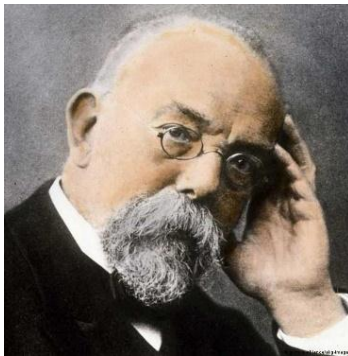
### ***Louis Pasteur***

Masa keemasan mikrobiologi pada pencapaian selama 60 Tahun (1857-1914), berbagai penyakit yang disebabkan oleh mikroba telah ditemukan, langkah-langkah yang luarbiasa terkait pemahaman metabolisme mikroba, beberapa diantaranya berupa teknik isolasi dan karakterisasi mikroba telah berhasil dikembangkan. Ilmuan juga telah mengidentifikasi peran imunitas pada pencegahan penyakit dan pengontrolan mikroba, pengembangan vaksin, serta memperkenalkan teknik untuk mencegah infeksi selama operasi. Selain itu Louis Pasteur juga orang pertama menemukan vaksin rabies.

### ***Robert Koch***

Robert Koch (1843-1910) adalah seorang fisikawan German yang pertama sekali mendemonstrasikan langsung peran bakteri sebagai penyebab penyakit yang berawal dari penelusurannya terkait antraks. Antraks adalah penyakit yang sangat ditakuti di Eropa pada masa itu karena bisa mengakibatkan kematian pada manusia. Dugaan banyak

orang telah membuat Koch penasaran dan tidak puas dengan penjelasan orang, sehingga dia mulai meneliti tentang antraks. Penelitian berhasil menemukan bakteri antraks yang membentuk spora dan bertahan dalam jangka waktu yang lama pada lingkungan berbeda.



**Gambar 1. 4** Robert Heinrich Herman Koch dan saat mengamati specimen yang diteliti

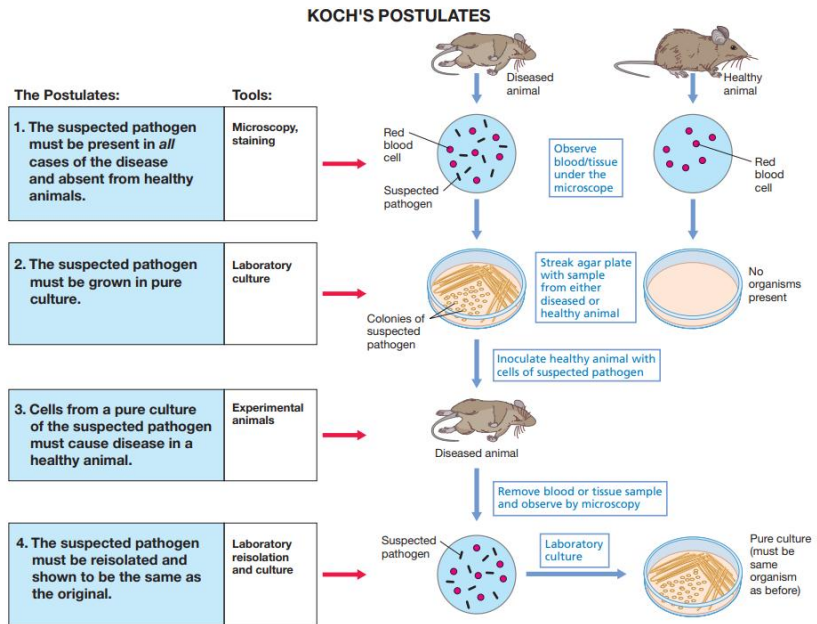
### ***Penomena Koch***

**Tabel 1. 1 Postulat Koch**

Aplikasi Postulat Koch yang Menunjukkan <i>Mycobacterium tuberculosis</i> Adalah Agen Penyebab Tuberkulosis	
Postulat	Eksperimen
1. Mikroorganisme semestinya ada pada setiap kasus organisme yang sakit dan tidak pada organisme yang sehat	Koch mengembangkan Teknik pewarnaan untuk mengamati jaringan manusia. Sel <i>M. tuberculosis</i> dapat diidentifikasi pada jaringan yang sakit
2. Mikroorganisme yang diyakini sebagai penyebab harus diisolasi dan	Koch berhasil menumbuhkan <i>M.tuberculosis</i> pada kultur murni atau serum darah padat

ditumbuhkan pada kultur murni	
3. Saat isolat mikroorganisme diinokulasikan pada inang yang sehat maka semestinya jenis penyakit sama dengan yang sebelumnya	Koch menginjeksikan <i>M.tuberculosis</i> dari kultur murni pada seekor babi dan akhirnya babi mati akibat tuberculosis
4. Mikroorganisme seharusnya sama dengan isolat dari inang yang sakit	Koch mengisolasi <i>M.tuberculosis</i> dari babi yang mati dan bisa dikultur Kembali pada kultur murni yang mengandung serum darah koagulan.

Berawal dari penemuan koch pada tahun 1876 dimana dalam darah hewan sakit berhasil diisolasi bakteri patogen penyebab penyakit antraks. Melalui penelitian tersebut maka dibentuklah istilah “postulat Koch” yang merupakan tahapan pembuktian yakni munculnya penyakit disebabkan oleh mikroba. Adapun tahapan pembuktian dapat ditunjukkan pada tabel 1.1 dan gambar 1.5.

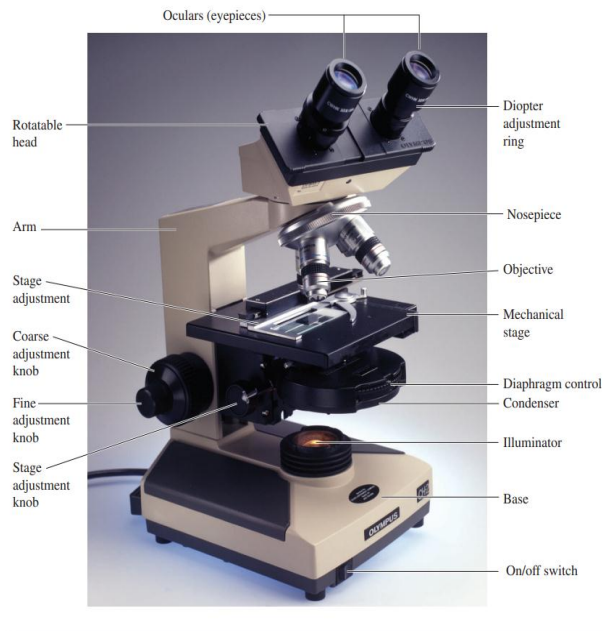


**Gambar 1. 5 Tahapan Postilat Koch**

### 1.3 Mikroskop dan Struktur Mikroba

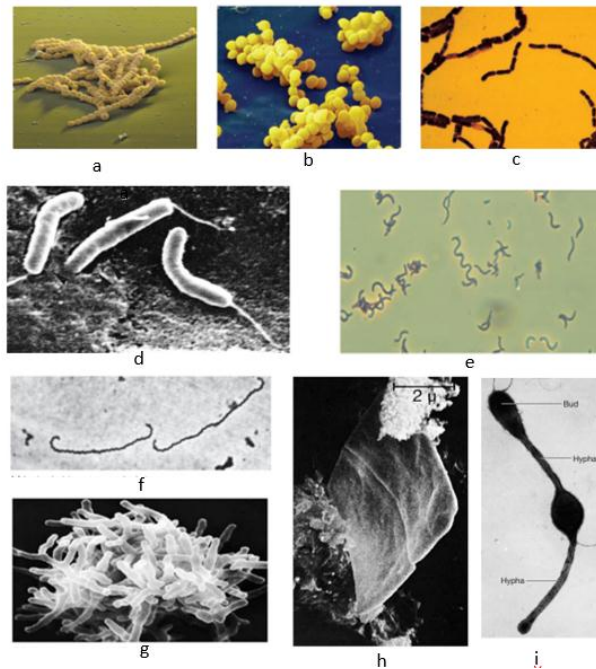
Ahli mikrobiologi saat ini lebih banyak menggunakan mikroskop cahaya dengan berbagai tipe untuk mengamati spesimen mereka, salah satu diantaranya adalah mikroskop binokuler yang dapat dilihat pada gambar 1.6. Mikroskop dengan tipe perbesaran pada lensa objektif yakni 10x, 40x dan 100x perbesaran. Adapun perbesaran lensa okuler adalah 10x, sehingga untuk menentukan perbesaran spesimennya adalah misalkan 45 kali untuk 10x perbesaran pada lensa okuler dan 4,5x perbesaran pada lensa objektif.





**Gambar 1. 6** Mikroskop Binokuler

Setelah ditemukan berbagai jenis mikroskop dengan kemampuan semakin berkualitas pula pengamatan struktur mikroorganisme, seperti yang terlihat pada pewarnaan bakteri di bawah mikroskop binokuler yang secara umum digunakan dalam laboratorium mikrobiologi untuk mahasiswa sarjana. Dalam hal ini dapat dilihat struktur mikroba pada gambar 1.7.



**Gambar 1. 7 Bentuk sel bakteri:** a)kokus berantai (*Streptococcus agalactiae*), b)kokus bergerombol (*Staphylococcus aureus*), c)Batang/basil berantai (*Bacillus megaterium*), d) Komma/batang membengkok (*Vibrio cholerae*), e) Spiral (*Rhodospirillum rubrum*), f) Spiroset (*Leptospira interrogans*), g) filamentus (*Actinomyces*), h) Archaeon persegi (*Haloquadratum walsbyi*), i) Hifa berkepala (*Hyphomicrobium*).

#### 1.4 Peranan Mikrobiologi

Mengapa penting mempelajari mikrobiologi? Alasan utama adalah bahwa mikroorganisme merupakan bagian terbesar di lingkungan yang berperan terhadap Kesehatan manusia. Mikroorganisme juga berperan dalam sistem kehidupan organisme lain di muka Bumi. Ada tiga alasan kenapa meneliti dengan menggunakan khususnya mikroorganisme, yaitu:

1. Berbeda dengan organisme lain, dimana mikroorganisme memiliki struktur yang relatif sangat sederhana sehingga memudahkan untuk mempelajari bagaimana proses hidupnya.
2. Jumlah yang sangat banyak sehingga dapat digunakan untuk bahan eksperimen, dan
3. Mikroorganisme berkembangbiak dengan sangat cepat, seperti beberapa sel bakteri dapat tiga kali membelah diri dalam waktu satu jam.

Maka dengan 3 alasan di atas dengan mempelajari mikrobiologi banyak kemajuan yang sangat pesat di bidang ilmu pengetahuan yang lain diantaranya:

1. Pangan, penggunaan mikroba pada pembuatan anggur dan roti dari mikroba jenis khamir. Pembuatan yogurt dan kefir dengan memanfaatkan bakteri asam laktat.
2. Farmasi dan Kesehatan; mikroorganisme dijadikan sebagai antibiotik, mikroorganisme sebagai alat utama genetika engineering, beberapa mikroorganisme mampu menghasilkan produk penting untuk manusia seperti interferon dan hormon. Seperti seorang ahli Bernama *Varro* berkebangsaan Romawi, berpendapat bahwa penyakit tertentu disebabkan oleh sesuatu yang di bawa oleh udara yang masuk ke tubuh manusia melalui mulut dan juga hidung.,
3. Industri, seperti pertambangan. Penggunaan mikroba untuk pembuatan pupuk hayati (*Biofertilizer*), biopestisida, dan sebagainya;
4. Pertanian; beberapa bakteri dapat dijadikan ataupun diinduksi gen penghasil unsur hara seperti Nitrogen dan Fosfor. Di dalam mikrobiologi pertanian, para ilmuwan bidang pertanian seperti Schlosing dan Muntz (Prancis 1873), Hellrieger dan Wilfarth (Jerman 1887),

Winogradsky (Rusia 1889), Beijerinck (Belanda 1890) menemukan bakteri yang dapat membentuk nitrat menjadi ammonia dari senyawa organik. Walksman (Amerika Serikat 1940) dikenal sebagai penemu mikroorganisme tanah penghasil streptomisin yang disebut *Streptomyces*.

### 1.5 Struktur dan Fungsi Sel Prokariotik

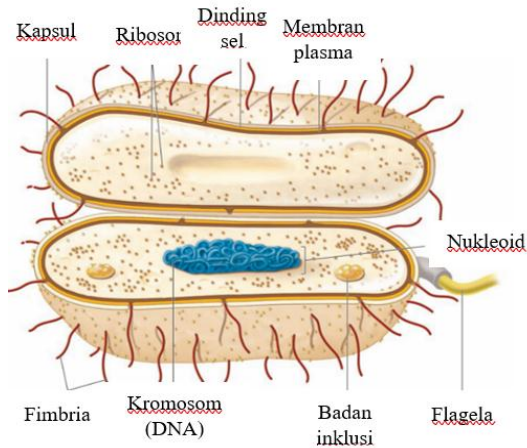
Sel prokariotik terdiri dari dua domain didalam pengelompokannya. Ada tiga domain pada mikroorganisme, yaitu: Archaea (*Archaeobacteria*), Bacteria (*Eubacteria*) dan Eukarya. Perbedaan sel prokariotik dan Eukariotik dapat disimpulkan pada tabel 1.2. Istilah prokariotik secara umum digunakan pada jenis bakteri dan archaea. Struktur dasar sel prokariot terdiri atas struktur-struktur utama yaitu dinding sel, membrane plasma sel, ribosom, dan bahan genetik. Sel prokariot memiliki struktur yang lebih sederhana dari sel eukariot, adapun yang membedakan adalah tidak terdapatnya membran inti atau nukleus yang merupakan struktur umum pada sel prokariot. Selain itu pada sel prokariot juga tidak terdapat organel khusus seperti mitokondria, badan golgi, reticulum endoplasma, dan organel lain yang terdapat pada sel eukariot. Struktur sel prokariotik dapat ditunjukkan pada gambar 1.8.

**Tabel 1. 2 Kesamaan dan Perbedaan Sel Prokariotik dan Eukariotik**

Karakteristik	Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
Struktur Ekstraseluler		
1. Dinding Sel	Peptidoglikan terdapat pada sebagian besar sel	Selulosa, kitin, atau keduanya terdapat pada sel
2. Lapisan Eksternal		
3. Plagella		

4. Silia	Kapsul atau lapisan lendir Terdiri fibril dan falgelin.	tumbuhan dan jamur. Felikel pada protista Terdiri dari struktur membran kompleks
5. Fili	Tidak Terdapat  Ada sebagai alat menempel atau penghubung pada beberapa sel prokariotik	“9+2” mikrotubula. Ada, struktur yang mirip dengan plagela tetapi lebih pendek dan banyak. Tidak Terdapat
<b>Struktur Intraseluler</b>		
1. Spindle mitotik	Tidak ada	Ada pada saat
2. Membran Plasma	Struktur mosaik fluida tanpa sterol	Pembelahan Struktur mosaik fluida dengan sterol
3. Membran Internal	Hanya pada organisme fotosintesis	Sejumlah organel sel
4. Retikulum Endoplasma	Tidak ada	
5. Kromatopor		
6. Kloroplas	Ada pada bakteri	Ada
7. Badan Golgi	fotosintesis	
8. Lisosom	Tidak ada	Tidak Ada
9. Peroxisom	Tidak Ada	
10. Ribosom	Tidak ada	Ada

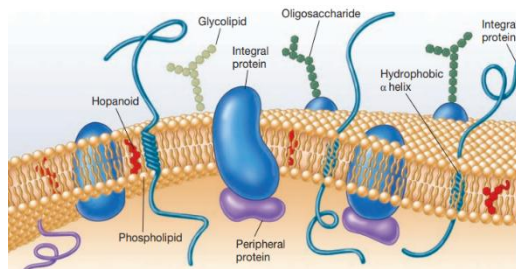
11. Sitoskeleton	Tidak Ada 70S  Tidak Ada	Ada Ada Ada 80S pada Sitoplasma dan Retikulum endoplasma, 70S pada Organel Ada
<b>Struktur Genetik</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Materi Genetik</li> <li>2. Lokasi informasi Genetik</li> <li>3. Nukleolus</li> <li>4. Hyston</li> <li>5. DNA Ekstrakromosomal</li> </ol>	<p>Terdapat pada kromosom sirkular tunggal Nukleoid</p> <p>Tidak ada Tidak ada Pada plasmid</p>	<p>Kromosom berpasangan</p> <p>Nukleus</p> <p>Ada Ada Pada organel seperti Mitokondria, Kloroplas dan Plasmid</p>
<b>Proses Reproduksi</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pembelahan Sel</li> <li>2. Perubahan seksual materi genetik</li> <li>3. Reproduksi seksual dan aseksual</li> </ol>	<p>Binary fission</p> <p>Tidak ada bagian reproduksi</p> <p>Hanya aseksual</p>	<p>Mitosis atau Meiosis</p> <p>Meiosis</p> <p>Seksual dan aseksual</p>



**Gambar 1. 8 Struktur Morfologi sel Prokariotik**

### 1. Membran Plasma

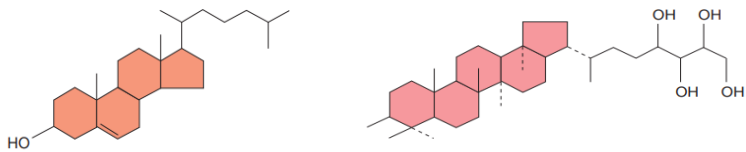
Struktur membran secara keseluruhan adalah model mosaik fluida (Singer dan Nicholson), yang berpendapat bahwa membran terdiri dari lipid bilayer dengan protein yang tertanam didalamnya seperti gambar 1.9.



**Gambar 1. 9 Struktur membran bakteri model mosaik fluida**

Membran bakteri mirip membran eukariotik dimana beberapa lipid ampipatik adalah fosfolipid, tetapi yang

membedakan adalah yang dibentuk sterol (lipid dengan kandungan steroid) adalah seperti kolesterol, sedangkan beberapa membrane bakteri adalah berupa sterol dengan molekul yang disebut hopanoid. Hopanoid disintesis dari prekursor serupa sebagai steroid, seperti halnya pada membrane eukariotik yang kemungkinan berfungsi menstabilkan membran.

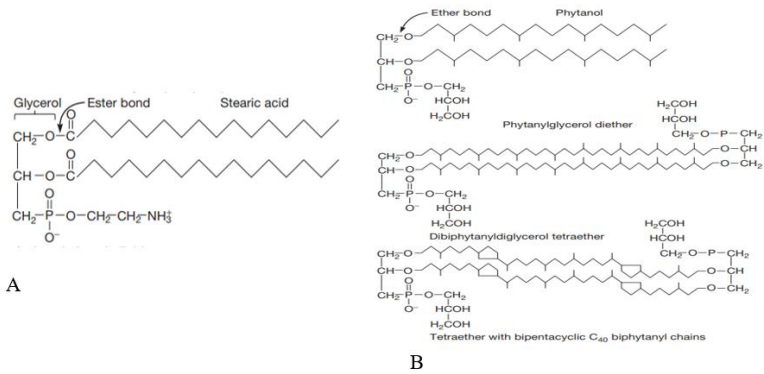


- a. Kolesterol (steroid) ditemukan pada eukariotik
- b) Bacteriohopanetetrol (Hopanoid) ditemukan pada bakteri

**Gambar 1.10 Struktur Sterol** (Lipid dengan kandungan steroid) pada membran plasma.

Meskipun prokariotik tidak memiliki membran kompleks seperti pada organel mitokondria ataupun kloroplas, tetapi prokariotik memiliki struktur membran internal yang telah ditemukan pada beberapa jenis bakteri yaitu salah satu contohnya adalah bakteri nitrifikasi. Membran internal pada cyanobacteria disebut tilakoid dan dianalogkan sebagai kloroplas. Membran tersebut terdiri terdiri dari klorofil dan sebagai tempat reaksi fotosintesis. Membran bakteri dan Eucarya berbeda dengan archaea, yaitu pada struktur membran lipid dapat dilihat pada gambar 1.11.



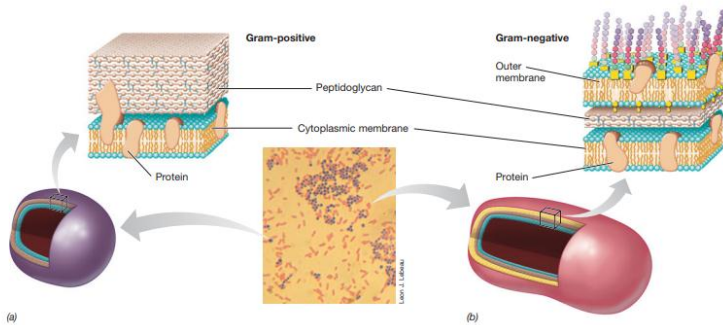


**Gambar 1. 11** Ilustrasi perbedaan antara lipid archaea dan Sebagian besar bakteri. Lipid archaea merupakan turunan dari isoprenil gliserol eter sedangkan bakteri merupakan turunan dari asam lemak gliserol ester. A. Fosfolipid Bakteri atau eukariotik dan B Fosfolipid Archaea.

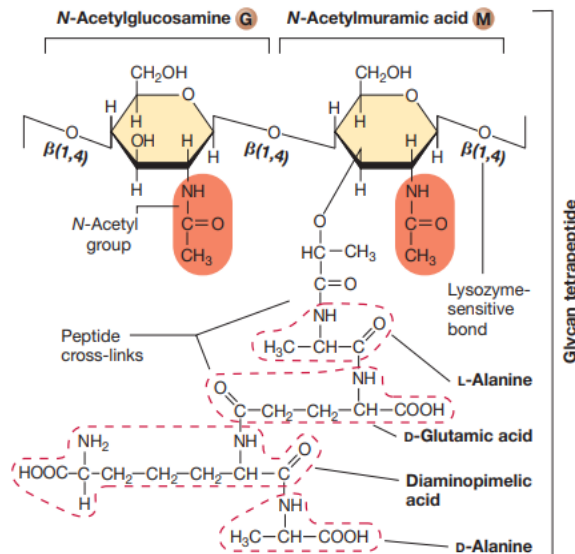
## 2. Dinding sel bakteri

Bakteria dan archaea memiliki struktur dinding sel yang berbeda. Setelah *Christian Gram* mengembangkan pewarnaan Gram pada 1884, kemudian menjadi bukti bahwa Sebagian besar bakteri dapat dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan respon terhadap perlakuan pewarnaan gram. Bakteri Gram positif ditunjukkan dengan warna ungu sedangkan Bakteri gram negatif berwarna merah muda atau merah. Dinding sel gram positif terdiri dari lapisan homogen peptidoglikan (murein) tunggal dengan ketebalan 20-80 nm yang terletak sekitar membrane plasma. Sebaliknya, dinding sel gram negatif sedikit lebih kompleks. Dimana lapisan peptidoglikan (2-7 nm) berada antara lapisan membran luar (7-8 nm) dan membran plasma, karena lapisan peptidoglikan lebih tebal pada gram positif maka akan lebih resisten

terhadap tekanan osmotik dari pada bakteri gram negatif dan untuk struktur peptidoglikan dapat dilihat pada Gambar 1.12, 1.13 dan 1.14.



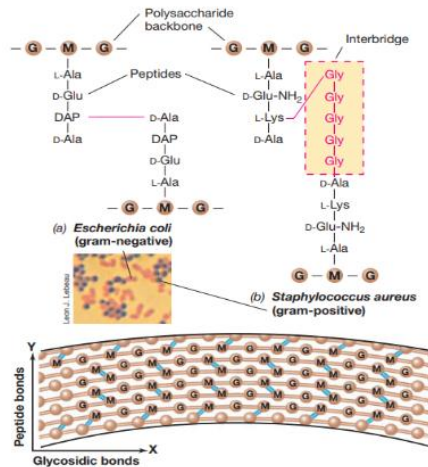
**Gambar 1. 12** Perbedaan struktu dinding sel pada (a) Bakteri gram Positif dan (b) Gram Negatif



**Gambar 1. 13** Urutan struktur unit peptidoglikan

Peptidoglikan merupakan kumpulan polimer penyusun utama dinding sel bakteri dengan rantai Panjang yang terdiri dari

dua gugus gula (n-acetylglucosamin dan n-acetylmuramic acid atau murein) dan rantai samping polipeptida pendek yang berikatan dengan n-acetylmuramic acid (NAM).



**Gambar 1. 14 Struktur peptidoglikan Bakteri *E.Coli* dan *Staphylococcus aureus***

### 3. Flagela dan Pili

Flagela Sebagian besar terdapat pada prokariotik bersifat motil yang merupakan alat gerak pada bakteri. Berdasarkan letaknya flagel terdiri dari monotrik atau disebut flagel polar, ampitrik (flagel tunggal dan berada pada kedua sisi ujung tubuh), lopotrik ( flagel berkerumun pada salah satu ujung tubuh), dan peritrik (flagel menyebar pada permukaan tubuh bakteri). Struktur flagel pada bakteri tersusun oleh subunit protein yang disebut flagellin. Falgel berdiameter 12-18 nm dengan Panjang lebih dari 20 nm. Pili berperan dalam komunikasi antara sela tau disebut konjugasi sel. Pili disebut juga sebagai fimbrae.

#### **4. Kapsul dan Lendir**

Mikroorganisme hidup tidak begitu esensial sehingga menyebabkan munculnya sifat virulen terhadap inang. Sebagian besar mikroorganisme mampu mengakumulasi senyawa-senyawa dengan banyak kandungan air, hal inilah yang memacu mikroba membentuk suatu lapisan pada permukaan luar sel, dan lapisan ini disebut kapsul ataupun selubung lendir. Pengamatan terhadap kapsul dapat terlihat dengan menggunakan metode pengecetan negative menggunakan tinta china atau nigrosin.

#### **5. Sitoplasma**

Sitoplasma dibatasi oleh membran plasma dan terdiri atas badan inklusi, ribosom, nukleoid dan plasmid. 70% dari massa sel prokariotik adalah air.

1. Badan inklusi merupakan pembungkus yang dibatasi membran sama dengan membran plasma. Disebut juga granula dengan material organik ataupun anorganik yang sering terlihat jelas dibawah mikroskop cahaya, tampak pada sitoplasma. Bagian ini biasanya digunakan untuk penyimpanan seperti komponen karbon, substansi anorganik, dan energi atau untuk mengurangi tekanan osmotik dengan mengikat molekul dalam bentuk partikulat.
2. Ribosom  
Ribosom merupakan organel sel dengan struktur sangat kompleks dalam mensintesis protein dan asam ribonukleid (RNA). Ribosom pada prokariotik lebih kecil dibandingkan sel eukariotik. Ribosom prokariotik disebut ribosom 70S. S pada 70S satuan ukuran partikel/ subunit

untuk koefisien sedimentasi (Svedberg unit).

3. Nukleoid

Nukleoid pada prokariotik merupakan kromosom dengan bentuk yang ireguler dengan nama lain tubuh inti, tubuh kromatin dan bagian inti. Nukleoid prokariotik terdiri dari lingkaran tunggal DNA dengan rantai ganda. Berbeda dengan eukariotik yang memiliki dua atau lebih kromosom dan membran inti.

4. Plasmid

Plasmid merupakan tambahan materi genetik pada sebagian prokariotik yang disebut juga sebagai molekul DNA ekstrakromosomal. Pada beberapa kasus menunjukkan bahwa terdapat perbedaan plasmid pada beberapa spesies.

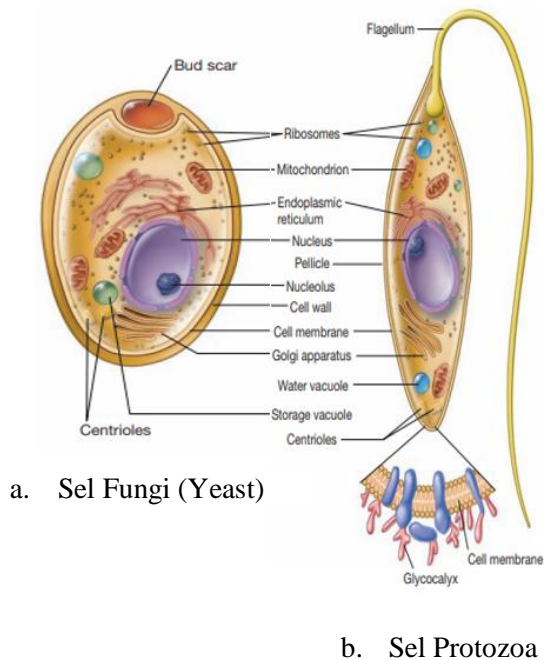
5. Endospora

Sebagian genus bakteri gram positif seperti bacillus, Clostridium dan Sporosarcina dapat membentuk struktur yang bersifat resisten dan dorman. Struktur ini yang disebut endospore. Endospore terbentuk pada sel bakteri yang memiliki sifat resistensi luar biasa terhadap kondisi lingkungan ekstrem seperti suhu panas, radiasi UV, radiasi gamma, disinfeksi kimia dan lain-lain.

## **1.6 Struktur dan Fungsi Sel Eukariotik**

Perbedaan yang paling jelas antara sel eukariotik dan prokariotik adalah membran. sel eukariotik memiliki membran pembungkus nukleus. Membran nukleus sel eukariotik terdiri dari dua lapis yaitu membran dalam dan

membrane luar. Struktur sel eukariotik mikroba dapat dilihat pada gambar 1.15.



a. Sel Fungi (Yeast)

b. Sel Protozoa

**Gambar 1. 15** Struktur sel mikroba eukariotik yaitu fungi dan flagella.

Salah satu contoh sel eukariotik yang paling banyak digunakan dalam studi biologi adalah khamir *Saccaromyces cerevisiae*. Mikroba ini banyak digunakan sebagai contoh studi eukariotik karena bersel satu dan mudah ditumbuhkan. Mikroba ini juga memiliki kemiripan dengan struktur sel pada eukariotik tingkat tinggi.

### 1.7 Virus

Virus adalah jasad renik dengan sifatnya yang parasit obligat dan berukuran submikroskopik ataupun nanoseluler.

Virus memiliki struktur yang hanya terdiri dari materi genetik dan protein pembungkus. Materi genetik pada virus hanya memiliki salah satunya yaitu RNA atau DNA. Genom bisa saja berupa DNA rantai ganda (dsDNA), DNA rantai tunggal (ssDNA), RNA rantai ganda (dsRNA), dan RNA rantai tunggal (ssRNA). Virus merupakan aseluler yang tidak seperti sel yang lain (prokariotik dan eukariotik), dimana virus tidak memiliki membran sitoplasma tetapi hanya mantel protein sebagai pelindung. Virus disebut sebagai parasit obligat karena membutuhkan sel inang untuk melakukan replikasi tanpa melibatkan metabolisme dan pembelahan mitosis, meiosis dan binary fission. Hal ini disebabkan virus tidak memiliki enzim, ribosom, dan metabolit yang lain melainkan virus akan mengambil alih fungsi sel inang untuk memperolehnya. sehingga dapat disimpulkan bahwa virus tidak mengalami pertumbuhan pada tubuhnya sendiri.

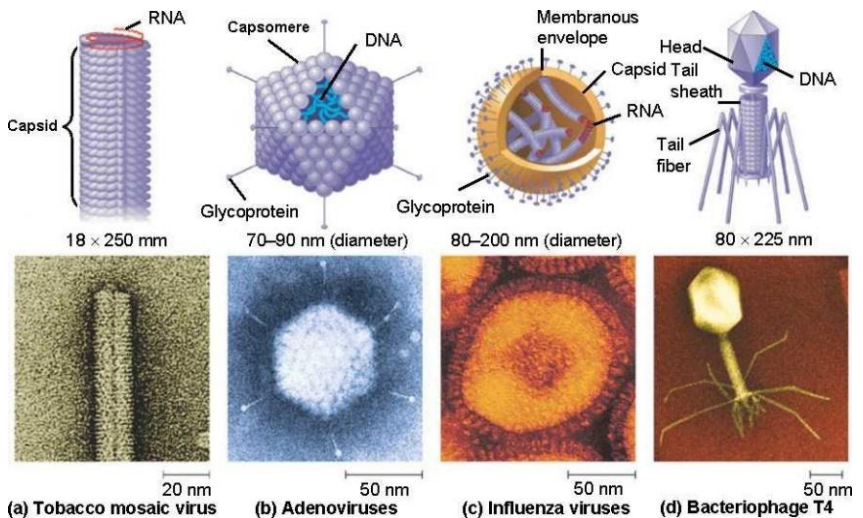
Penemu virus adalah *Dimitri Iwanowsky* berawal dari cairan ekstrak tembakau yang difiltrasi bakteri dan diduga sebagai penyebab infeksi penyakit mozaik pada tanaman tembakau. Namun pada tembakau sehat masih saja menimbulkan infeksi. Setelah dipelajari Kembali ternyata terdapat jasad hidup dengan ukuran lebih kecil dari bakteri (submikroskopik) yang disebut dengan virus. Untuk membuktikan infeksi yang disebabkan oleh virus adalah dengan menggunakan postulat River (1937), yakni:

1. Virus harus ditumbuhkan pada sel inang
2. Filtrat bahan yang berpenyakit tidak mengandung bakteri atau mikroba lain yang ditumbuhkan pada media buatan
3. Filtrat akan menunjukkan gejala penyakit pada jasad yang peka
4. Filtrat yang sama dari inang ke inang yang lain akan menimbulkan penyakit yang sama.

Virus sebagian besar hidup pada inang tertentu atau sel inang khusus seperti virus HIV (*Human immunodeficiency virus*)

yang menginfeksi limfosit T helper. Tidak hanya sel tulang pada manusia virus lain seperti virus rabies dapat menginfeksi sel manusia dan hewan seperti anjing, sigung dan kelelawar. Sedangkan virus yang menginfeksi dan kemungkinan menghancurkan sel bakteri disebut sebagai bakteriopag. Virus akan menjadi lebih baik jika mampu menghasilkan DNA ataupun RNA melalui sel inang. Adapun sifat-sifat dan morfologi virus adalah:

1. Parasite obligat, replikasi menggunakan asam nukleat dan bahan untuk sintesis protein
2. Ukuran sekitar 15-3000
3. Materi utama asam nukleat (DNA/RNA) yang dibungkus oleh coat protein
4. Metabolism terjadi didalam sel inang
5. Hanya abisa tumbuh atau dikultur pada sel hidup.

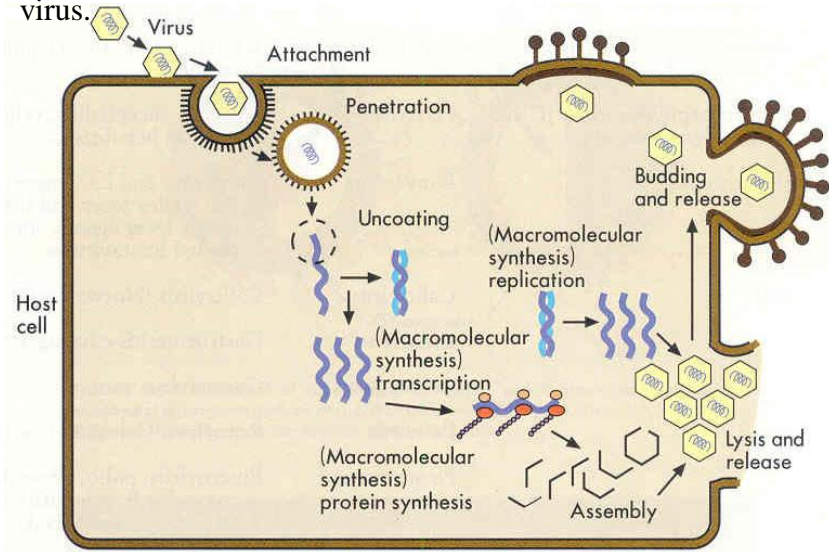


**Gambar 1. 16 Bentuk virus yang menginfeksi inang**

Siklus hidup virus dengan melakukan replikasi secara umum terdiri dari 2 yaitu siklus litik dan siklus lisogenik



dapat dilihat pada gambar 1.17. Adapun siklus litik adalah siklus hidup virus dimana sel inang mengalami lisis/pecah dan mati setelah pelepasan ataupun pembentukan anakan virus baru, sedangkan siklus lisogenik adalah sel inang tidak lisis melainkan di dalam sel inang terdapat asam nukleat dari virus.



**Gambar 1. 17** Siklus hidup atau reproduksi virus pada sel inang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atlas RM & Bartha R. (1993). *Microbial ecology: fundamentals and applications*. Benjamin/Cummings, Redwood City.
- Bergey, D.H., Buchanan, R. E., Gibbons, N. E., & American Society for Microbiology. (1974). *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Ed 6<sup>th</sup> Baltimore:Williams & Wilkins.
- Black, Jacquelyn G. (2012). *Microbiology: principles and explorations 8th ed.* ISBN 978-0-470-54109-8 (hardback), Binder-Ready Version ISBN 978-1-118-12923-4.
- Brock (2012). *Biology of Microorganisms*, 13<sup>th</sup> Edition. Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings, 1302 Sansome Street, San Francisco, CA 9411.
- Brown, A.E & Smith, H.R. (2017). *Benson's Microbiological Applications Laboratory Manual in General Microbiology Fourteenth Edition*. McGraw-Hill Education.
- Buchanan, R. L., & N.E. Gibbons (eds.). (1974) *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 8th ed. William & Wilkins, Baltimore.
- Buchanan, R.L. (2018). *Microorganisms in Foods 7 Microbiological Testing in Food Safety Management Second Edition*. North Ryde, New South Wales, Australia: International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF)
- Bulloch, W. (1938). *The History of Bacteriology*. London: Oxford University Press.

- Cappuccino, J.G. & Sherman, N. (2008), *Microbiology: A Laboratory Manual* Eighth Edition. Publishing as Pearson Benjamin Cummings, San Francisco, USA.
- Coollins, C. H., & Lyne, P. M. (1976). *Microbiological Methods*, 4th ed. Boston: Butterworth's.
- Harzevili, F.D., & Chen, H. (2015). *Microbial Biotechnology*. CRC Press Taylor & Francis Group
- Holt, J.C. & Bergey, D.H. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9th ed., Baltimore: Williams & Wilkins.
- Jennings, R. K., & Acker, R. F. (1970). *The Protistan Kingdom*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Jawetz, M. & Adelberg's. (2008). *Mikrobiologi Kedokteran*. edisi 23. Alih Bahasa: Huriwati, Hartanto dkk. Jakarta, Penerbit Buku Kedokteran ECG. Cetakan I, 2008.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Stahl, D.A., & Clark, D.P. (1995). *Biology of Microorganisms*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Stahl, D.A., & Clark, D.P. (2003) *Biology of Microorganism*. 10th ed. New York; Southern Illinois University Carbondale.
- Madigan, M.T. & Martinko, J.M. (2005) *Brock Biology of Microorganisms*, 11th ed. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall.
- Mayasari, U. (2022). *Buku Ajar Mikrobiologi*. CV. Media Sains Indonesia.
- Pelczar, M.J. & Chan, E.C.S. (1986), *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jilid 1. UI-Press.
- Robert, R. & Skinner, F.A. (1982). *Bacteria and Plants*. The society for applied bacteriology symposium series No.10 by Academic Press: London, New York, Toronto, Sydney, and San Francisco.

- Schlegel, H.G. & Schmidh, K. (1994), *MikrobiologiUmum*, Gadjah Mada University press.
- Subba-Rao, N.S. (1999). *Soil Microbiology* (Fourth Edition of Soil Microorganisms and Plant Growth). Science Publishers, Inc. USA.
- Suryani, Y. & Taupiqurrahman, O. (2021). *Mokrobiologi Dasar*. LP2M UIN SGD Bandung. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung.
- Tortora, G.J. Funke, B.R. & Case, C.L. (2001), *Microbiology: an Introduction*. 7th ed. Addison Wesley Longman, Inc. California.
- Waluyo, L. (2001), *MikrobiologiUmum*. UMM Press.
- Willey, J.M., Sherwood, L.M. & Woolverton, C.J. (2009). *Prescott's Principles of MICROBIOLOGY*. McGraw-Hill, McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York.