

Ngatirah

MIKROBIOLOGI UMUM



INSTIPER YOGYAKARTA

Ngatirah

**MIKROBIOLOGI
UMUM**

INSTIPER YOGYAKARTA

MIKROBIOLOGI UMUM

Penulis: Ngatirah, SP.MP

ISBN : 978-602-61922-5-7

Penerbit:

INSTIPER YOGYAKARTA

Redaksi:

Jl.Nangka II, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta 55282

Telp. (0274) 885479, 885477, 885480

Fax. (0274) 885479

Website: www.instierjogja.ac.id

Email: instiper@instiperjogja.ac.id

Cetakan Pertama : Mei 2017

Hak cipta dilindungi undang-undang

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

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah bahan Ajar/Modul Mikrobiologi Umum telah berhasil diselesaikan. Modul Kuliah Mikrobiologi Umum merupakan salah satu pegangan bagi mahasiswa yang mengambil matakuliah Mikrobiologi Umum yang mempunyai bobot 2 SKS dan 1 praktikum. Modul Mikrobiologi Umum ini terdiri atas 7 bab dan dilengkapi dengan soal-soal latihan. Isi modul ini, intinya menjelaskan tentang Pengantar Mikrobiologi, struktur sel, organisme prokariotik dan eukariotik, pertumbuhan mikrobial dan Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mikrobial.

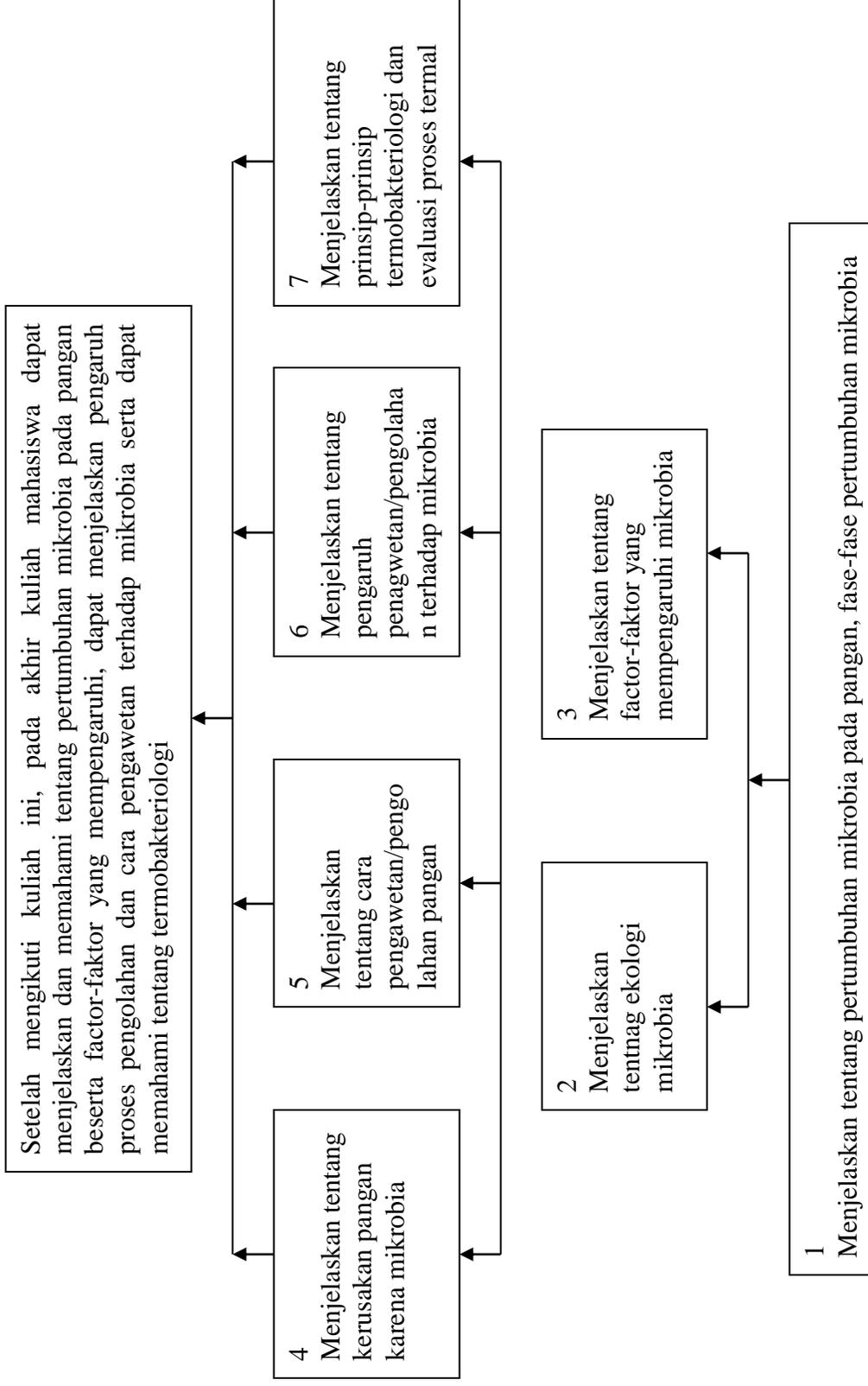
Penulis menyadari bahwa modul ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis berharap masukan dan saran demi kesempurnaan modul ini di masa mendatang. Semoga, dengan adanya modul ini dapat mempermudah mahasiswa dalam mendalami dan mempelajari matakuliah Mikrobiologi Umum.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
I. PENDAHULUAN.....	1
II. STRUKTUR SEL MIKROBIA.....	4
III. BAKTERI.....	12
IV. KHAMIR.....	28
V. JAMUR/FUNGI.....	31
VI. VIRUS.....	38
VII. PEMBIAKAN DAN PERTUMBUHAN MIKROBIA.....	42
VIII. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PETUMBUHAN MIKROBIA.....	52
DAFTAR PUSTAKA	63

ANALISIS INSTRUKSIONAL



I. PENDAHULUAN

Mikrobiologi merupakan ilmu yang mempelajari organisme (makhluk) kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop. Organisme kecil merupakan mikroorganisme/mikrobia/jasad renik, ukuran kurang dari satu mikron (0,001 mm). Mikrobiologi berasal dari tiga kata Yunani yaitu Mikros (kecil), Bios (hidup) dan logos (ilmu). Mikrobia sering disebut dengan berbagai istilah seperti : *jasad renik, jasad mikro, mikroorganisme, mikroba, mikrob, microbe* yang berarti jasad yang ukurannya sangat kecil mulai dari yang masih dapat dilihat langsung tanpa alat (mata telanjang) sampai dengan mikroskopis/sub mikroskopis sampai ultra mikroskopis. Yang termasuk mikroorganisme adalah Virus (0,01 - 0,2 μ), Bakteri (0,1 - 15 μ), Fungi (2 μ - 20 μ), Algae (1 μ - ... M (-200 m) dan Protozoa (2 - 200 μ). Cabang-cabang ilmu mikrobiologi atas dasar orientasinya dibagi atas beberapa cabang ilmu yaitu :

1. Atas dasar taksonomi (virology, bakteriologi, fikologi/algologi, mikologi)
2. Atas dasar habitat (mikrobiologi air, mikrobiologi tanah, mikrobiologi lautan)
3. Atas dasar masalah yang dipelajari (ekologi mikrobia, mikrobiologi pertanian, mikrobiologi pangan, mikrobiologi industry).

Pada mulanya makhluk hidup digolongkan menjadi dua yaitu plantae dan animalia namun pada tahun 1866 seorang ahli Ilmu Hayat Jerman yaitu Haeckel mengusulkan adanya golongan jasad hidup yang ke tiga yaitu protista. Protista yaitu golongan jasad yang sukar dimasukkan dalam Plantae atau Animalia dan memiliki ciri-ciri:

1. Jasad bersel tunggal (*unisel*)
2. Jasad bersel banyak (*multisel*) yang tidak membentuk jaringan, jadi selnya belum berdiferensiasi.
3. Soenositik (*Coenocytic*): jasad yang berinti banyak, tetapi intinya tidak dibatasi dinding pemisah. Misalnya pada fungi.

Sejarah Mikrobiologi

Era perintisan mikrobiologi dimulai dari jaman prasejarah sampai tahun 1850, dimulai ketika Para ahli mencoba mencari jawaban atas permasalahan yang terjadi yang berkaitan dengan mikrobia (asal mula mikrobia, mengapa makanan dibiarkan bisa berlendir dan lain-lain)..Awal

sejarah mikrobiologi diawali dengan penemuan mikroskop oleh Anthony van Leeuwenhoek (1632-1723). Mikroskop tersebut sangat sederhana, hanya memiliki satu lensa, dan mencapai pembesaran kurang dari 200 kali. Tetapi dengan mikroskop sederhana tersebut misteri tentang bentuk mikroba yang sebelumnya masih merupakan rahasia besar mulai terungkap. Selanjutnya Louis Pasteur menemukan prinsip-prinsip hidup mikrobia (masalah fermentasi). Ketika Louis Pasteur (1822-1895) menemukan prinsip-prinsip fermentasi, yaitu satu di antara temuan-temuan dasar mengenai mikroba, rahasia seputar mikroba pun menjadi lebih jelas, dan keilmuan mikrobiologi mulai menemukan titik terang perkembangannya. Selanjutnya Seorang dokter dari Jerman yang bernama Robert Koch (1843-1910) memperluas lagi perkembangan tersebut dengan menemukan kaitan mikroorganisma-mikroorganisma tertentu dengan penyakit. Postulat (batasan) yang disusunnya pada saat itu masih tetap berlaku sampai saat ini, dan dikenal dengan nama Postulat Koch.

Pada awal sejarah mikrobiologi muncul teori generatio spontanea/abiogenesis (Aristoteles dan Needham) yang dibantah oleh F. Redi (1665), L. Spallanzani (1768), Shultze (1836), Schwann (1837), Schoeder dan Th. Von Dusch (1854). Selanjutnya Louis Pasteur (1865-leher angsa) mengemukakan teori *omne vivum ex ovo, omne ovum ex vivo* dan John Tyndall dan Ferdinand Cohn menemukan spora bakteri. L. Pasteur selanjutnya juga menemukan proses fermentasi alkoholik merupakan hasil kegiatan jasad renik, mulai mengenalkan istilah aerobik dan anaerobik.

Perkembangan mikrobiologi pada periode 1850-1910 merupakan jaman keemasan. Pada periode itu Robert Koch menemukan kultur murni, postulat Koch, kuman antraks, tuberkulosis, colera, Penemuan cawan petri oleh Petri, Penemuan Gram (1844) yaitu gram positif dan negative, Chamberland (1887) menemukan saringan/filter serta Penemuan lain terutama bakteri kuman penyakit.

Perkembangan mikrobiologi pada era modern sampai sekarang ditandai dengan digunakan metode dan peralatan mutakhir, diketahui tentang antibiotik, vaksin dan serum, Publikasi tentang virus (Iwanowski dkk), Fleming : jamur *penicillium*, Ruska (1934) : mikroskop electron, dan Jerne (1955) : sintesis antibody.

Peranan Mikrobiologi

Mikrobiologi penting sekali dan terkait erat dengan kehidupan manusia, karena mikroba (jasad renik) tersebar merata di seluruh belahan bumi dan ada di mana-mana. Mikroba ada di udara, ada di air, di tanah, lantai, meja, kulit dan dimanapun. Oleh karena itu mikroba memiliki korelasi yang erat dan peranan yang penting dengan kehidupan manusia, yang dapat memberikan pengaruh merugikan maupun menguntungkan.

Mikroba memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia, ada yang menguntungkan dan ada yang merugikan.

Diantara peranan mikroba yang merugikan adalah :

- Penyebab penyakit, baik pada manusia, hewan maupun tumbuhan.
- Penyebab kebusukan makanan (*spoilage*).
- Penyebab keracunan makanan (*food borne disease*).

Diantara peranan mikroba yang menguntungkan adalah :

- Agen pembusuk alami, yang akan mendekomposisi sampah-sampah organik menjadi materi inorganik sehingga dapat mengurangi kuantitas sampah, menyuburkan tanah dan dapat menjadi sumber nutrisi bagi tumbuhan.
- Agen pembusuk di dalam saluran pencernaan alami, yang turut membantu mencerna makanan di dalam saluran pencernaan.
- Agen pengikat nitrogen dari udara yang dapat digunakan sebagai bahan nutrisi bagi tumbuhan.

Seiring dengan semakin majunya perkembangan ilmu mikrobiologi, maka penerapan mikrobiologi semakin meluas pada hampir semua bagian bidang. Diantaranya :

- Pada Industri Pertanian : mikrobiologi berperan penting di dalam mencegah penyakit tanaman, membantu proses penyuburan tanah, dan lain lain.
- Pada Industri Makanan : mikrobiologi berperan di dalam proses pengawetan makanan, fermentasi makanan, dan lain lain.
- Pada Industri Medis/Kesehatan : mikrobiologi sangat berperan penting di dalam antibiotik, antiseptis, kemoterapi, vaksinasi, dan lain sebagainya.

II. STRUKTUR SEL MIKROBIA

Struktur sel mikrobial dibedakan menjadi sel prokariotik dan eukariotik. Tipe sel Eukariotik adalah tipe sel yang perkembangannya telah sempurna, mempunyai inti sel sejati di dalamnya terdapat kromosom yang mengandung komponen keturunan (DNA), mempunyai dinding / membran inti. Tipe sel Eukariotik terdapat pada Jasad tingkat tinggi (Tumbuhan dan Hewan) dan Sebagian jasad hidup yang tergolong Protista : Fungi termasuk Khamir/Yeast, Protozoa , dan Algae/ganggang. Sedangkan Tipe sel Prokariotik adalah tipe sel yang sederhana, tidak mempunyai inti sejati, komponen keturunannya terdapat di dalam molekul DNA tunggal atau kromosom yang letaknya bebas di dalam sitoplasma, dan tidak mempunyai dinding/membran inti. Tipe sel Prokariotik terdapat pada Bakteri dan Ganggang biru (*Cyanophyceae*). Perbedaan antara sel prokarioti dan eukariotik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan antara sel prokarioti dan eukariotik dapat dilihat pada Tabel 1.

Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
<ul style="list-style-type: none"> ■ Inti ■ Struktur dalam sitoplasma : Mesosom, Ribosom, Granula metafostat/volutin, Granula poli-beta- hidroksi asam butirrat ■ Lapisan permukaan sel : Membran sel /membran sitoplasma, Dinding sel, Kapsula, pili. ■ Alat Gerak : Flagela 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Inti (nukleus) ■ Struktur dalam Sitoplasma: Endoplasmik Retikulum ,Vakuola, Mitokondria, Kloroplast, Aparat golgi, Ribosom, Lisosom ■ Lapisan permukaan sel eukariotik : Membran sel, Dinding sel ■ Alat gerak : Silia, Flagela

1. Sel Prokariotik

Sel prokariotik dikelilingi oleh dinding sel, tebalnya 10-20 nm. Dinding sel kadang-kadang diselubungi oleh kapsul/jelly/lender. Bagian-bagian sel prokariotik :

a. Dinding sel

- Hampir semua sel prokariotik mempunyai dinding sel kecuali mikoplasma.

- Dinding sel bakteri memberikan bentuk tertentu pada sel bakteri, bersifat elastik dan terletak diantara kapsula dan membran sitoplasma.
 - Bahan utama penyusun dinding sel adalah **mukokompleks** (mucocomplex) terdapat lapisan **peptidoglikan** yaitu berupa heteropolimer yang terdiri atas zat-zat gula amino (asetil glukosamin dan asam asetil muramat) dan asam-asam amino yaitu asam glutamat, alanin, glysin, dan asam diaminopimelat atau lysine. Sub unit-sub unit tersebut saling terikat sehingga membentuk polimer. Dinding sel yang utuh juga mengandung : asam teikoat, protein, polisakarida, lipoprotein dan lipopolisakarida yang terikat pada peptidoglikan.
 - Perbedaan-perbedaan dalam komposisi dan struktur dinding sel antara bakteri gram positif dan gram negatif perlu dipahami, karena diyakini bahwa dinding sel yang menyebabkan kedua kelompok bakteri ini memberikan respon dalam pengecatan gram.
- b. Bagian dalam dinding sel terdapat membran plasmalemma (membrane sel)
- Pada bagian tertentu dari membran sel membentuk lekukan ke arah sitosol, membentuk struktur yang disebut mesosom mirip dengan mitokondria pada sel eukariotik
 - Membran plasma juga membentuk lipatan ke arah sitosol dengan struktur seperti lembaran-lembaran halus disepanjang permukaan membran sebelah dalam disebut lamella sitomembran, mengandung pigmen fotosintetik
 - Membran sitoplasma terletak di bawah dinding sel dan tidak terikat erat dengan dinding sel. Mengandung protein, lipida dan asam-asam nukleik
 - membran ini berfungsi di dalam pengaturan masuknya zat-zat makanan, keluarnya sisa-sisa metabolisme dan bersifat selektif permeable. Selain itu membran berperan pula dalam proses pembelahan sitoplasma menjadi dua bagian, diikuti dengan pembentukan dinding pemisah.
 - Mekanisme pengangkutan zat-zat makanan dan sisa-sisa metabolisme memerlukan tenaga dan sifat selektif dari membran tadi. Pengaturan itu dikerjakan oleh permease yang terdapat di dalam membran.. Untuk setiap zat diperlukan permease spesifik.
 - Pada sel prokariotik membran sitoplasma merupakan tempat berlangsungnya proses respirasi karena enzim-enzim untuk respirasi, yaitu enzim-enzim dalam siklus Krebs,

ensim dalam sistem transpor elektron dan sitokrom, terdapat di dalam membran. Pada sel eukariotik, ensim-ensim untuk proses respirasi tersebut terdapat di dalam mitokondria.

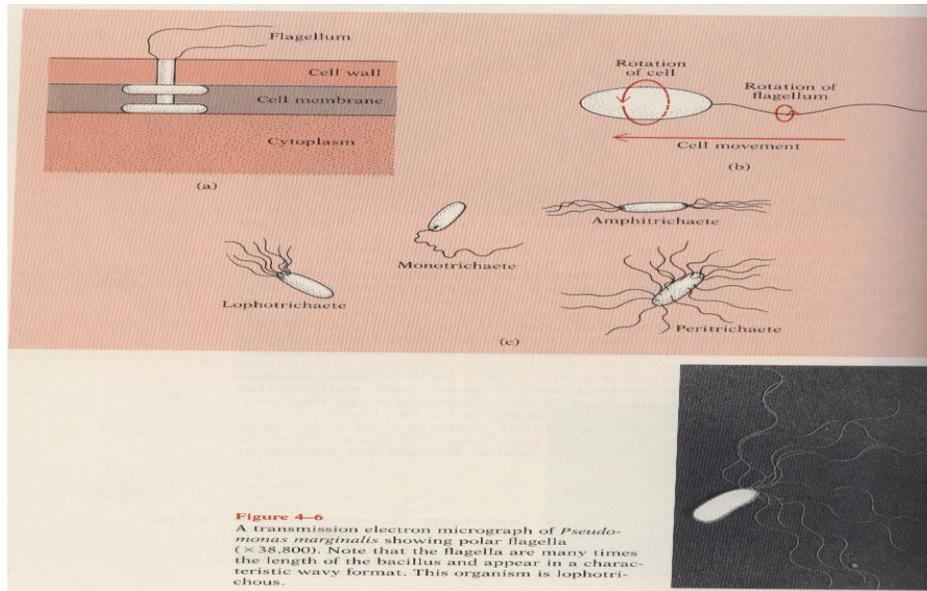
- Bagian dalam dari membran plasma terdapat sitoplasma, ribosom dan nukleoid
 - ✓ Sitoplasma mengandung vakuola, vesikel dan menyimpan cadangan gula
 - ✓ Ribosom terdapat bebas didalam sitoplasma dan tempat sintesis protein
 - ✓ Nukleoid merupakan daerah inti, terdapat kromosom yang dibentuk dari molekul DNA

c. Flagella, Pili dan kapsula

- Flagela :

Flagela adalah alat untuk bergerak pada bakteri. Semua bakteri yang berbentuk lengkung dan sebagian bakteri-bakteri yang berbentuk batang mempunyai flagela. Bakteri-bakteri berbentuk kokus jarang sekali yang mempunyai flagela. Ukuran flagela sangat kecil dan tidak terlihat dengan mikroskop tanpa pengecatan. Tebal flagela antara 0,02-0,1 mikron, tergantung dari spesies bakteri, sedang panjangnya biasanya melebihi panjang sel-sel bakteri. Flagela terdiri atas bahan protein yang elastik, yaitu flagelin yang mirip myosin (suatu protein dalam otot). Flagela berasal dari protoplas, bukan dari dinding sel. Dengan mikroskop electron dapat terlihat bahwa pada bagian pangkal flagela terdapat granula dasar (basal granula) yaitu pada tempat keluarnya dari protoplas. Berdasarkan letak dan jumlah flagelanya bakteri dapat dibagi menjadi 5 golongan yaitu :

1. Bakteri Atrik : bakteri yang tidak mempunyai flagela.
2. Bakteri Monotrik : bakteri yang mempunyai flagellum tunggal pada ujungnya.
3. Bakteri Lofotrik : bakteri yang mempunyai seberkas flagela yang terletak pada salah satu ujungnya.
4. Bakteri Amfitrik : bakteri yang mempunyai masing-masing seberkas flagela atau satu flagellum yang terletak pada kedua ujungnya.
5. Bakteri Peritrik : Bakteri yang mempunyai flagela yang terletak diseluruh permukaan sel.



Gambar 1. Jenis-jenis bakteri berdasarkan letak dan jumlah flagela

- Pili :

Pili atau Fimbriae adalah benang –benang halus yang menonjol keluar dari dinding sel. Ukuran pili jauh lebih kecil dibandingkan flagela, dan jumlahnya lebih banyak kurang lebih 150 buah tiap sel. Pili tersusun peritrik, tidak berfungsi dalam pergerakan. Kebanyakan terdapat pada bakteri gram negatif. Seperti halnya flagela, pili juga berpangkal pada protoplas dan dari sini menembus membran sitoplasma, dinding sel dan kapsula. Pili, flagela maupun kapsula dapat dilepaskan secara mekanik tanpa merusak kehidupan bakteri. Pili mengandung suatu protein yang disebut pilin (suatu polimer yang terdiri dari 18 asam-asam amino). Pili merupakan alat untuk melekat, misalnya dengan adanya pili sel-sel beberapa bakteri dapat melekat dekat permukaan medium cair yang kadar oksigennya lebih baik atau berperan dalam pembentukan film pada permukaan cairan. Pili dapat untuk melekatkan sel satu dengan sel lainnya. Fungsi pelekatan ini penting pada peristiwa konyugasi. Konyugasi adalah penggabungan sel-sel jantan dengan sel-sel betina. Sel-sel bakteri jantan mempunyai pili kelamin(sex pilus). Diduga bahwa pemindahan DNA dari sel jantan ke sel betina melalui pili kelamin ini.

- Kapsula :

Flagela adalah alat untuk bergerak pada bakteri. Semua bakteri yang berbentuk lengkung dan sebagian bakteri-bakteri yang berbentuk batang mempunyai flagela. Bakteri-bakteri berbentuk kokus jarang sekali yang mempunyai flagela. Ukuran flagela sangat kecil dan

tidak terlihat dengan mikroskop tanpa pengecatan. Tebal flagela antara 0,02-0,1 mikron, tergantung dari spesies bakteri, sedang panjangnya biasanya melebihi panjang sel-sel bakteri. Flagela terdiri atas bahan protein yang elastik, yaitu flagelin yang mirip myosin (suatu protein dalam otot). Flagela berasal dari protoplas, bukan dari dinding sel. Dengan mikroskop electron dapat terlihat bahwa pada bagian pangkal flagela terdapat granula dasar (basal granula) yaitu pada tempat keluarnya dari protoplas.

2. Sel eukariotik

Struktur sel lebih maju dari prokariotik. Sel terlihat sebagai massa yang jernih dengan bentuk tidak teratur dibatasi oleh selaput dan ditengah-tengahnya terdapat nukleus atau inti sel

Bagian sel: membran sel, plasma sel dan inti sel

- Membran sel :

- ✓ Berupa selaput tipis, disebut juga plasmalemma, dibentuk oleh fosfolipid, protein dan karbohidrat
- ✓ Fosfolipid merupakan molekul amfifilik artinya setiap molekul mengandung kepala yang bersifat hidofil dan ekor yang hidrofob. Molekul fosfolipid akan berpasangan-pasangan melalui ekor dengan ekornya sehingga kepala yang hidrofilik berhadapan dengan medium air pada setiap sisinya, terbentuk susunan dwilapis fosfolipid
- ✓ Molekul protein ditemukan dipemukaan dalam maupun luar dari membran plasma (protein ekstrinsik/porifera, protein yang lain menembus kedalam membran plasma dan tersembuk sampai dikedua permukaan membran plasma (protein intrinsik)
- ✓ Molekul karbohidrat bergabung dengan molekul protein (glikoprotein) maupun lemak secara kovalen (glikolipid) dan hanya dijumpai dipermukaan sebelah luar dari membran plasma
- ✓ Terletak diantara sitoplasma dan dinding sel. Pada sel eukariotik dan prokariotik, membran ini mempunyai susunan dasar yang sama yaitu terdiri dari fosfolipid dan protein, sehingga membentuk membran berlapis ganda yang mengandung grup hidrofobik dan grup hidrofilik.
- ✓ Dinding sel terdiri atas polisakarida (selulose atau khitin), silika (pada diatomae)

- Plasma Membran/sitoplasma eukariotik :

- Sebagian besar berupa air dan didalamnya terlarut molekul-molekul kecil atau besar, ion-ion dan bahan hidup/organela
- Organella yang terdapat dalam sitoplasma:
 - ✓ Retikulum endoplasma :
 - Berupa saluran-saluran dan tabung pipih
 - Membran yang menyusunnya mempunyai satu permukaan yang menghadap ke sitosol dan satu permukaan lagi menghadap ke dalam lumen
 - Permukaannya mengandung ribosom
 - Fungsi sebagai pembatas diantara organela sel, mengatur arus lalu lintas bahan-bahan didalam sel
 - Suatu sistem berupa membran rangkap di dalam sitoplasma (membran tersebut menyebarkan luas permukaan bagian dalam menjadi luas).
 - Dengan sistem ER ini ada hubungan yang kontinyu antara membran sitoplasma – ER- dinding inti.
 - Pada membran ER melekat ribosom-ribosom sehingga permukaannya menjadi kasar. Ribosom berperan dalam sintesis protein.
 - Fungsi : Saluran untuk mengangkut berbagai produk ke seluruh bagian sel
 - ✓ Ribosom :
 - Struktur paling kecil yang tersuspensi dalam sitoplasma
 - Fungsi untuk sintesis protein
 - Ribosom adalah partikel yang terdapat di dalam sel yang berperan dalam sintesis protein. Jika dalam bentuk suatu kelompok disebut poliribosom
 - Mengandung : RNA (berfungsi sebagai alat cetakan untuk merangkaikan asam amino menjadi rantai polipeptida protein.
 - Susunan kimia : RNA (40-60%) dan protein.
 - Sebagai benda bebas di dalam sitoplasma atau terikat pada endoplasmik retikulum.
 - ✓ Mitokondria :
 - Bentuk lonjong atau oval
 - Memiliki lipatan-lipatan yang disebut krista

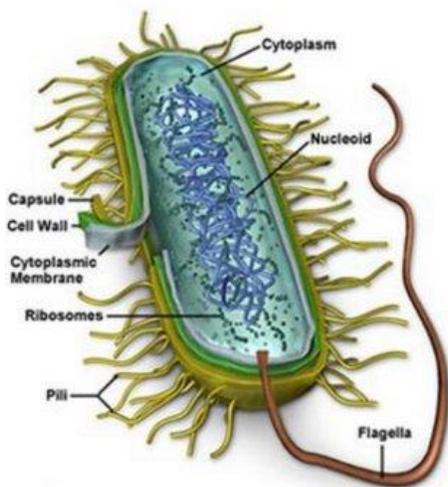
- Fungsi : respirasi sel atau sebagai pembangkit tenaga
 - Mitokondria berbentuk butiran yang dikelilingi oleh dua lapis membran. Membran luar, mengelilingi keseluruhan mitokondria. Membran dalam, berlipat-lipat (krista), ruangan di dalam membran dalam disebut matriks).
 - Mitokondria juga mengandung DNA dan komponen yang penting dalam sintesis protein seperti ribosom.
- ✓ Badan golgi :
- Berfungsi untuk mengangkut protein dan polisakarida ke luar sel, sintesis bahan dinding sel yang baru
 - Membran yang tersusun rapat yang berbentuk pipih/bengkok. Struktur ini terdapat dalam daerah ER
 - Berperan dalam menghimpun hasil-hasil sekresi yang dibawa ke golgi kompleks melalui ER, juga merupakan tempat sintesis dinding sel.
- ✓ Lisosom :
- Hanya ditemukan dalam sel hewan
 - Berisi enzim-enzim hidrolitik untuk memecah polisakarida, lipid, fosfolipid, protein dan asam inti
 - Menyebabkan lisisnya organel yang sudah tidak dipakai/patogen yang masuk.
- ✓ Sentrosom :
- Berfungsi dalam pembelahan sel
- ✓ Vakuola :
- Tempat menyimpan bahan makanan, sisa metabolisme, pigmen dan atsiri
 - Vakuola adalah struktur yang dikelilingi oleh membran, dan di dalamnya mengandung asam amino, garam, gula dan lain-lain. Vakuola sering terlihat pada sel yang tua.
 - Pada beberapa ganggang, vakuola mengandung pigmen yang memberikan warna pada sel.
 - Pada protozoa dikenal dua macam vakuola yaitu vakuola makanan yang berfungsi untuk mencernakan makanan dan vakuola kontraktile untuk membuang hasil-hasil sisa metabolisme.

- ✓ kloroplas :
 - Untuk fotosintesis
 - Kloroplas adalah plastida yang berwarna hijau karena mengandung klorofil.
 - Struktur kloroplas mirip dengan mitokondria.
 - Pabrik tenaga (matahari)
 - Mengandung : DNA, ribosom, partikel lain untuk sintesis protein.
Grana, Stroma (terjalin oleh membran/lamela yang tersusun paralel).
- Flagela/silia : sebagai alat gerak . Sel-sel eukariotik banyak yang dapat bergerak dalam air dengan pertolongan silia (pendek) dan flagela (panjang).
- Nukleus :
 - Berbentuk bulat/lonjong
 - Jumlahnya biasanya hanya satu
 - Bagian-bagiannya : membran inti, nukeloplasma, nukleolus, benang-benang kromatin
 - Fungsi : untuk pembelahan sel
 - Diselubungi oleh dinding inti/membran inti
 - Dindingnya berlubang/berpori untuk keluar masuknya makromolekul dan partikel-partikel lainnya (misalnya ribosom)
 - Dalam inti sering terlihat adanya nukleolus yang berfungsi dalam pembentukan m-RNA. Pada fase tertentu dari pembelahan sel dalam inti akan terlihat kromosom-kromosom. Kromosom mengandung DNA

III. BAKTERI

Semua mikroorganisme prokariotik dimasukkan ke dalam Kingdom Monera. Mikroorganisme prokariotik adalah mikroorganisme yang memiliki bahan inti tetapi tidak memiliki selubung inti. Monera berasal dari kata moneres yang berarti tunggal. Contoh monera bersel tunggal adalah bakteri. Bakteri memiliki ciri-ciri yang membedakannya dengan makhluk hidup lain yaitu :

1. Organisme multiselluler
2. Prokariot (tidak memiliki membran inti sel)
3. Umumnya tidak memiliki klorofil
4. Memiliki ukuran tubuh yang bervariasi antara 0,12 s/d ratusan mikron umumnya memiliki ukuran rata-rata 1 s/d 5 mikron.
5. Memiliki bentuk tubuh yang beraneka ragam
6. Hidup bebas atau parasit
7. Yang hidup di lingkungan ekstrim seperti pada mata air panas,kawah atau gambut dinding selnya tidak mengandung peptidoglikan
8. Yang hidupnya kosmopolit diberbagai lingkungan dinding selnya mengandung peptidoglikan



Gambar: Sel Bakteri

Struktur Tubuh Bakteri

1. Kapsul dan lapisan lendir

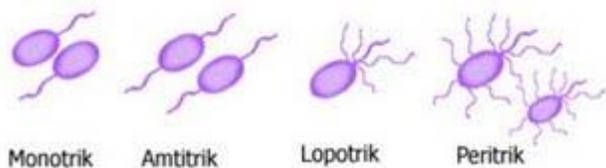
Kapsul adalah selaput licin yang terdiri dari polisakarida dan terletak di luar dinding sel. Kapsul merupakan bagian asesori dari bakteri berfungsi melindungi bakteri dari suhu atau kondisi lingkungan yang ekstrim dan sebagai tempat penumbunan nutrisi. Tidak semua sel bakteri memiliki kapsul. Hanya bakteri yang patogen yang memiliki kapsul.

2. Flagela

Alat gerak pada bakteri berupa flagela atau bulu cambuk adalah struktur berbentuk batang atau spiral yang menonjol dari dinding sel. Flagela memungkinkan bakteri bergerak menuju kondisi

lingkungan yang menguntungkan dan menghindari dari lingkungan yang merugikan bagi kehidupannya. Flagela adalah struktur kompleks yang tersusun atas bermacam-macam protein termasuk flagelin yang membuat flagela berbentuk seperti tabung cambuk dan protein kompleks yang memanjangkan dinding sel dan membran sel untuk membentuk motor yang menyebabkan flagela berotasi. Flagela berbentuk seperti cambuk. Flagela digunakan bakteri sebagai alat gerak. Flagella memiliki jumlah yang berbeda-beda pada bakteri dan letak yang berbeda-beda pula yaitu:

1. Monotrik : bakteri yang memiliki sebuah flagel pada satu ujungnya.
2. Lofotrik : bakteri yang pada satu ujungnya memiliki lebih dari satu flagel.
3. Amfitrik : bakteri yang pada kedua ujungnya hanya terdapat satu buah flagel.
4. Peritrik : bakteri yang memiliki flagel pada seluruh permukaan tubuhnya.



3. Dinding sel

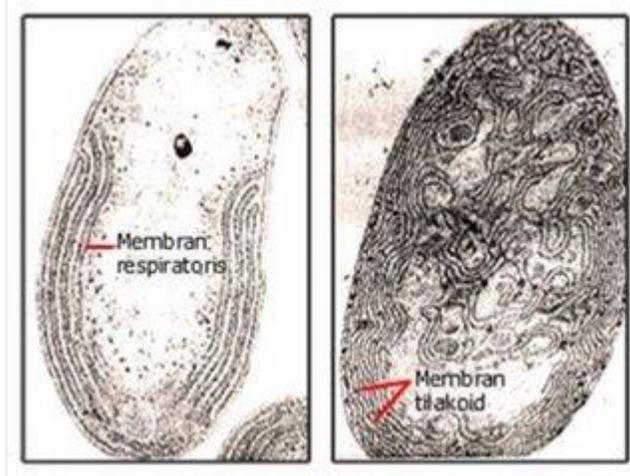
Fungsi dinding sel pada prokaryota, adalah melindungi sel dari tekanan turgor yang disebabkan tingginya konsentrasi protein dan molekul lainnya dalam tubuh sel dibandingkan dengan lingkungan di luarnya. Dinding sel bakteri berbeda dari organisme lain. Dinding sel bakteri mengandung peptidoglikan yang terletak di luar membran sitoplasmik. Peptidoglikan berperan dalam kekerasan dan memberikan bentuk sel. Ada dua tipe utama bakteri berdasarkan kandungan peptidoglikan dinding selnya yaitu Gram positif dan Gram negatif.

4. Membran sel

Tersusun atas molekul lemak dan protein. Membran sel bersifat semipermeable dan berfungsi untuk mengatur keluar masuknya zat ke dalam sel.

5. Sitoplasma

Sitoplasma tersusun atas koloid yang mengandung berbagai molekul organik seperti karbohidrat, lemak, protein, dan mineral-mineral. Sitoplasma merupakan tempat berlangsungnya reaksi metabolik.



Gambar: Granula

6. Granula

Granula berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan karena bakteri menyimpan cadangan makanan yang dibutuhkan.

ak

7. Kromosom

Tidak seperti eukaryota, kromosom bakteri tidak dikelilingi membran-bound nucleus melainkan ada di dalam sitoplasma sel bakteri. Ini berarti translasi, transkripsi dan replikasi DNA semuanya terjadi di tempat yang sama dan dapat berinteraksi dengan struktur sitoplasma lainnya, salah satunya ribosom.

8. Vakuola gas

Dengan mengatur jumlah gas dalam vakuola gasnya, bakteri dapat meningkatkan atau mengurangi kepadatan sel mereka secara keseluruhan dan bergerak ke atas atau bawah dalam air.

9. Pili dan fimbria

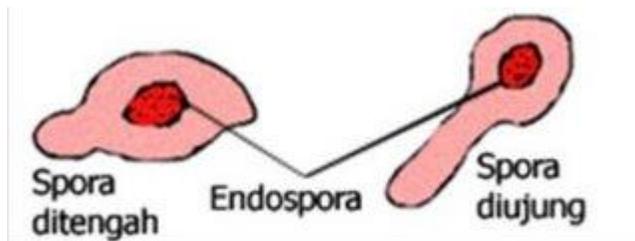
Fimbria adalah tabung protein yang menonjol dari membran pada banyak spesies dari Proteobacteria. Fimbria umumnya pendek dan terdapat banyak di seluruh permukaan sel bakteri. Struktur pili mirip dengan fimbria dan ada di permukaan sel bakteri.

10. Plasmid

Kebanyakan bakteri memiliki plasmid. Plasmid dapat dengan mudah didapat oleh bakteri. Namun, bakteri juga mudah untuk menghilangkannya. Plasmid dapat diberikan kepada bakteri lainnya dalam bentuk transfer gen horizontal.

11. Ribosom

Semua prokaryota memiliki 70S (di mana S = satuan Svedberg) ribosom sedangkan eukaryota memiliki 80S ribosom pada sitosol mereka.



Gambar: Endospora

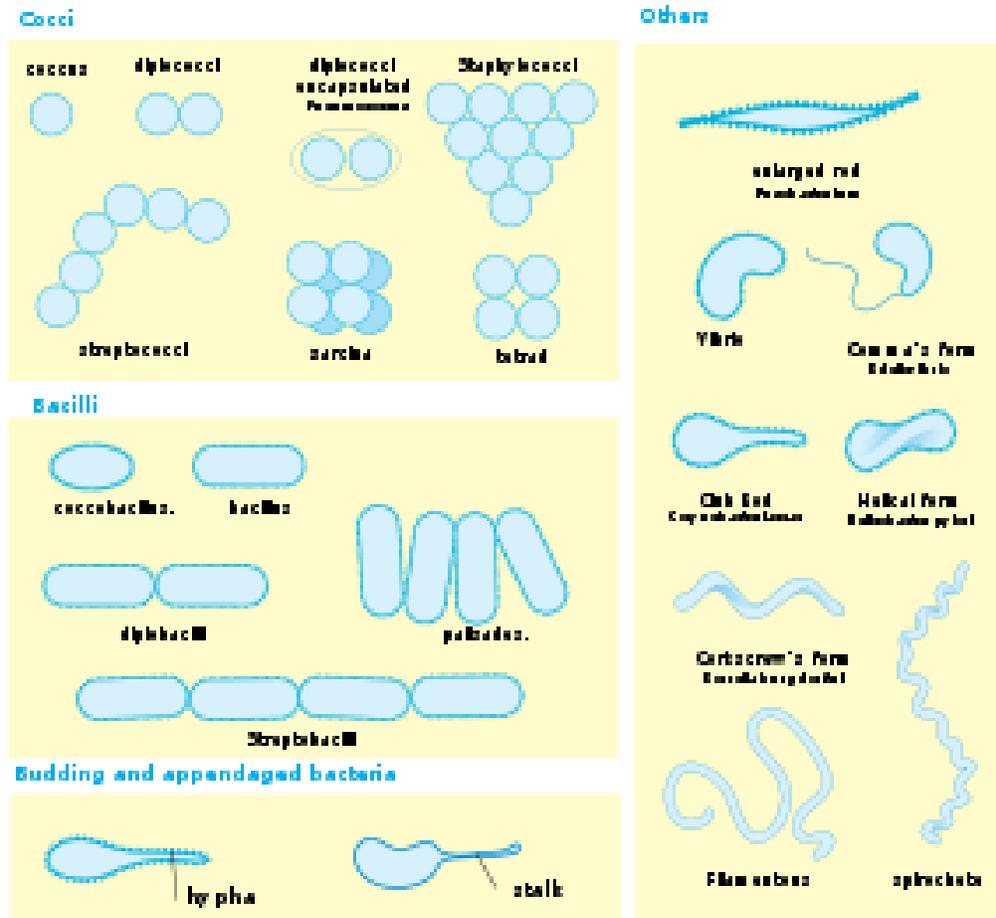
12. Endospora

Endospora bentuk istirahat dari beberapa jenis bakteri gram positif dan terbentuk didalam sel bakteri jika kondisi tidak menguntungkan bagi kehidupan bakteri. Endospora mengandung sedikit sitoplasma, materi genetik, dan ribosom. Dinding endospora yang tebal tersusun atas protein dan menyebabkan endospora tahan terhadap kekeringan, radiasi cahaya, suhu tinggi dan zat kimia. Jika kondisi lingkungan menguntungkan endospora akan tumbuh menjadi sel bakteri baru, misal pada bakteri Clostridium dan Basilus.

Bentuk Bakteri

Bentuk dasar bakteri terdiri atas bentuk bulat (kokus), batang (basil), dan spiral (spirilia) serta terdapat bentuk antara kokus dan basil yang disebut kokobasil.

Berbagai macam bentuk bakteri :



Gambar 2 . Berbagai bentuk bakteri

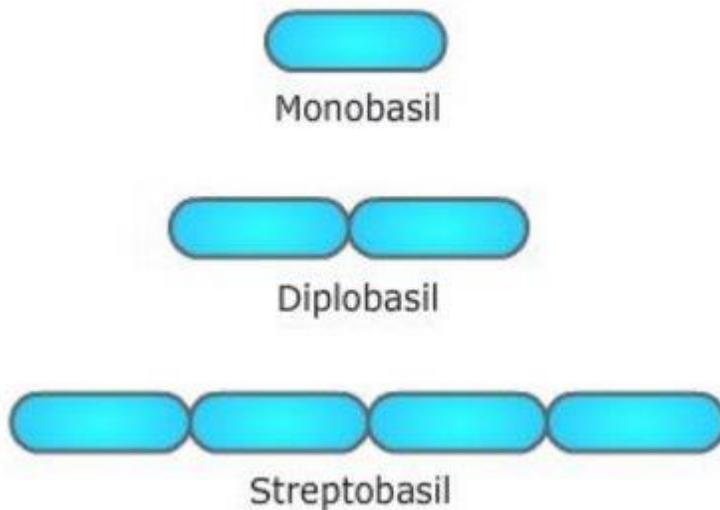
1. Bakteri Kokus : Bakteri dengan bentuk dasar bulat

- Monokokus**, yaitu berupa sel bakteri kokus tunggal. Misalnya *Neisseria gonorrhoeae*, penyebab penyakit kencing nanah.
- Diplokokus**, yaitu dua sel bakteri kokus berdempetan. Misalnya *Diplococcus pneumoniae*, penyebab penyakit pneumonia atau radang paru-paru.

- c. **Tetrakokus**, yaitu empat sel bakteri kokus berdempetan berbentuk segi empat.
- d. **Sarkina**, yaitu delapan sel bakteri kokus berdempetan membentuk kubus.
- e. **Streptokokus** yaitu lebih dari empat sel bakteri kokus berdempetan membentuk rantai.
Misalnya *Streptococcus pyrogenes*, penyebab demam jengking dan sakit tenggorokan, dan *Streptococcus thermophilus*, untuk membuat yoghurt.
- f. **Stapilokokus** yaitu lebih dari empat sel bakteri kokus berdempetan seperti buah anggur

2. Bakteri Basil : Bakteri dengan bentuk dasar batang

Bentuk-Bentuk Bakteri Basil



- a. **Monobasil**, yaitu berupa sel bakteri basil tunggal. Misalnya *Salmonella thypi*, *E. coli*, dan *Lactobacillus*.
 - b. **Diplobasil**, yaitu berupa dua sel bakteri basil berdempetan
 - c. **Streptobasil**, yaitu beberapa sel bakteri basil berdempetan membentuk rantai. Misalnya *Azotobacter* dan *Bacillus anthracis*.
3. Bakteri Spirilia : Bakteri dengan bentuk dasar spiral
- a. **Spiral** yaitu bentuk sel bergelombang. Misalnya *Spirillum*.
 - b. **Spiroseta** yaitu bentuk sel seperti sekrup.
 - c. **Vibrio** yaitu bentuk sel seperti tanda baca koma. Misalnya *Vibrio cholera*, penyebab penyakit kolera.

Reproduksi Bakteri

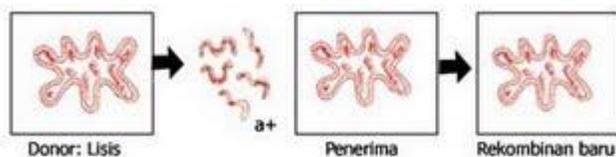
Bakteri tidak mengalami mitosis dan meiosis. Hal ini merupakan perbedaan penting antara bakteri (prokariot) dengan sel eukariot. Reproduksi. Bakteri mengadakan pembiakan dengan dua cara, yaitu secara asexual dan seksual. Pemiakan secara asexual dilakukan dengan pembelahan, sedangkan pembiakan seksual dilakukan dengan cara transformasi, transduksi, dan konjugasi. Namun, proses pembiakan cara seksual berbeda dengan eukariota lainnya. Sebab, dalam proses pembiakan tersebut tidak ada penyatuan inti sel sebagaimana biasanya pada eukarion, yang terjadi hanya berupa pertukaran materi genetika (rekombinasi genetik). Berikut ini beberapa cara pembiakan bakteri dengan cara rekombinasi genetik dan membelah diri.

a. Rekombinasi Genetik

Adalah pemindahan secara langsung bahan genetic (DNA) di antara dua sel bakteri melalui proses berikut:

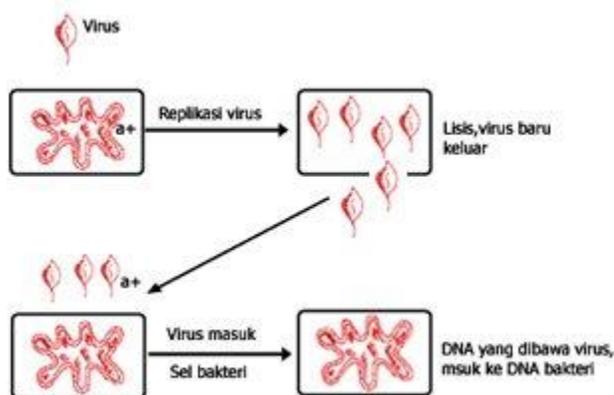
1. Transformasi

Transformasi adalah perpindahan materi genetik berupa DNA dari sel bakteri yang satu ke sel bakteri yang lain. Pada proses transformasi tersebut ADN bebas sel bakteri donor akan mengganti sebagian dari sel bakteri penerima, tetapi tidak terjadi melalui kontak langsung. Cara transformasi ini hanya terjadi pada beberapa spesies saja, . Contohnya : *Streptococcus pnemoniae*, Haemophilus, Bacillus, Neisseria, dan Pseudomonas. Diguga transformasi ini merupakan cara bakteri menularkan sifatnya ke bakteri lain. Misalnya pada bakteri Pneumococci yang menyebabkan Pneumonia dan pada bakteri patogen yang semula tidak kebal antibiotik dapat berubah menjadi kebal antibiotik karena transformasi. Proses ini pertama kali ditemukan oleh Frederick Griffith tahun 1928.



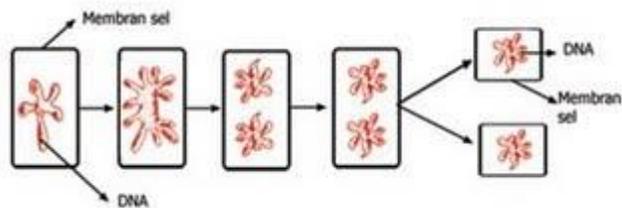
2. Transduksi

Transduksi adalah pemindahan materi genetik bakteri ke bakteri lain dengan perantara virus. Selama transduksi, kepingan ganda ADN dipisahkan dari sel bakteri donor ke sel bakteri penerima oleh bakteriofage (virus bakteri). Bila virus – virus baru sudah terbentuk dan akhirnya menyebabkan lisis pada bakteri, bakteriofage yang nonvirulen (menimbulkan respon lisogen) memindahkan ADN dan bersatu dengan ADN inangnya, Virus dapat menyambungkan materi genetiknya ke DNA bakteri dan membentuk profag. Ketika terbentuk virus baru, di dalam DNA virus sering terbawa sepinggal DNA bakteri yang diinfeksi. Virus yang terbentuk memiliki dua macam DNA yang dikenal dengan partikel transduksi (transducing particle). Proses inilah yang dinamakan Transduksi. Cara ini dikemukakan oleh Norton Zinder dan Joshua Lederberg pada tahun 1952.



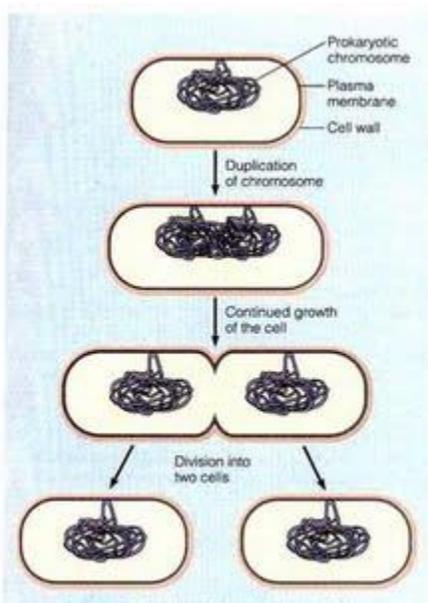
3. Konjugasi

Konjugasi adalah bergabungnya dua bakteri (+ dan -) dengan membentuk jembatan untuk pemindahan materi genetik. Artinya, terjadi transfer ADN dari sel bakteri donor ke sel bakteri penerima melalui ujung pilus. Ujung pilus akan melekat pada sel penerima dan ADN dipindahkan melalui pilus tersebut. Kemampuan sel donor memindahkan ADN dikontrol oleh faktor pemindahan (transfer faktor = faktor F)



b. Pembelahan Biner

Pada pembelahan ini, sifat sel anak yang dihasilkan sama dengan sifat sel induknya. Pembelahan



Gambar : Pembelahan biner pada sel prokariot.
(Sumber : Campbell et al. 1999).

biner mirip mitosis pada sel eukariot. Badanya, pembelahan biner pada sel bakteri tidak melibatkan serabut spindle dan kromosom. Pembelahan Biner dapat dibagi atas tiga fase, yaitu sebagai berikut:

1. Fase pertama, sitoplasma terbelah oleh sekat yang tumbuh tegak lurus.
2. Fase kedua, tumbuhnya sekat akan diikuti oleh dinding melintang.
3. Fase ketiga, terpisahnya kedua sel anak yang identik. Ada bakteri yang segera berpisah dan terlepas sama sekali. Sebaliknya, ada pula bakteri yang tetap bergandengan setelah pembelahan, bakteri demikian merupakan bentuk koloni.

Pada keadaan normal bakteri dapat mengadakan pembelahan setiap 20 menit sekali. Jika pembelahan berlangsung satu jam, maka akan dihasilkan delapan anakan sel. Tetapi pembelahan

bakteri mempunyai faktor pembatas misalnya kekurangan makanan, suhu tidak sesuai, hasil ekskresi yang meracuni bakteri, dan adanya organisme pemangsa bakteri. Jika hal ini tidak terjadi, maka bumi akan dipenuhi bakteri.

Respirasi Bakteri

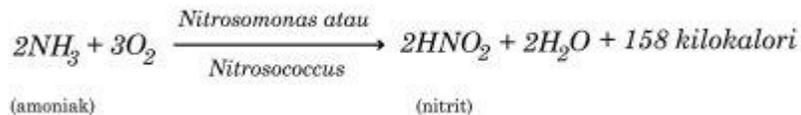
Berdasarkan sumber O₂ (respirasinya) untuk merombak makanannya agar memperoleh energinya dibedakan :

a. Bakteri aerob : bakteri yang menggunakan O₂ bebas untuk untuk respirasinya

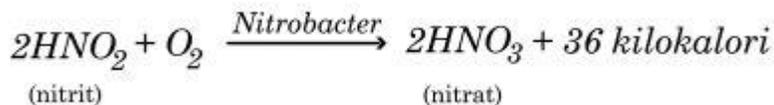
contoh : Nitrosomonas, Nitrobacter, Nitrosococcus.

Bakteri Nitrifikasi

Melakukan proses nitrifikasi, yaitu mengoksidasi amoniak menjadi nitrat. Nitrosomonas dan Nitrosococcus (bakteri nitrit) adalah bakteri yang mengoksidasi ammonia (NH₃). Prosesnya sebagai berikut

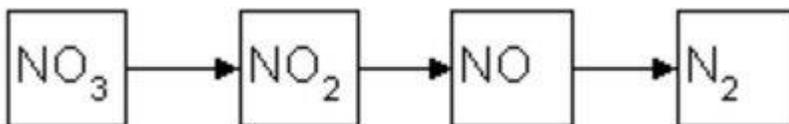


Nitrobacter (bakteri nitrat) adalah bakteri yang mengoksidasi ion nitrit (HNO₂). Proses adalah sebagai berikut.



Bakteri Denitrifikasi

Bakteri ini berlawanan dengan bakteri nitrifier. Bakteri ini mereduksi nitrat menjadi gas nitrogen:



Contoh, Pseudomonas auregenusa

b. Bakteri anaerob : bakteri yang tidak dapat menggunakan O₂ bebas untuk respirasinya. Energi diperoleh dari proses perombakan senyawa organik yang tanpa menggunakan oksigen yang disebut fermentasi. Bakteri anaerob dibedakan menjadi anaerob obligat dan anaerob fakultatif.

Bakteri anaerob obligat, hanya dapat hidup jika tidak ada oksigen. Oksigen merupakan racun bagi bakteri anaerob obligat. Contohnya adalah *Micrococcus denitrificans*, *Clostridium botulinum*, dan *Clostridium tetani*.

Bakteri anaerob fakultatif, dapat hidup jika ada oksigen maupun tidak ada oksigen. Contohnya *Escherichia coli* dan *Lactobacillus*.

Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan merupakan proses bertambahnya ukuran atau substansi atau masa zat suatu organisme, misalnya kita makhluk makro ini dikatakan tumbuh ketika bertambah tinggi, bertambah besar atau bertambah berat. Pada organisme bersel satu pertumbuhan lebih diartikan sebagai pertumbuhan koloni, yaitu penambahan jumlah koloni, ukuran koloni yang semakin besar atau substansi atau massa mikroba dalam koloni tersebut semakin banyak, pertumbuhan pada mikroba diartikan sebagai penambahan jumlah sel mikroba itu sendiri.

Pertumbuhan merupakan suatu proses kehidupan yang irreversible artinya tidak dapat dibalik kejadiannya. Pertumbuhan didefinisikan sebagai penambahan kuantitas konstituen seluler dan struktur organisme yang dapat dinyatakan dengan ukuran, diikuti penambahan jumlah, penambahan ukuran sel, penambahan berat atau massa dan parameter lain. Sebagai hasil penambahan ukuran dan pembelahan sel atau penambahan jumlah sel maka terjadi pertumbuhan populasi mikroba (Sofa, 2008).

Istilah pertumbuhan bakteri lebih mengacu kepada penambahan jumlah sel bukan mengacu kepada perkembangan individu organisme sel. Bakteri memiliki kemampuan untuk menggandakan diri secara eksponensial dikarenakan sistem reproduksinya adalah pembelahan biner melintang, dimana tiap sel membelah diri menjadi dua sel.

Bakteri merupakan organisme kosmopolit yang dapat kita jumpai di berbagai tempat dengan berbagai kondisi di alam ini. Mulai dari padang pasir yang panas, sampai kutub utara yang beku kita masih dapat menjumpai bakteri. Namun bakteri juga memiliki batasan suhu tertentu dia bisa

tetap bertahan hidup, ada tiga jenis bakteri berdasarkan tingkat toleransinya terhadap suhu lingkungannya:

1. Mikroorganisme psikrofil yaitu mikroorganisme yang suka hidup pada suhu yang dingin, dapat tumbuh paling baik pada suhu optimum dibawah 20oC.
2. Mikroorganisme mesofil, yaitu mikroorganisme yang dapat hidup secara maksimal pada suhu yang sedang, mempunyai suhu optimum di antara 20oC sampai 50oC
3. Mikroorganisme termofil, yaitu mikroorganisme yang tumbuh optimal atau suka pada suhu yang tinggi, mikroorganisme ini sering tumbuh pada suhu diatas 40oC, bakteri jenis ini dapat hidup di tempat-tempat yang panas bahkan di sumber-sumber mata air panas bakteri tipe ini dapat ditemukan, pada tahun 1967 di yellow stone park ditemukan bakteri yang hidup dalam sumber air panas bersuhu 93-94oC.

Selang waktu yang dibutuhkan sel untuk membelah diri disebut dengan waktu generasi. Tiap spesies bakteri memiliki waktu generasi yang berbeda-beda, seperti Escherichia coli, bakteri umum yang dijumpai di saluran pencernaan dan di tempat lain, memiliki waktu generasi 15-20 menit. Hal ini artinya bakteri E. coli dalam waktu 15-20 menit mampu menggandakan selnya menjadi dua kali lipat. Misalnya pada suatu tempat terdapat satu sel bakteri E. coli, maka ilustrasinya dapat berlangsung sebagai berikut :

0'	15'	30'	45'	60'	75'	90'	105'	120'	135'
1 sel	2 sel	4 sel	8 sel	16 sel	32 sel	64 sel	128 sel	256 sel	512 sel
2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7	2^8	2^9

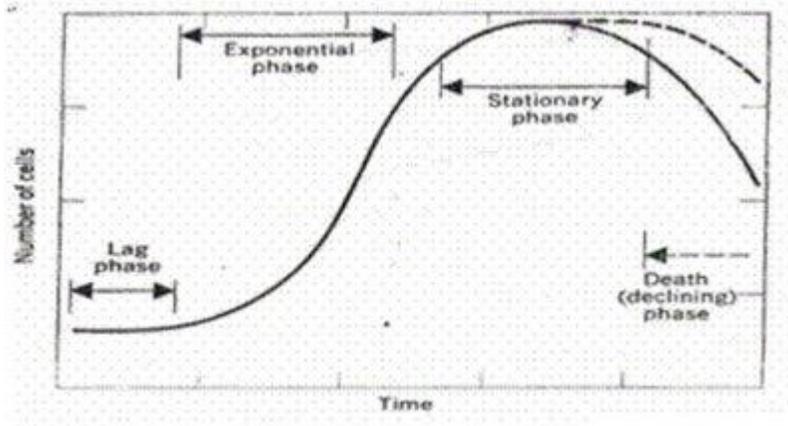
Tabel: Contoh Pembelahan Biner Bakteri tiap 15 menit

Hal ini menunjukkan hubungan antara pertambahan sel dengan waktu adalah berbentuk geometrik eksponensial dengan rumus 2^n . Jadi, bakteri E. coli dalam waktu 10 jam berkembang dari satu sel menjadi $1,09 \times 10^{12}$ sel atau lebih dari 1 triliun sel. Sekarang bagaimana apabila jumlah sel awal lebih dari 1 sel?

Kurva Pertumbuhan Bakteri

Apabila satu bakteri tunggal (seperti E. coli di atas) diinokulasikan pada suatu medium dan memperbanyak diri dengan laju yang konstan/tetap, maka pada suatu waktu pertumbuhannya

akan berhenti dikarenakan sokongan nutrisi pada lingkungan sudah tidak memadai lagi, sehingga akhirnya terjadi kemerosotan jumlah sel akibat banyak sel yang sudah tidak mendapatkan nutrisi lagi. Hingga akhirnya pada titik ekstrim menyebabkan terjadinya kematian total bakteri. Kejadian di atas apabila digambarkan dalam bentuk kurva adalah sebagaimana di bawah.



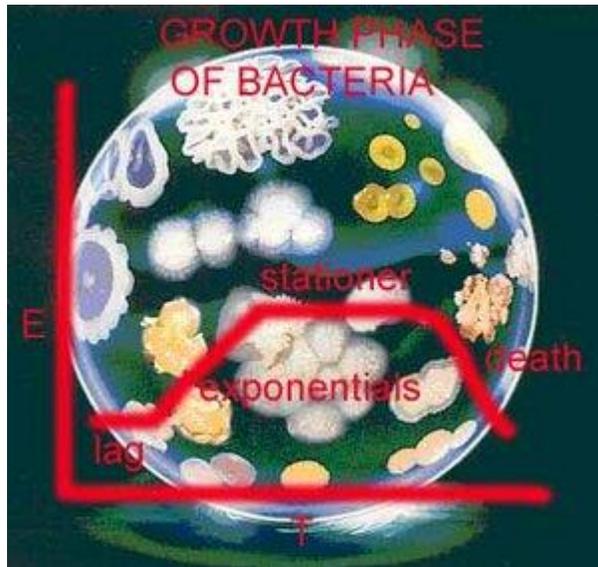
Gambar: Kurva Pertumbuhan Bakteri

Kurva di atas disebut sebagai kurva pertumbuhan bakteri. Ada empat fase pada pertumbuhan bakteri sebagaimana tampak pada kurva, yaitu :

Fase Pertumbuhan	Ciri
Lag (lambat)	Tidak ada pertumbuhan populasi karena sel mengalami perubahan komposisi kimiawi dan ukuran serta bertambahnya substansi intraseluler sehingga siap untuk membelah diri.
Logaritma atau eksponensial	Sel membelah diri dengan laju yang konstan, massa menjadi dua kali lipat, keadaan pertumbuhan seimbang.
Stationary (stasioner/tetap)	Terjadinya penumpukan racun akibat metabolisme sel dan kandungan nutrisi mulai habis, akibatnya terjadi kompetisi nutrisi sehingga beberapa sel mati dan lainnya tetap tumbuh. Jumlah sel menjadi konstan.
Death (kematian)	Sel menjadi mati akibat penumpukan racun dan habisnya nutrisi, menyebabkan jumlah sel yang mati lebih banyak sehingga mengalami penurunan jumlah sel secara eksponensial.

Tabel: Ciri dan Fase pada Kurva Pertumbuhan

Pengetahuan akan kurva pertumbuhan bakteri sangat penting untuk menggambarkan karakteristik pertumbuhan bakteri, sehingga akan mempermudah di dalam kultivasi (menumbuhkan) bakteri ke dalam suatu media, penyimpanan kultivasi dan penggantian media.



Gambar 3. Fase Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor :

1. Temperatur, umumnya bakteri tumbuh baik pada suhu antara 25 - 35 derajat C.
2. Kelembaban, lingkungan lembab dan tingginya kadar air sangat menguntungkan untuk pertumbuhan bakteri
3. Sinar Matahari, sinar ultraviolet yang terkandung dalam sinar matahari dapat mematikan bakteri.
4. Zat kimia, antibiotik, logam berat dan senyawa-senyawa kimia tertentu dapat menghambat bahkan mematikan bakteri.

Penggolongan Bakteri Berdasarkan Cara Memperoleh Makanannya

Bakteri membutuhkan makanan untuk keperluan hidupnya, baik berupa bahan kimia organik maupun anorganik. Semua bahan makanan tersebut dikenal sebagai nutrient, sedangkan proses penyerapan atau usaha untuk memperoleh nutrient tersebut disebut nutrisi. Berdasarkan cara

memperoleh makanannya, bakteri dapat digolongkan menjadi dua golongan yaitu bakteri heterotrof dan bakteri autotrof.

a. **Bakteri Heterotrof**

Bakteri heterotrof adalah bakteri yang hidup dengan memperoleh makanan berupa zat organik dari lingkungannya karena tidak dapat menyusun sendiri zat organik yang dibutuhkannya. Zat-zat organik diperoleh dari sisa organisme lain, sampah, atau zat-zat yang terdapat di dalam tubuh organisme lain. Bakteri yang mendapatkan zat organik dari sampah, kotoran, bangkai, dan juga



makanan biasanya disebut sebagai **bakteri saprofit**. Bakteri ini menguraikan zat-zat organik yang terkandung di dalam makanan menjadi zat-zat anorganik yaitu karbondioksida, hydrogen, energi, dan mineral-mineral. Bakteri ini berfungsi sebagai pengurai dan penyedia nutrisi bagi tumbuhan. Penting untuk pengomposan, namun merugikan jika terdapat pada makanan karena menyebabkan makanan menjadi busuk. Gambar disamping adalah bakteri *Escherichia coli* yang terdapat di dalam usus manusia juga hidup secara saprofit. Tanpa bakteri ini, kita akan sulit buang air.

Bakteri heterotrof lain adalah **bakteri parasit**, baik parasit pada hewan, tumbuhan, maupun manusia. Kebutuhan zat organik diperoleh dari inangnya. Bakteri ini dapat menyebabkan sakit sehingga disebut pathogen. Contoh bakteri yang hidup pada manusia adalah *Clostridium tetani* (penyebab penyakit tetanus), *Mycobacterium tuberculosis* (penyebab TBC), dan *Mycobacterium leprae* (penyebab lepra).

b. **Bakteri Autotrof**

Bakteri ini dapat menyusun sendiri zat-zat organik dari zat-zat anorganik sehingga disebut sebagai bakteri autotrof. Pengubahan zat anorganik menjadi zat organik dilakukan melalui dua cara, yaitu:

- Menggunakan energi cahaya



Energi cahaya digunakan untuk mengubah zat anorganik menjadi organik melalui proses fotosintesis. Karena itu bakteri dikenal sebagai bakteri yang

hidup secara fotoautotrof, sehingga biasa disebut **bakteri fotoautotrof**. Contoh bakteri ini adalah bakteri hijau dan bakteri ungu. Bakteri hijau mengandung pigmen hijau. Pigmen ini disebut bakterioklorofil. Bakteri ungu mengandung pigmen ungu, merah, atau kuning. Pigmen ini disebut bakteriopurpurin.

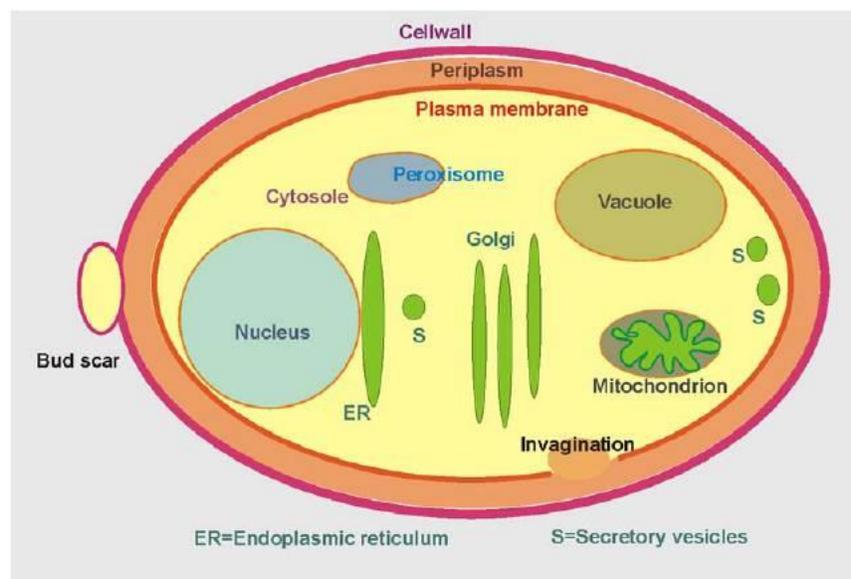
- Menggunakan energi kimia

Energi kimia diperoleh ketika terjadi perombakan zat kimia dari molekul yang kompleks menjadi sederhana dengan melepaskan hydrogen. Bakteri jenis ini biasa disebut sebagai **bakteri kemoautotrof**. Misalnya, bakteri *Nitrosomonas* yang memecah NH_3 menjadi HNO_2 , air dan energi. Energi yang diperoleh digunakan untuk menyusun zat organik. Contoh lainnya adalah *Nitrobacter* seperti gambar disamping ini.

IV. KHAMIR

Khamir adalah anggota Kingdom Fungi yang sebagian besar atau seluruh siklus hidupnya berada dalam kondisi sel tunggal. Khamir bukan merupakan kelompok taksonomi resmi dan pengelompokannya berdasarkan dari bentukan hidupnya (*life form*). Anggota Fungi lainnya yang juga dikelompokkan berdasarkan karakter yang sama adalah kapang dan cendawan.

Sel khamir merupakan salah satu model dari sel eukariota karena memiliki karakteristik tipe sel tersebut: memiliki kompartemen subselular yang menciptakan organel-organel seperti nukleus, mitokondiria, aparatus Golgi, dan lain-lain. Skema struktur sel khamir secara umum dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

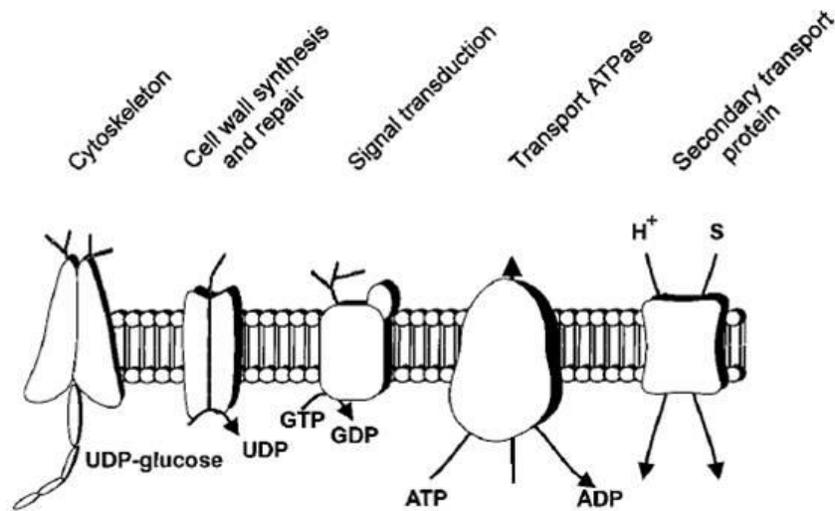


Gambar 4. Sel khamir

Membran sel

Khamir memiliki membran sel dengan ketebalan 7,5 nm yang merupakan dua lapisan lipid yang diselingi oleh protein globular dan membentuk suatu *fluid mosaic*. Komponen lipid tersebut terdiri dari fosfolipid yang berperan dalam fluidisitas membran, dan sterol yang berperan dalam rigiditas membran. Sedangkan komponen protein yang menyelingi lapisan lipid terdiri dari

protein yang berperan dalam transport zat, biosintesis dinding sel, transduksi sinyal, dan pelekatan sitokeleton.



Komponen struktural membran sel sangat bervariasi antar spesies, bahkan strain yang berbeda dalam satu spesies dapat memiliki variasi komposisi lipid membran. Sebagai contoh, strain *baker yeast* dari *Saccharomyces cerevisiae* memiliki jumlah fosfatidilkolin (komponen fosfolipid) yang jauh lebih rendah dibandingkan strain *brewer yeast* spesies yang sama. Perbedaan komposisi penyusun membran sel tersebut bukanlah karakter yang statis, melainkan dinamis tergantung dari kondisi pertumbuhan khamir. Sebagai contoh, komposisi lipid, terutama asam lemak tak jenuh, dapat berubah secara dramatis mengikuti perubahan laju pertumbuhan, temperatur, dan ketersediaan oksigen.

Membran sel khamir bersifat permeabel selektif, yaitu mampu memilih zat-zat yang dapat melewatinya, sehingga fungsinya terutama dalam pengaturan keluar masuknya zat dari dan ke dalam sitoplasma. Peran membran yang penting berkaitan dengan proses nutrisi khamir, seperti proses pengambilan karbohidrat, senyawa nitrogen atau ion; serta pengeluaran zat-zat berbahaya dari dalam sel. Peran lainnya antara lain adalah endo- dan eksositosis molekul-molekul kompleks, penghantar sinyal dari luar sel pada proses respon sel terhadap lingkungan, serta sporulasi.

Periplasma

Periplasma merupakan sebuah daerah “kosong” setebal 35-45 Å antara membran sel dengan dinding sel. Periplasma berisi protein-protein (mannoprotein) sekresi yang tidak mampu menembus dinding sel, termasuk enzim-enzim yang menghidrolisis substrat yang tidak mampu melewati membran sel, antara lain invertase, fosfatase asam, melibiase, dan trehalase.

Dinding sel

Dinding sel khamir merupakan suatu struktur yang tebal (100 – 200 nm) yang mengandung 80 – 90% polisakarida yang sebagian besar adalah glukukan dan manan serta sedikit kitin. Glukan akan membentuk jaringan *microfibril* sedangkan manan umumnya berikatan dengan protein membentuk mannoprotein. Kitin, suatu polimer N-asetilglukosamin, hanya ditemui dalam jumlah yang sangat sedikit (2 – 4%) pada dinding sell. Namun pada khamir yang mampu membentuk hifa, jumlah kitin lebih tinggi. Selain polisakarida, dinding sel khamir juga mengandung protein, lipid, dan fosfat anorganik.

Dinding sel khamir merupakan suatu struktur berlapis: pada lapisan terluar terdapat mannoprotein; lalu jaringan *microfibril* glukukan; kemudian kitin dan mannoprotein pada lapisan terdalam. Mannoprotein berfungsi sebagai penentu porositas dinding sel dan akan “menolak” masuk molekul yang lebih besar dari 600 kDa, glukukan berfungsi mempertahankan rigiditas dinding sel, sedangkan kitin berfungsi antara lain sebagai reseptor mikosin serta mempertahankan integritas osmotik sel.

V. JAMUR/FUNGI

Jamur dalam bahasa Indonesia memiliki beberapa arti yang agak berkaitan yaitu (a). Jamur adalah tubuh buah yang tampak di permukaan media tumbuh dari sekelompok fungi (Basidiomycota) yang berbentuk seperti payung: terdiri dari bagian yang tegak ("batang") dan bagian yang mendatar atau membulat. Secara teknis biologis, tubuh buah ini disebut basidium. Beberapa jamur aman dimakan manusia bahkan beberapa dianggap berkhasiat obat, dan beberapa yang lain beracun. Contoh jamur yang bisa dimakan: jamur merang (*Volvariella volvacea*), jamur tiram (*Pleurotus*), jamur kuping (*Auricularia polytricha*), jamur kancing atau *champignon* (*Agaricus campestris*), dan jamur shiitake (*Lentinus edulis*). (b). *Jamur* adalah keseluruhan bagian dari fungi: tubuh buah, dan bagian jaring-jaring di bawah permukaan tanah atau media *mycelia* yang tersusun dari berkas-berkas *hifa*. (c) *Jamur* adalah sebutan lain untuk *kapang*. Makna ini misalnya dapat disimak dari ungkapan "Rotinya sudah berjamur" yang maksudnya adalah 'rotinya telah ditumbuhi kapang'

Fungi adalah nama regnum dari sekelompok besar makhluk hidup eukariotik heterotrof yang mencerna makanannya di luar tubuh lalu menyerap molekul nutrisi ke dalam sel-selnya. Fungi memiliki bermacam-macam bentuk. Awam mengenal sebagian besar anggota Fungi sebagai jamur, kapang, khamir, atau ragi, meskipun seringkali yang dimaksud adalah penampilan luar yang tampak, bukan spesiesnya sendiri. Kesulitan dalam mengenal fungi sedikit banyak disebabkan adanya pergiliran keturunan yang memiliki penampilan yang sama sekali berbeda (ingat metamorfosis pada serangga atau katak).

Fungi memperbanyak diri secara seksual dan aseksual. Perbanyak seksual dengan cara :dua hifa dari jamur berbeda melebur lalu membentuk zigot lalu zigot tumbuh menjadi tubuh buah, sedangkan perbanyak aseksual dengan cara membentuk spora, bertunas atau fragmentasi hifa. Jamur memiliki kotak spora yang disebut sporangium. Di dalam sporangium terdapat spora. Contoh jamur yang membentuk spora adalah Rhizopus. Contoh jamur yang membentuk tunas adalah Saccharomyces. Hifa jamur dapat terpotong dan setiap fragmen dapat tumbuh menjadi tubuh buah. Ilmu yang mempelajari fungi disebut mikologi (dari akar kata Yunani *μυκης*, "lendir", dan *λογος*, "pengetahuan", "lambang").

Fungi dulu dikelompokkan sebagai tumbuhan. Dalam perkembangannya, fungi dipisahkan dari tumbuhan karena banyak hal yang berbeda. Fungi bukan autotrof seperti tumbuhan melainkan heterotrof sehingga lebih dekat ke hewan. Usaha menyatukan fungi dengan hewan pada golongan yang sama juga gagal karena fungi mencerna makanannya di luar tubuh (eksternal), tidak seperti hewan yang mencerna secara internal. Selain itu, sel-sel fungi ber dinding sel yang tersusun dari kitin, tidak seperti sel hewan.

Fungi hidup menyerap zat organik dari lingkungannya. Berdasarkan cara memperoleh makannya, fungi mempunyai sifat sebagai berikut: Saprofit, Parasit dan Mutual. Fungi hidup pada lingkungan yang beragam namun sebagian besar jamur hidup di tempat yang lembab. Habitat fungi berada di darat (terrestrial) dan di tempat lembab. Meskipun demikian banyak pula fungi yang hidup pada organisme atau sisa-sisa organisme di laut atau di air tawar. Jamur juga dapat hidup di lingkungan yang asam.

Fungi melakukan reproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi secara aseksual terjadi dengan pembentukan kuncup atau tunas pada jamur uniseluler serta pemutusan benang hifa (fragmentasi miselium) dan pembentukan spora aseksual (spora vegetatif) pada fungi multiseluler. Reproduksi jamur secara seksual dilakukan oleh spora seksual. Spora seksual dihasilkan secara singami. Singami terdiri dari dua tahap, yaitu tahap plasmogami dan tahap kariogami.

Tubuh jamur terdiri dari benang-benang yang disebut hifa, hifa dapat membentuk anyaman bercabang-cabang yang disebut miselium. **Hifa** (bahasa Latin: *hypha*, jamak *hyphae*) adalah struktur biologis berupa berkas-berkas halus yang merupakan bagian dari tubuh vegetatif berbagai fungi ("kerajaan jamur"). Hifa dapat dengan mudah dilihat dengan mata bila telah membentuk massa yang rapat dan membentuk koloni-koloni pada bagian tubuh organisme inang atau sisa-sisa organisme atau makanan, dikenal sebagai **miselium** (*mycelium*, jamak *mycelia*). Dapat dikatakan, hifa adalah bentuk tubuh jamur yang sesungguhnya. Struktur berbentuk mirip payung yang biasa dikenal orang sebagai jamur tidak lain hanyalah alat reproduksi yang dikenal sebagai tubuh buah, yang muncul hanya sewaktu-waktu.

Bagi fungi, hifa memiliki peran yang sedikit banyak seperti akar dan daun pada tumbuhan sekaligus. Hifa tumbuh menyebar ke dalam tubuh atau semua bagian organisme. Bentuk hifa yang halus memperluas permukaan kontak dengan substrat (objek makanannya). Hifa kemudian melepaskan enzim atau substansi lain (khususnya pada fungi yang hidup pada jaringan hidup) pada substrat agar kemudian dihasilkan senyawa-senyawa kimia tertentu (terutama karbohidrat). Hifa kemudian kembali menyerap senyawa-senyawa kimia ini untuk dimanfaatkannya dalam metabolisme internal. Cara kerja semacam inilah yang menyebabkan fungi berbeda dengan eukariota lainnya, seperti tumbuhan (autotrof) atau hewan (sepenuhnya heterotrof). Fungi, dengan cara kerja hifa semacam ini, dikenal sebagai saprotrof.

Seberkas hifa adalah sel tunggal. Satu koloni hifa yang dapat dianggap kumpulan sel-sel raksasa pada umumnya berbentuk lingkaran dengan diameter beberapa sentimeter. Namun demikian, beberapa fungi/jamur hutan memiliki jaringan hifa hingga puluhan meter diameternya.

Hifa dulu dipakai untuk membedakan kelas-kelas pada fungi. Fungi dengan hifa tidak bersekat (Phycomycetes, "jamur ganggang") dibedakan dari yang bersekat (Ascomycetes, Basidiomycetes, dan Deuteromycetes).

Jamur dibagi menjadi 6 divisi yaitu :

1 MYXOMYCOTINA (Jamur lendir)

Myxomycotina merupakan jamur yang paling sederhana. Mempunyai 2 fase hidup, yaitu:

- fase vegetatif (fase lendir) yang dapat bergerak seperti amuba, disebut plasmodium
- fase tubuh buah

Reproduksi : secara vegetatif dengan spora, yaitu spora kembara yang disebut myxoflagelata.

Contoh spesies : *Physarum polycephalum*

2 OOMYCOTINA

Tubuhnya terdiri atas benang/hifa tidak bersekat, bercabang-cabang dan mengandung banyak inti. Reproduksi:

- Vegetatif : yang hidup di air dengan zoospora yang hidup di

darat dengan sporangium dan konidia.

- Generatif : bersatunya gamet jantan dan betina membentuk oospora yang selanjutnya tumbuh menjadi individu baru.

Contoh spesies:

a. *Saprolegnia sp.* : hidup saprofit pada bangkai ikan, serangga darat maupun serangga air.

b. *Phytophthora infestans*: penyebab penyakit busuk pada kentang.

3 ZYGOMYCOTINA

- Tubuh multiseluler.
- Habitat umumnya di darat sebagai saprofit.
- Hifa tidak bersekat.
- Reproduksi:
 - Vegetatif: dengan spora.
 - Generatif: dengan konyugasi hifa (+) dengan hifa (-) akan menghasilkan zigospora yang nantinya akan tumbuh menjadi individu baru.

Contoh spesies:

a. *Mucor mucedo* : biasa hidup di kotoran ternak dan roti.

b. *Rhizopus oligosporus* : jamur tempe.

4 ASCOMYCOTINA

- Tubuh ada yang uniseluler dan ada yang multi seluler.
- Ascomycotina, multiseluler, hifanya bersekat dan berinti banyak.
- Hidupnya: ada yang parasit, saprofit, ada yang bersimbiosis dengan ganggang membentuk Lichenes (Lumut kerak).
- Reproduksi:
 - Vegetatif : pada jamur uniseluler membentuk tunas-tunas, pada yang multiseluler membentuk spora dari konidia.
 - Generatif: Membentuk askus yang menghasilkan askospora.

Contoh spesies:

1. *Sacharomyces cerevisiae*:

sehari-hari dikenal sebagai ragi.

- berguna untuk membuat bir, roti maupun alkohol.

- mampu mengubah glukosa menjadi alkohol dan CO₂ dengan proses fermentasi.

2. *Neurospora sitophila*:

jamur oncom.

3. *Penicillium notatum* dan *Penicillium chrysogenum*

penghasil antibiotika penisilin.

4. *Penicillium camemberti* dan *Penicillium roqueforti*

berguna untuk mengharumkan keju.

5. *Aspergillus oryzae*

untuk membuat sake dan kecap.

6. *Aspergillus wentii*

untuk membuat kecap

7. *Aspergillus flavus*

menghasilkan racun aflatoksin □ hidup pada biji-bijian. aflatoksin salah satu penyebab kanker hati.

8. *Claviceps purpurea*

hidup sebagai parasit pada bakal buah Gramineae.

5 BASIDIOMYCOTINA

- Ciri khasnya alat reproduksi generatifnya berupa basidium sebagai badan penghasil spora.
- Kebanyakan anggota spesies berukuran makroskopik.

Contoh spesies:

1. *Volvariella volvacea* :

jamur merang, dapat dimakan dan sudah dibudidayakan

2. *Auricularia polytricha* :

jamur kuping, dapat dimakan dan sudah dibudidayakan

3. *Exobasidium vexans* :

parasit pada pohon teh penyebab penyakit cacar daun teh atau blister blight.

4. *Amanita muscaria* dan *Amanita phalloides*:

jamur beracun, habitat di daerah subtropis

5. *Ustilago maydis* :

jamur api, parasit pada jagung.

6. *Puccinia graminis* :

jamur karat, parasit pada gandum

6. DEUTEROMYCOTIN

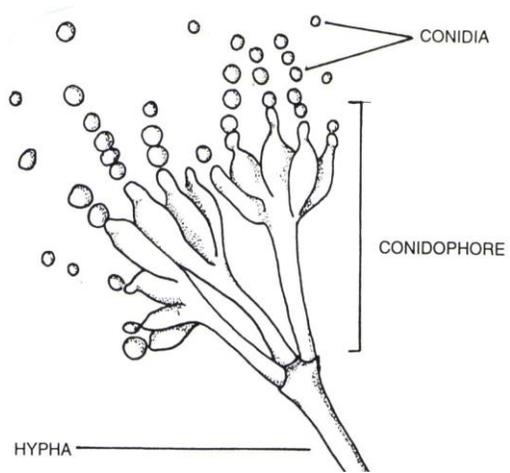
Nama lainnya Fungi Imperfecti (jamur tidak sempurna) dinamakan demikian karena pada jamur ini belum diketahui dengan pasti cara pembiakan secara generatif. Contoh : Jamur Oncom sebelum diketahui pembiakan generatifnya dinamakan *Monilia sitophila* tetapi setelah diketahui pembiakan generatifnya yang berupa askus namanya diganti menjadi *Neurospora sitophila* dimasukkan ke dalam Ascomycotina. Banyak penyakit kulit karena jamur (dermatomikosis) disebabkan oleh jamur dari golongan ini, misalnya : *Epidermophyton fluocosum* penyebab penyakit kaki atlit, *Microsporum* sp., *Trichophyton* sp. penyebab penyakit kurap.

MIKORHIZA

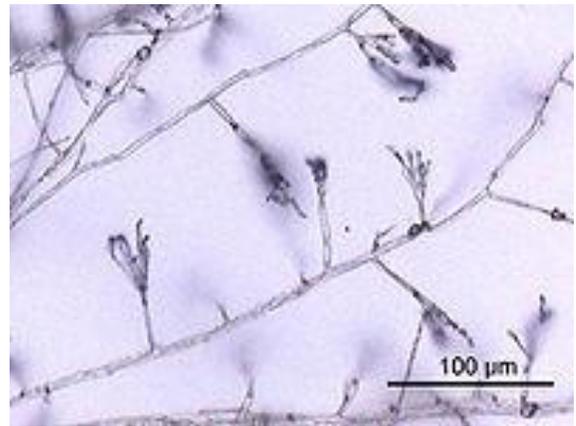
Mikorhiza adalah simbiosis antara jamur dengan tumbuhan tingkat tinggi, jamur yang dari Divisio Zygomycotina, Ascomycotina dan Basidiomycotina.

LICHENES / LIKENES

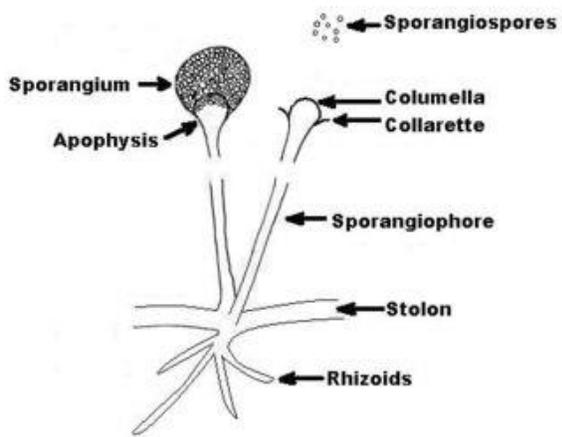
Likenes adalah simbiosis antara ganggang dengan jamur, ganggangnya berasal dari ganggang hijau atau ganggang biru, jamurnya berasal dari Ascomycotina atau Basidiomycotina. Likenes tergolong tumbuhan pionir/vegetasi perintis karena mampu hidup di tempat-tempat yang ekstrim. Contoh : *Usnea dasypoga*, *Parmelia acetabularis*.



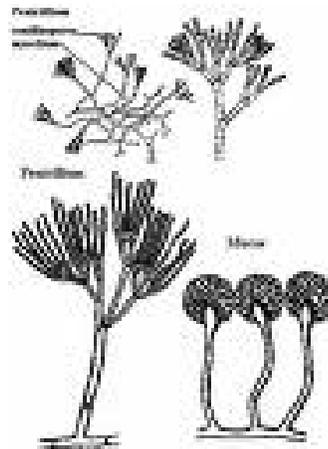
Aspergillus sp.



Penicillium sp



Rhizopus



Gambar 5. Beberapa jenis jamur

VI. VIRUS

Sifat-sifat virus yang penting antara lain :

1. Virus hanya mempunyai 1 macam bahan genetik saja (RNA atau DNA) yang diselubungi oleh selubung protein. Selubung protein disebut kapsid.
2. Untuk reproduksinya hanya memerlukan asam nuklein saja.
3. Virus tidak dapat tumbuh atau membelah diri seperti mikrobia lainnya.

Reproduksi Virus

Virus hanya dapat berkembang biak pada sel atau jaringan hidup. Oleh karena itu, virus menginfeksi sel bakteri, sel hewan, atau sel tumbuhan untuk bereproduksi. Cara reproduksi virus disebut proliferasi atau replikasi. Pada Bakteriofage reproduksinya dibedakan menjadi dua macam, yaitu daur litik dan daur lisogenik. Pada daur litik, virus akan menghancurkan sel induk setelah berhasil melakukan reproduksi, sedangkan pada daur lisogenik, virus tidak menghancurkan sel bakteri tetapi virus berintegrasi dengan DNA sel bakteri, sehingga jika bakteri membelah atau berkembangbiak virus pun ikut membelah. Pada prinsipnya cara perkembangbiakan virus pada hewan maupun pada tumbuhan mirip dengan yang berlangsung pada bakteriofage, yaitu melalui fase adsorpsi, sintesis, dan lisis.

a. Infeksi secara litik/daur litik

Daur litik melalui fase-fase berikut ini:

1. Fase adsorpsi dan infeksi

Dengan ujung ekornya, fag melekat atau menginfeksi bagian tertentu dari dinding sel bakteri, daerah itu disebut daerah reseptor (receptor site : receptor spot). Daerah ini khas bagi fag tertentu, dan fag jenis lain tak dapat melekat di tempat tersebut. Virus penyerang bakteri tidak memiliki enzim-enzim untuk metabolisme, tetapi memiliki enzim lisozim yang berfungsi merusak atau melubangi dinding sel bakteri.

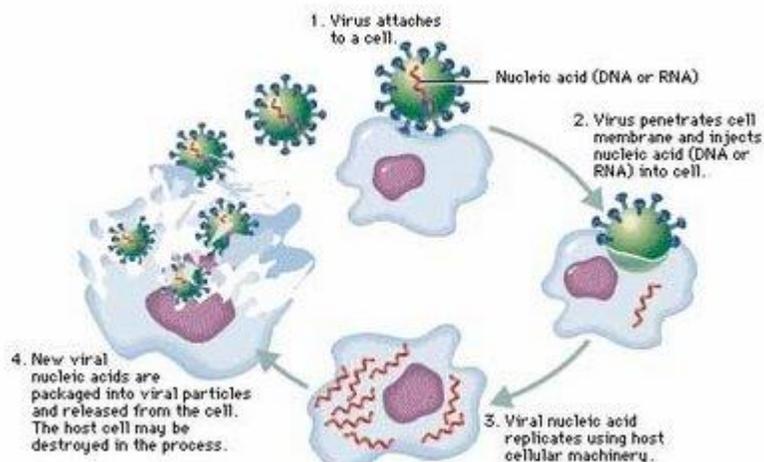
Sesudah dinding sel bakteri terhidrolisis (rusak) oleh lisozim, maka seluruh isi fag masuk ke dalam hospes (sel bakteri). Fag kemudian merusak dan mengendalikan DNA bakteri.

2. Fase Replikasi (fase sintesis)

DNA fag mengadakan pembentukan DNA (replikasi) menggunakan DNA bakteri sebagai bahan, serta membentuk selubung protein. Maka terbentuklah beratus-ratus molekul DNA baru virus yang lengkap dengan selubungnya.

3. Fase Pembebasan virus fag - fag baru / fase lisis

Sesudah fag baru terbentuk, sel bakteri akan pecah (lisis), sehingga keluarlah fag yang baru. Jumlah virus baru ini dapat mencapai sekitar 200. Pembentukan partikel bakteriofag memerlukan waktu sekitar 20 menit.



b. Infeksi secara lisogenik/daur lisogenik

Daur lisogenik melalui fase-fase berikut ini:

1. Fase adsorpsi dan infeksi

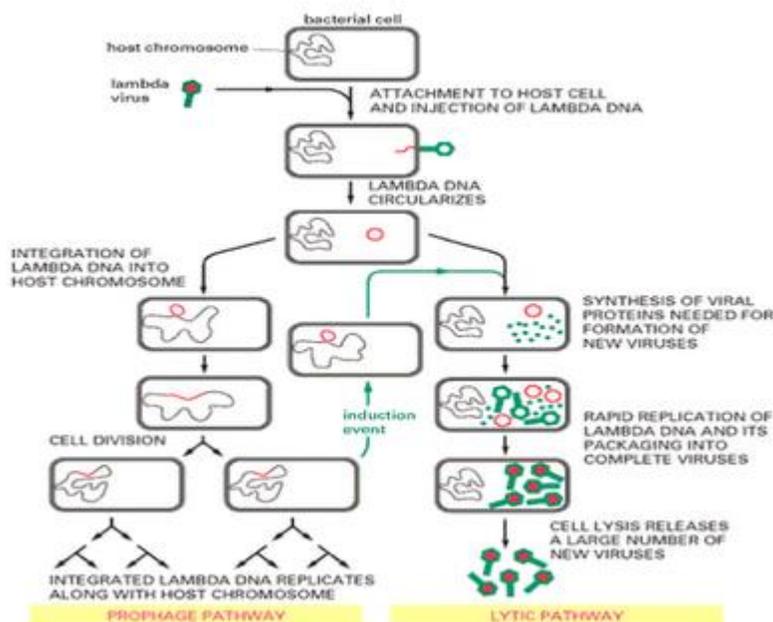
Fag menempel pada tempat yang spesifik. Virus melakukan penetrasi pada bakteri kemudian mengeluarkan DNANYa ke dalam tubuh bakteri.

2. Fase penggabungan

DNA virus bersatu dengan DNA bakteri membentuk profag. Dalam bentuk profag, sebagian besar gen berada dalam fase tidak aktif, tetapi sedikitnya ada satu gen yang selalu aktif. Gen aktif berfungsi untuk mengkode protein reseptor yang berfungsi menjaga agar sebagian gen profag tidak aktif.

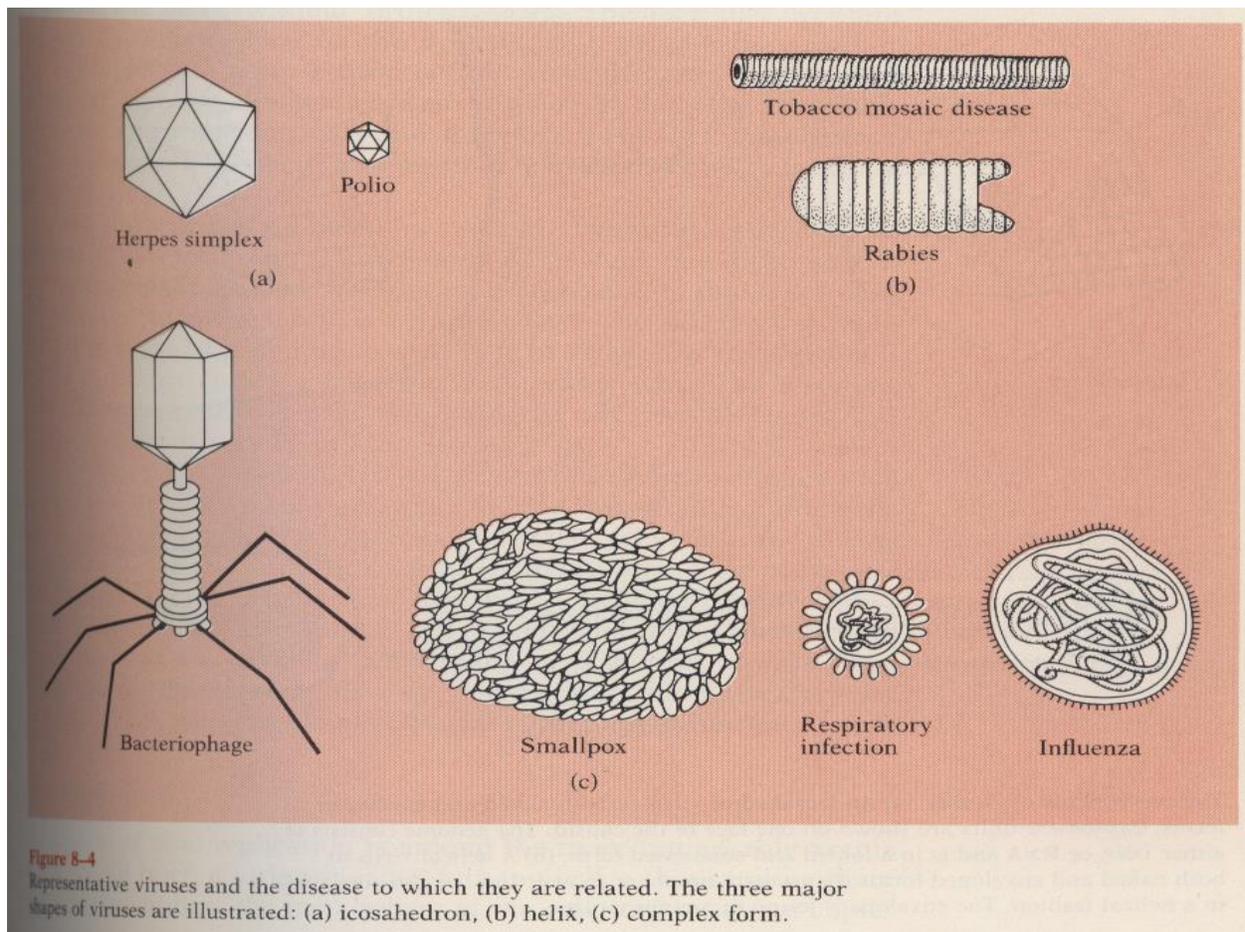
3. Fase pembelahan

Bila bakteri membelah diri, profag ikut membelah sehingga dua sel anakan bakteri juga mengandung profag di dalam selnya. Hal ini akan berlangsung terus-menerus selama sel bakteri yang mengandung profag membelah. Jadi jelaslah bahwa pada virus tidak terjadi pembelahan sel, tetapi terjadi penyusunan bahan virus (fag) baru yang berasal dari bahan yang telah ada dalam sel bakteri yang diserang.



Beberapa perbedaan daur litik dan lisogenik:

Siklus/daur litik	Siklus/daur lisogenik
<ul style="list-style-type: none"> • Waktu relatif singkat • Menonaktifkan bakteri • Berproduksi dengan bebas tanpa terikat pada kromosom bakteri 	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu relatif lama • Mengkominasi materi genetic bakteri dengan virus • Terikat pada kromosom bakteri

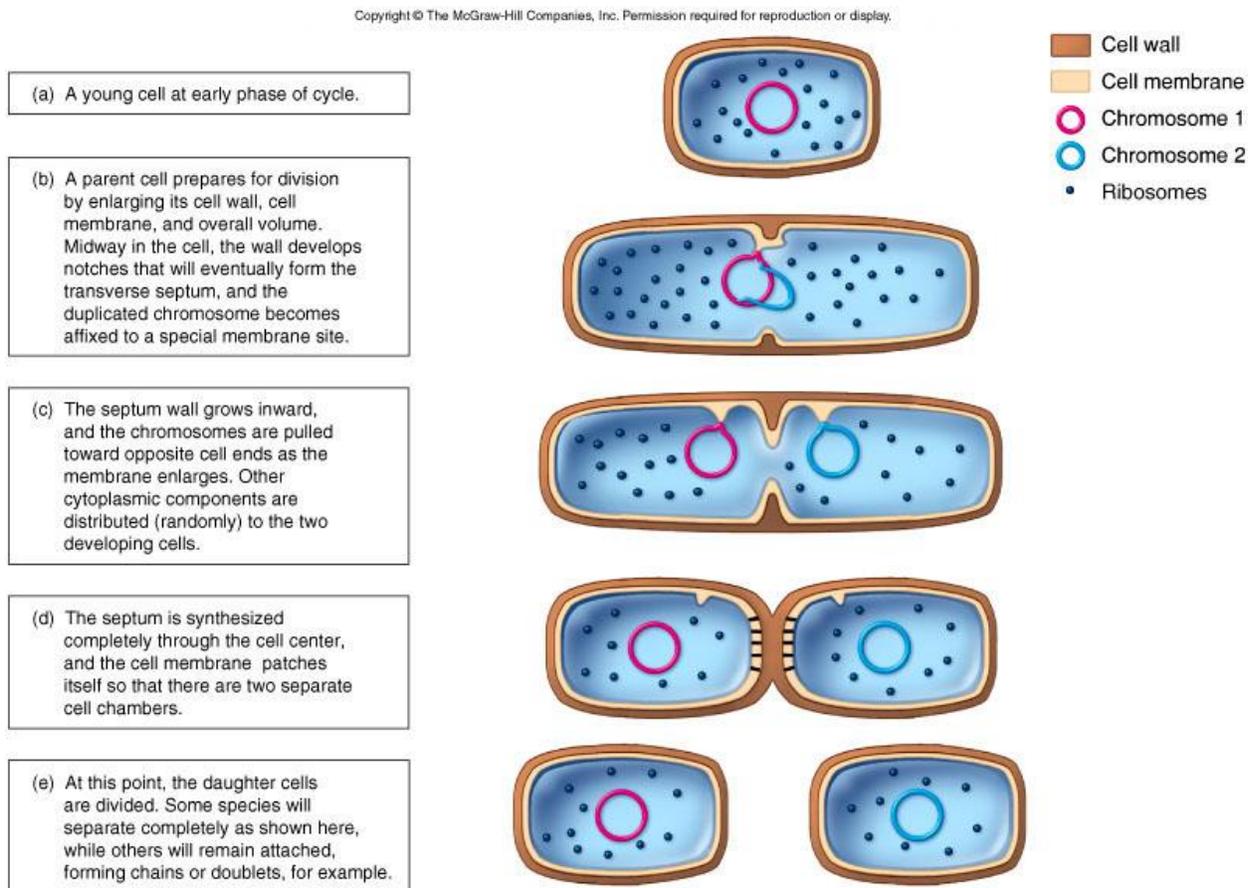


Gambar 6. beberapa jenis virus yang menyebabkan penyakit

VII. PEMBIAKAN DAN PERTUMBUHAN MIKROBIA

Reproduksi Mikrobia

Perkembanganbiakan mikrobia dapat terjadi secara seksual dan aseksual. Pembiasaan aseksual yang biasa terjadi pada bakteri yaitu dengan pembelahan biner (binary fision) yakni satu sel induk membelah menjadi dua sel anak, kemudian masing-masing sel anak membentuk dua sel anak lagi dan seterusnya. Tipe lain perkembangbiakan aseksual adalah pembelahan berganda (multiple fission), fragmentation dan perkuncupan (budding).



Gambar 7. Perkembangbiakan dengan pembelahan biner.

Perbanyak sel dengan cara pembelahan, kecepatannya ditentukan oleh waktu generasi. Waktu generasi merupakan waktu yang dibutuhkan bagi sel untuk membelah diri menjadi dua kali lipat. Berikut ini waktu generasi berbagai mikrobia.

Tabel 2. Waktu generasi pada berbagai mikrobia

Kelompok Mikrobia	Waktu generasi (jam)
Bakteri heterotrof :	
<i>Bacillus megaterium</i>	0,58
<i>E. coli</i>	0,28
<i>Rhizobium meliloti</i>	1,80
<i>Treponema palidum</i>	34,0
Bakteri Fotosintetik :	
Chloropseudomonadales ethylicum	7,0
Rhodopseudomonas spheroids	2,4
Rhodospirillum rubrum	5,0
Khamir	
<i>Saccharomyces cereviseae</i>	2,0
Protozoa	
<i>Paramecium caudatum</i>	10,5
<i>Stentor coeruleus</i>	32
<i>Tetrahyma geleti</i>	3,0

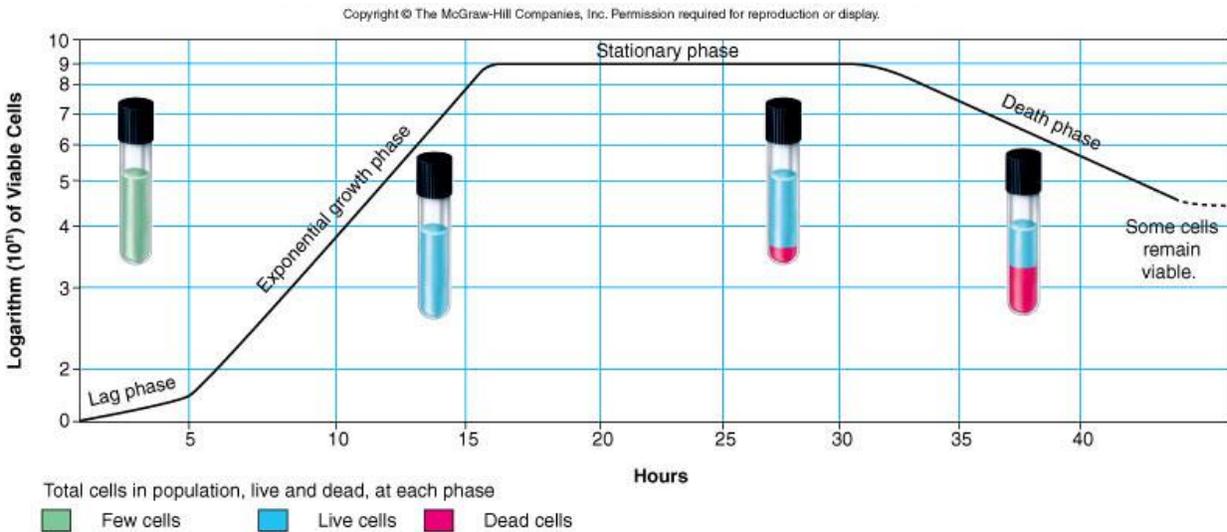
Pembiakan pada khamir dapat terjadi dengan pembelahan biner, ataupun perkuncupan. Pembiakan lain pada khamir yaitu dengan pembelahan tunas yaitu kombinasi antara pembelahan dengan pertunasan. Cara lainnya adalah dengan sporulasi atau pembentukan spora. Pembiakan pada jamur umumnya terjadi secara seksual yaitu dengan cara spora seksual.

Pertumbuhan Mikrobia

Pertumbuhan mikrobia didefinisikan sebagai penambahan secara teratur semua komponen sel hidup. Pertumbuhan makhluk hidup dapat ditinjau dari dua sudut yaitu dari pertumbuhan individu (sel) dan pertumbuhan kelompok sebagai satu populasi. Pertumbuhan sel diartikan penambahan volume sel serta bagian-bagian sel lainnya dapat diartikan juga sebagai penambahan kuantitas isi dan kandungan didalam sel. Pertumbuhan populasi merupakan akibat dari pertumbuhan individu.

Jika suatu bakteri mempunyai waktu generasi 20 menit berarti 1 sel bakteri akan memperbanyak diri menjadi 2 dalam waktu 20 menit. Bila sel tersebut diinkubasikan pada medium yang optimum untuk pertumbuhannya maka dalam waktu 48 jam sel tersebut akan mengalami pembelahan sebanyak $48 \text{ (60 menit)}/20$ kali atau 144 generasi. Sehingga jumlah sel secara teoritis setelah 48 jam adalah 2^{144} sel. Namun demikian dalam pertumbuhannya tidak

semua sel mikrobia yang terbentuk terus hidup, ada yang mengalami kematian seperti terlihat pada kurva pertumbuhan berikut.



Gambar 8. kurva pertumbuhan mikrobia

Fase-fase pertumbuhan mikrobia meliputi fase lag (fase adaptasi), fase log (fase pertumbuhan dipercepat), fase stasioner dan fase kematian. Pada fase lag merupakan fase adaptasi ketika mikrobia dipindahkan ke medium baru. Fase ini menyesuaikan diri dengan substrat dan kondisi lingkungan. Pada fase ini belum terjadi pembelahan, karena baru terjadi sintesis enzim-enzim pertumbuhan. Jumlah sel tetap bahkan cenderung menurun. Lama fase adaptasi tergantung dari : (1) medium dan lingkungan pertumbuhan, (2) jumlah inokulum, (3) kultur yang dipindahkan. Setelah fase adaptasi terjadi fase pertumbuhan awal, dimana pada fase ini sel mulai membelah dengan kecepatan yang rendah. Fase selanjutnya yaitu fase pertumbuhan logaritmik (fase eksponensial/fase pertumbuhan cepat). Pada fase ini pembelahan sangat cepat dan dipengaruhi oleh kondisi medium sehingga energy yang dibutuhkan lebih banyak. Pada fase ini sel juga paling sensitive terhadap keadaan lingkungan. Fase ini baik sekali digunakan sebagai inokulum untuk suatu proses produksi. Selanjutnya fase pertumbuhan lambat, pada fase ini pertumbuhan jasad renik diperlambat karena beberapa sebab yaitu (1) nutrisi mulai berkurang, (2) terbentuk metabolit sekunder yang bersifat racun. Pada fase ini pertumbuhan sel masih terjadi tapi tidak stabil sehingga populasinya masih tetap naik karena jumlah sel yang tumbuh masih

lebih banyak dibanding yang mati. Fase stasioner atau fase statis, pada fase ini jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. Ukuran sel pada fase ini lebih kecil, karena sel masih tetap membelah meskipun nutrisi mulai habis. Pada fase ini sel-sel lebih tahan terhadap kondisi ekstrim seperti panas, dingin dan radiasi serta bahan kimia. Selanjutnya adalah fase menuju kematian dan fase kematian. Pada fase ini jasad renik mulai mengalami kematian karena (1) nutrisi sudah habis, (2) energy cadangan dalam sel habis. Jumlah sel yang mati makin banyak.

Pengukuran Pertumbuhan mikrobial

Pengukuran mikrobial dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung (menghitung sel mikrobial) dan secara tidak langsung (mengukur efek/pengaruh pertumbuhan mikrobial). Penghitungan jumlah mikrobial secara langsung dapat dilakukan dengan :

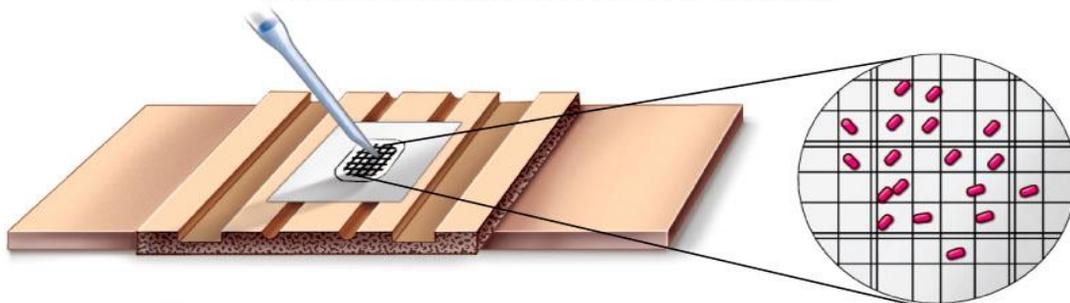
- a. Menghitung jumlah sel secara langsung
 1. Menghitung jumlah sel dengan mikroskopis

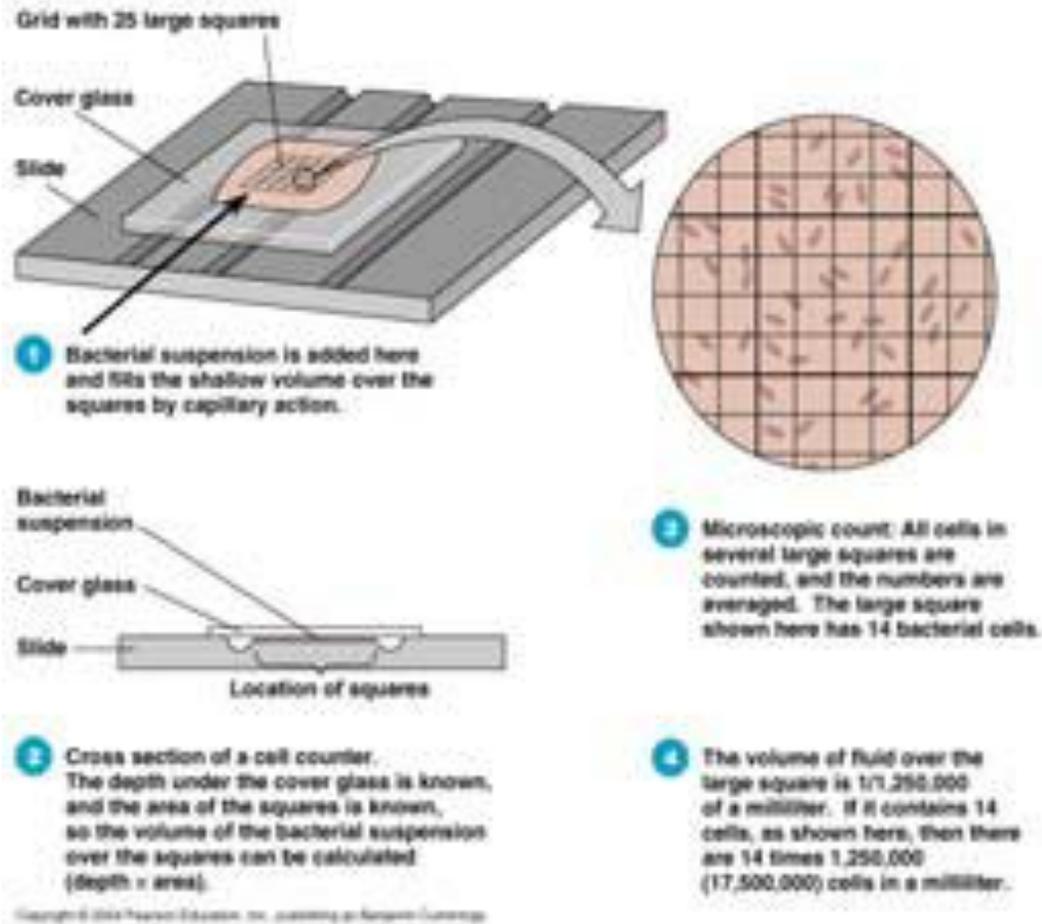
Metode Petroff-Hausser

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung jumlah sel dengan mikroskopis adalah metode Petroff-Hausser. Dalam metode ini hitungan mikroskopis dilakukan dengan pertolongan kotak-kotak skala dimana didalam setiap ukuran skala seluas 1 mm^2 terdapat 25 buah kotak besar dengan luasan $0,04 \text{ mm}^2$ dan setiap kotak besar terdiri dari 16 kotak-kotak kecil. Tinggi sampel yang terletak diantara kaca benda dan kaca penutup adalah $0,02 \text{ mm}$. Jumlah sel dalam beberapa kotak besar dapat dihitung kemudian dihitung jumlah sel rata-rata dalam kotak besar. Jumlah sel per ml sampel sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah sel per ml sampel} &= \text{jml sel per kotak besar} \times 25 \text{ kotak} \times 1/0,02 \times 10^3 \\ &= \text{jml sel per kotak besar} \times 1,25 \times 10^6 \end{aligned}$$

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





Gambar 9. Petroff-hauser

Metode Breed (Metode luas areal pandang)

Pada metode ini jumlah sel dihitung langsung dengan mikroskop dengan terlebih dulu menentukan luas areal pandang, dengan rumus $= \pi r^2 \text{ mm}^2 = \frac{\pi r^2}{100} \text{ cm}^2$

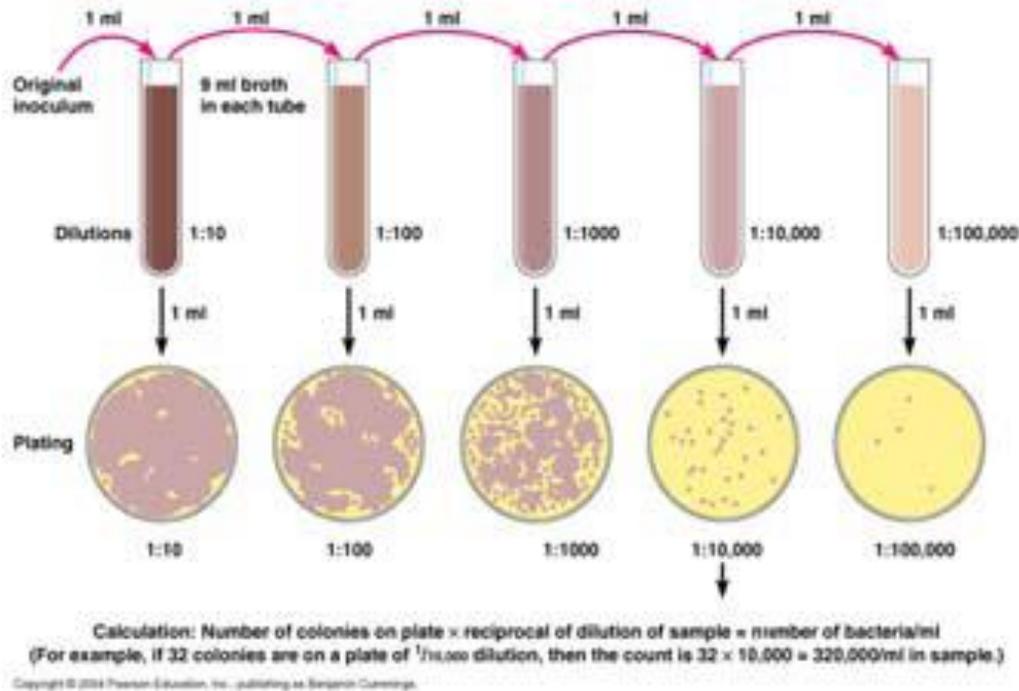
Dimana r = jari-jari (mm) areal pandang, jika sampel sebanyak 0,01 ml disebarkan pada kaca benda dengan luasan 1 cm² maka jumlah sampel per areal pandang $= \frac{\pi r^2}{100} \times 0,01 \text{ ml}$

Sehingga jumlah bakteri per ml $= \frac{10.000}{\pi r^2} \times$ jumlah bakteri per areal pandang.

2. Menghitung jumlah sel dengan metode cawan

Jika sel mikrobial masih hidup ditumbuhkan dalam medium maka mikrobial tersebut akan berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dilihat langsung. Dengan metode ini beberapa jasad renik dapat dihitung sekaligus, hanya sel hidup saja yang dapat dihitung dapat digunakan untuk isolasi dan identifikasi mikrobial. Kelemahannya adalah hasil

perhitungan tidak mencerminkan jumlah sel sebenarnya, medium dan kondisi inkubasi yang berbeda mungkin menghasilkan hasil yang berbeda, mikrobia yang ditumbuhkan harus dapat tumbuh pada media padat dan tidak menyebar, perlu persiapan dan waktu yang lebih lama. Metode plate count memerlukan serangkaian pengenceran, contoh pengenceran dapat dilihat pada gambar berikut.

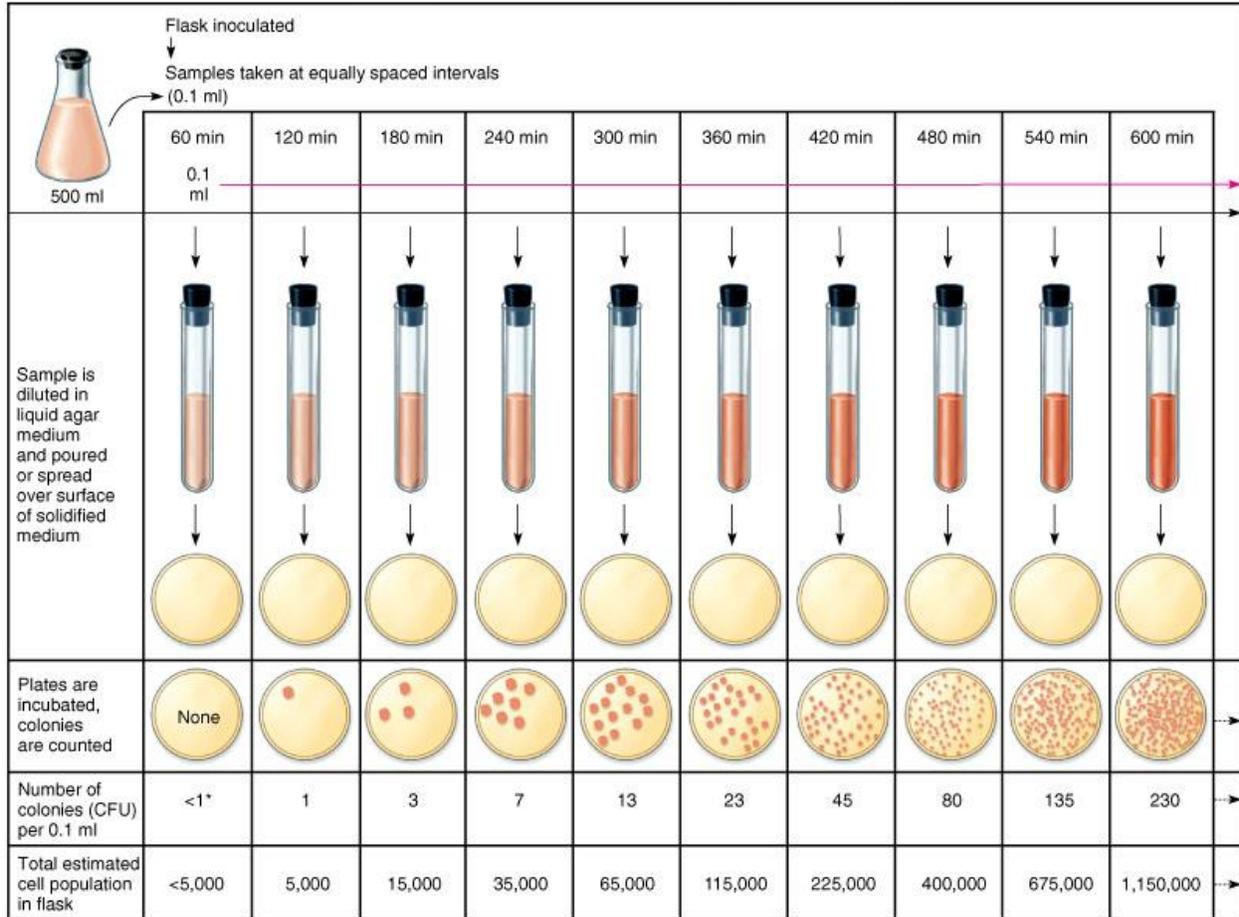


Gambar 10. contoh pengenceran

Metode ini ada dua macam yaitu pour plate dan spread/surface plate. Pada metode pour plate, 1 ml sampel yang telah diencerkan dimasukkan kedalam cawan petri kemudian dituangi agar steril dan digoyang-goyangkan sehingga merata sedangkan pada metode surface plate, 1 ml sampel dituangkan pada cawan petri yang sudah berisi media agar padat kemudian diratakan dengan batang gelas/drigalski. Selanjutnya cawan petri tersebut diinkubasi pada suhu tertentu dan waktu tertentu. Jumlah koloni dalam sampel dihitung sebagai berikut :

$$\text{Koloni per ml atau per gram} = \text{jml koloni per cawan} \times \frac{1}{\text{Faktor pengenceran}}$$

Gambar perhitungan bakteri dengan metode cawan sebagai berikut.



* Only means that too few cells are present to be assayed.

Gambar 11. penentuan jumlah mikrobia dengan metode cawan

Laporan hasil menghitung dengan metode cawan harus berdasarkan standar/asumsi sebagai berikut :

- Jumlah koloni per cawan 30 -300 koloni, tidak ada koloni yang spreader (koloni yang memenuhi lebih dari separoh luas petri)
- Koloni yang bergabung dianggap sebagai satu koloni
- Satu deretan koloni dianggap sebagai satu koloni

Cara pelaporan dan perhitungan koloni dilakukan sebagai berikut :

- ✓ Hasil yang dilaporkan terdiri dari dua angka, angka pertama (satuan) dan angka kedua decimal, jika ada angka ketiga maka dibulatkan

- ✓ Jika semua koloni pada cawan kurang dari 30 maka jumlah yang dihitung yaitu jumlah koloni pada pengenceran terendah. Hasilnya dilaporkan sebagai kurang dari 30 dikalikan dengan factor pengenceran.
- ✓ Jika semua koloni pada cawan melebihi 300, maka jumlah koloni yang dipakai yaitu jumlah koloni pada pengenceran tertinggi dan dilaporkan lebih dari 300 dikalikan factor pengenceran
- ✓ Jika jumlah cawan dari dua tingkat pengenceran dihasilkan koloni 30-300 maka jika perbandingan hasil tertinggi dan terendah dari kedua pengenceran tersebut lebih kecil atau sama dengan dua maka jumlah koloni dilaporkan sebagai rata-rata dari kedua nilai tersebut. Namun jika lebih dari dua maka jumlah yang dipakai yaitu hasil yang terkecil
- ✓ Jika digunakan dua cawan (duplo) maka harus dipilih yang mempunyai jumlah 30-300

3. Menghitung jumlah sel dengan metode MPN

Metode MPN menggunakan metode cair dalam tabung reaksi. Perhitungan MPN didasarkan pada jumlah tabung reaksi yang positif yakni yang ditumbuhi mikrobia setelah inkubasi yang ditandai dengan kekeruhan dan atau munculnya gas pada tabung Durham. Untuk setiap pengenceran digunakan 3 atau 5 seri tabung. Metode ini biasanya digunakan untuk menghitung mikrobia dalam sampel cair, jika sampel padat harus diencerkan dulu 1:10. Selanjutnya dibuat seri pengenceran. Masing-masing pengenceran dimasukan sampel sebanyak 1 ml, setelah diinkubasi dilihat tabung yang positif pada setiap pengenceran dan jumlahnya dihitung kemudian dikombinasikan hasilnya. Contoh pada pengenceran pertama positif 3 tabung, pengenceran kedua 2 tabung, pengenceran ketiga 1 tabung dan pengenceran terakhir (keempat) negative, maka kombinasinya 3,2,1,0 kemudian diambil tiga kombinasi pertama (tiga kombinasi sebelum ditemukan pengenceran yang negative atau 0) yaitu 3,2,1 angka tersebut selanjutnya dicocokkan dengan table MPN, kemudian nilai MPN dihitung sebagai berikut :

MPN sampel = nilai MPN dari table \times 1/Faktor pengenceran tabung tengah

Contoh Tabel MPN dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.

Combination of Positives	MPN Index/ 100 ml	95% Confidence Limits	
		Lower	Upper
4-2-0	22	9	56
4-2-1	26	12	65
4-3-0	27	12	67
4-3-1	33	15	77
4-4-0	34	16	80
5-0-0	23	9	86
5-0-1	30	10	110
5-0-2	40	20	140
5-1-0	30	10	120
5-1-1	50	20	150
5-1-2	60	30	180
5-2-0	50	20	170
5-2-1	70	30	210
5-2-2	90	40	250
5-3-0	80	30	250
5-3-1	110	40	300
5-3-2	140	60	360

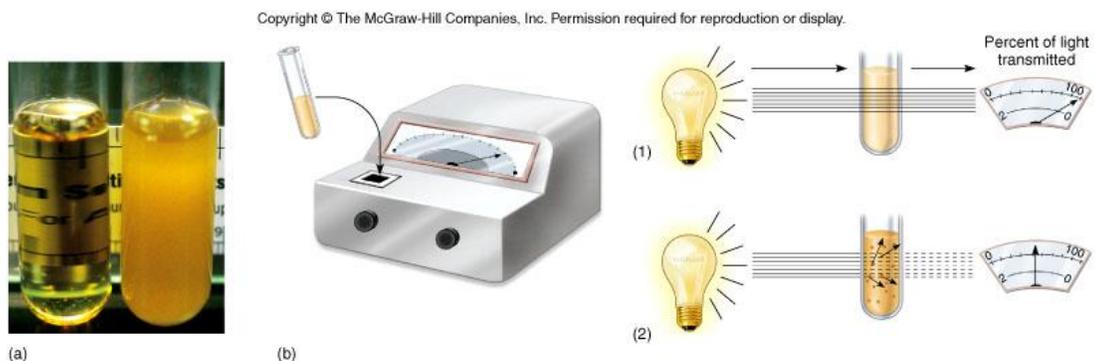
(b) MPN table

Copyright © 2004 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Gambar 11. Contoh Tabel MPN

b. Menghitung massa sel secara langsung

Metode ini dapat dilakukan dengan cara volumetric, cara gravimetric atau turbidimetri. Pada metode volumetric dan turbidimetri pengukuran jumlah sel diawali dengan penyaringan mikroorganisme. Contoh pengamatan sel secara turbidimetri dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 12. Pengamatan jumlah sel secara turbidimetri

c. Menghitung massa sel secara tidak langsung

Perhitungan massa sel secara tidak langsung dapat dilakukan dengan dua cara yaitu berdasarkan aktivitas metabolic dan berat kering. Pengukuran aktivitas metabolit misalnya analisis komponen sel (protein, AND, ATP dan sebagainya), analisis produk katabolisme (metabolit primer, metabolit sekunder, panas), analisis konsumsi nutrisi (misalnya karbon, nitrogen, oksigen, asam amino, mineral dan sebagainya). Contoh pengukuran aktivitas metabolisme dan berat kering dapat dilihat pada gambar berikut.

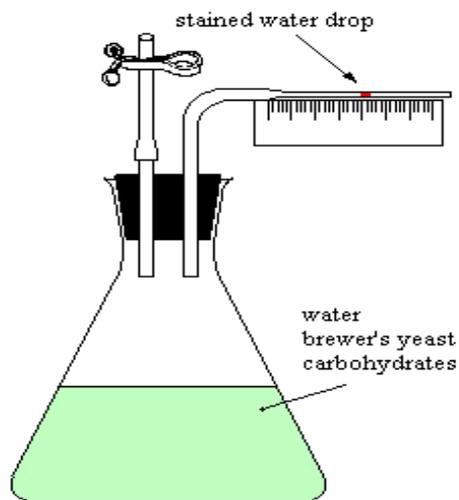
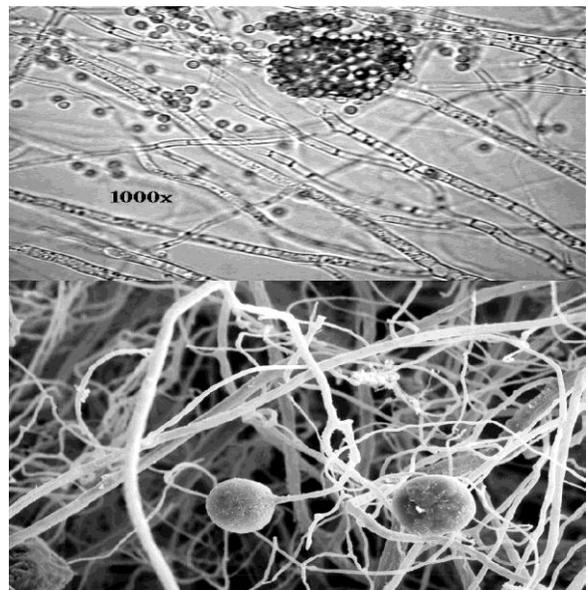


Figure 18 - Apparatus for measuring the production of carbon dioxide during fermentation.



Gambar 13. Pengukuran aktivitas metabolisme dan berat kering

VIII. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERTUMBUHAN MIKROBIA

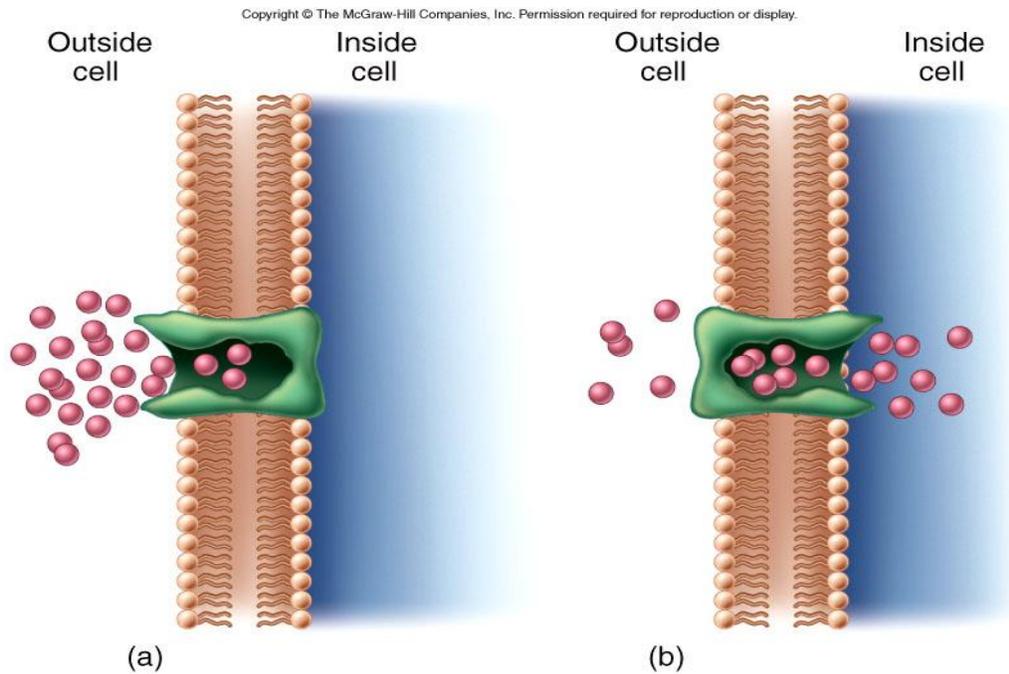
Pertumbuhan mikrobia merupakan peningkatan jumlah sel bukan ukuran sel. Satu sel akan membentuk koloni dari jutaan sel. Pengendalian pertumbuhan penting untuk mengontrol infeksi dan mengontrol pertumbuhan mikrobia dalam industry. Pertumbuhan mikrobia dipengaruhi oleh nutrisi, factor lingkungan dan waktu generasi.

a. Nutrisi mikrobia

Nutrisi yang diperlukan oleh mikrobia meliputi air, unsure/element dan senyawa organic. Air dibutuhkan oleh jasad renik untuk hidup dan berkembang biak. Pertumbuhan jasad renik dalam suatu bahan dipengaruhi oleh jumlah air yang tersedia. Air juga dibutuhkan sebagai reaktan dalam reaksi biokimia. Dalam beberapa keadaan air tidak dapat digunakan untuk pertumbuhan mikrobia yaitu (1) adanya solute dan ion yang mengikat air di dalam larutan, misalnya gula dan garam, (2) koloid hidrofilik (gel) sebanyak 3-4% menghambat pertumbuhan mikrobia dalam medium (3) air dalam bentuk Kristal es. Element atau unsure yang dibutuhkan meliputi: karbon (C meliputi 50% dari berat kering), nitrogen (N), Hidrogen (H), Oksigen (O) dan mineral/trace element. Sedangkan senyawa organic yang dibutuhkan meliputi sumber energy (glukosa), sumber vitamin (co enzyme) dan beberapa asam amino (purin dan pirimidin). Berdasarkan kebutuhan akan sumber karbonnya mikrobia dikelompokkan menjadi autotrof (mikrobia yang menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon) dan heterotrof (mikrobia yang menggunakan senyawa organic sebagai sumber karbon). Berdasarkan sumber energy yang digunakan mikrobia dikelompokkan menjadi dua yaitu fototrof (mikrobia yang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energy) dan chemotrof (mikrobia yang menggunakan senyawa kimia sebagai sumber energy). Organisme chemoheterotrof berarti organism yang menggunakan karbon dan energy dari senyawa organic. Berdasarkan bahan/ senyawa organic yang digunakan mikrobia dibedakan menjadi dua yaitu saprofit (organism yang hidup pada bahan organic yang telah mati) dan parasit/pathogen (organism yang hidup pada bahan organic yang masih hidup). Pergerakan nutrisi kedalam sel mikrobia dapat terjadi dengan cara : difusi (facilitated diffusion), transport aktif (active transport), group translocation dan bulk transport (misalnya fagositosis, endositosis, pinositosis).

Facilitated diffusion

Molekul-molekul berpindah dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah. Proses diffuse dapat digambarkan sebagai berikut :

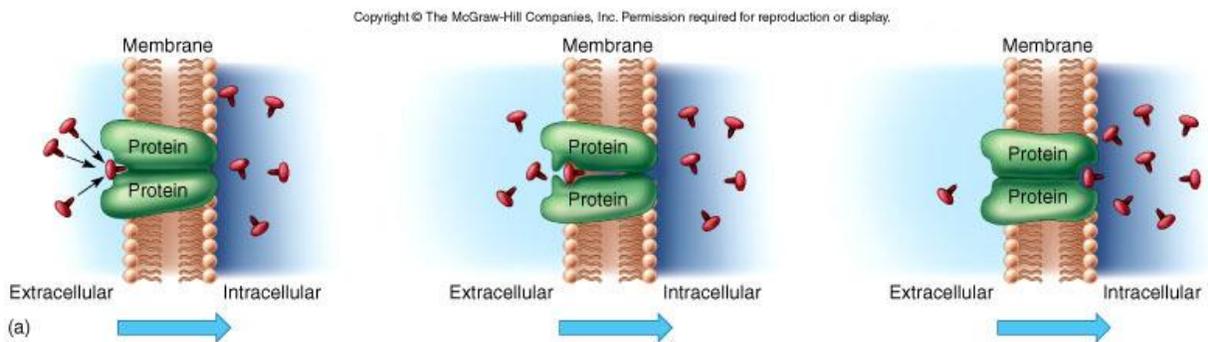


Gambar 14. facilitated diffusion

Transport aktif

Perpindahan molekul dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi, hal ini membutuhkan energy.

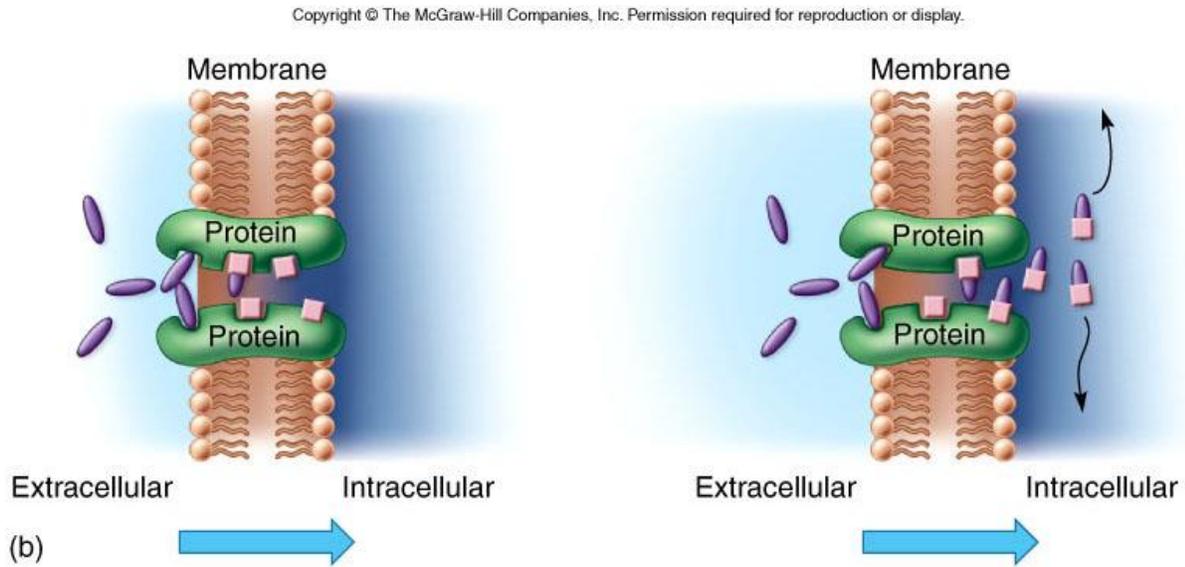
Dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 15. Transport aktif

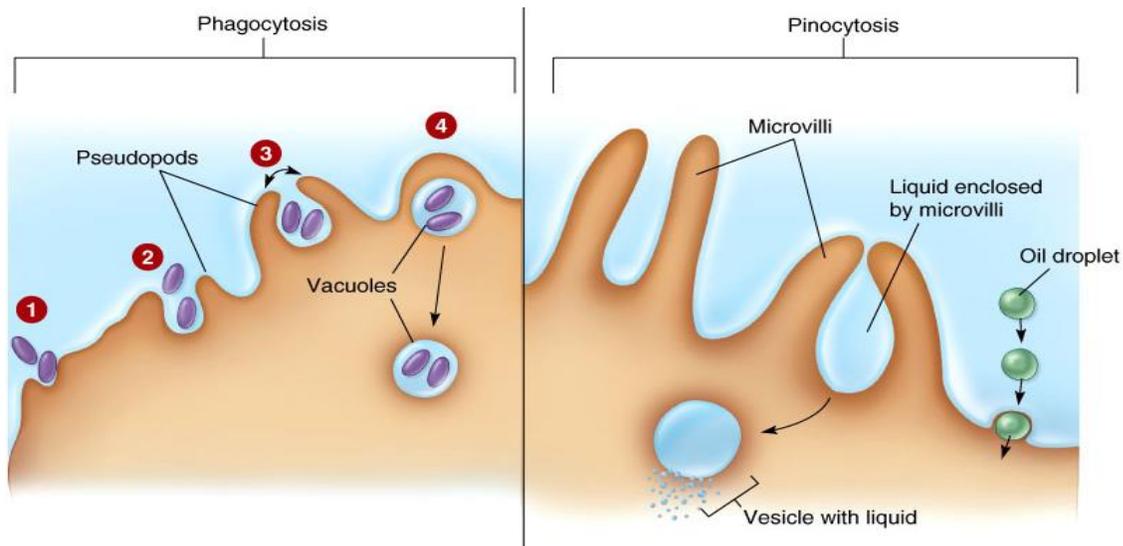
Group translokasi

Perpindahan molekul dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi, yang melibatkan perubahan kimia.



Gambar 16. Transport aktif

Proses fagositosis dan pinositosis



Gambar 17. Proses fagositosis dan pinositosis

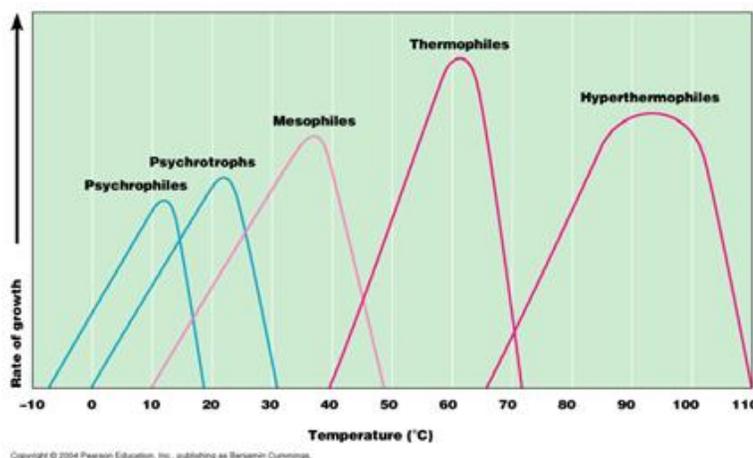
b. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mikrobia meliputi abiotik dan biotic. Faktor abiotik meliputi faktor alam yaitu Suhu, Kelembaban, Perubahan tekanan osmotik, Pengaruh sinar, Pengaruh penghancuran secara mekanik dan Faktor kimia yaitu Antiseptik dan disinfektan. Ilmu yang mempelajari lingkungan hidup mikrobia disebut ekologi mikrobia. Diperlukan adaptasi terhadap lingkungan, bisa bersifat sementara atau permanen.

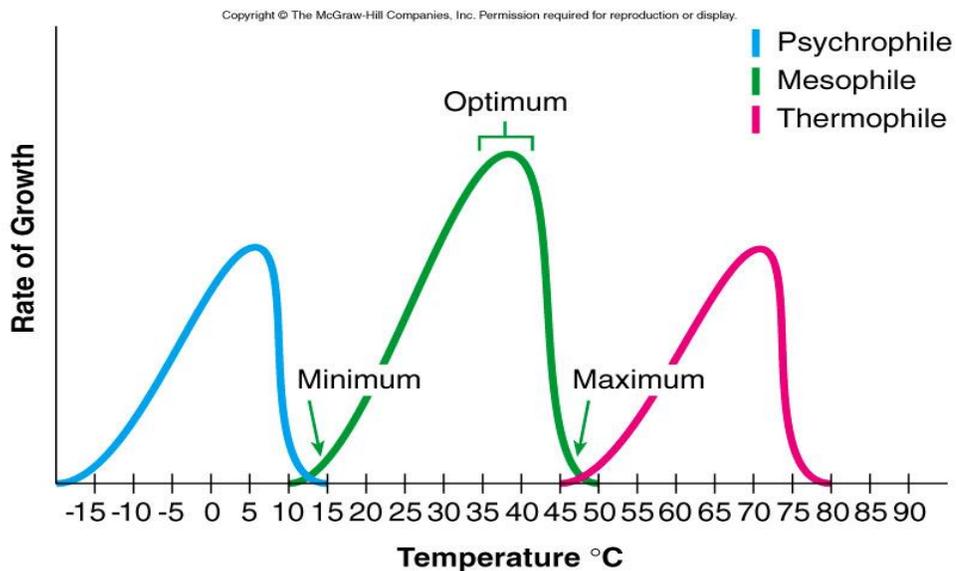
4. Faktor Abiotik

Suhu

- Temperatur minimum, maksimum dan optimum
- Daya tahan terhadap suhu berbeda-beda
- Beberapa pedoman :
 - ✓ Titik kematian termal: suhu terendah yang dapat membunuh mikrobia yang berada dalam medium selama 10 menit
 - ✓ Laju kematian termal : kecepatan kematian mikrobia akibat suhu
 - ✓ Waktu keamtian termal : waktu yang diperlukan untuk membunuh suatu jenis mikrobia pada suhu yang tetap
- Kelompok mikrobia berdasarkan suhu pertumbuhan yaitu psikrofil (mikrobia yang menyukai suhu dingin, antara 0-20°C), mesofil (mikrobia yang menyukai suhu antara 20-40°C), termofil (mikrobia yang menyukai suhu panas, antara 40-100°). Masing-masing mikrobia mempunyai suhu minimum, optimum dan maksimum sendiri-sendiri.



Gambar 17. Kelompok mikrobia berdasarkan suhu pertumbuhan



Gambar 18. suhu pertumbuhan mikrobia

Suhu optimum merupakan suhu terbaik dimana mikrobia dapat tumbuh dengan baik, diatas suhu optimum mikrobia akan mengalami kematian karena adanya inaktivasi enzim sedangkan pada suhu 5°C pertumbuhan mikrobia lambat bahkan terhambat.

pH

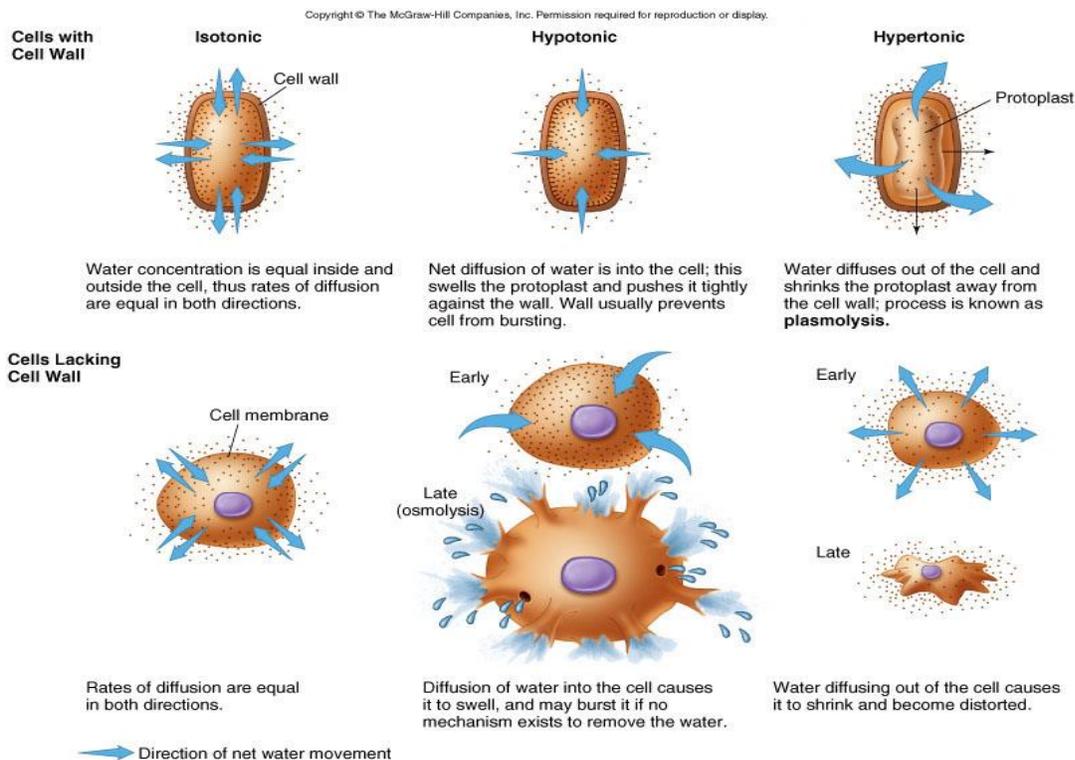
- Kebanyakan bakteri tumbuh antara pH 6,5-7,5 dan sangat sedikit yang mampu tumbuh pada pH dibawah 4,0
- Berdasarkan pH mikrobia dapat dikelompokan menjadi tiga yaitu asidofil (mikrobia yang menyukai suasana asam), neutrofil (mikrobia yang menyukai suasana pH netral) dan basofil (mikrobia yang menyukai suasana basa).
- Beberapa jenis pangan seperti sauerkraut, pickles dan keju dapat awet karena adanya asam yang diproduksi selama fermentasi.

Kelembaban

- Pertumbuhan ragi dan bakteri perlu kelembaban lebih 85% sedangkan jamur kurang dari 80%
- Kelembaban berhubungan dengan aktivitas air (aw)
- Aw bakteri : 0,9 – 0,99, bakteri halofilik 0,75

Tekanan Osmotik

- Mikrobia mendapatkan nutrisi dari medium pertumbuhan.
- Medium yang paling cocok: isotonik (konsentrasi solute didalam sel dan diluar sel sama, pada kondisi tersebut tidak terjadi pergerakan air)
- Jika medium bersifat :
 - Larutan hipotonik (konsentrasi solute didalam sel lebih tinggi daripada diluar sel, akibatnya air akan masuk sel sehingga terjadi plasmolisis)
 - contoh : sel dalam air suling
 - Larutan hipertonik(konsentrasi solute diluar sel lebih tinggi daripada didalam sel, akibatnya air sel akan keluar dan terjadi plasmoptisis)
 - Contoh: larutan hipotonik yaitu larutan gula, garam dll

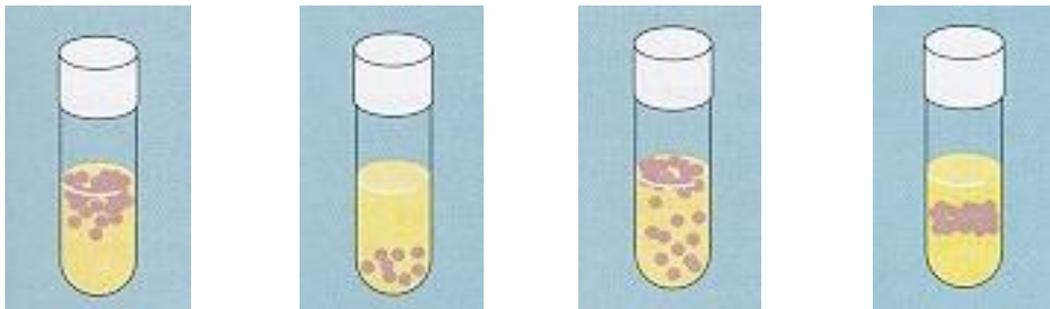


Gambar 19. Kondisi sel mikrobia ketika berada dalam lingkungan yang hipertonik dan hipotonik

- Adaptasi mikrobia terhadap tekanan osmotik lingkungan yaitu osmofil (mikrobia yang suka dalam kondisi tekanan osmotik tinggi/kadar gula tinggi) dan halodurik (mikrobia yang tahan terhadap kadar garam tinggi)

Kebutuhan akan oksigen

- Mikrobia dikelompokkan berdasarkan kebutuhannya terhadap oksigen yaitu :
 1. Obligat aerob (untuk pertumbuhan mutlak harus ada oksigen)
 2. Obligat anaerob (untuk pertumbuhan tidak memerlukan oksigen)
 3. Fakultatif aerob/fakultatif anaerob (tidak ada oksigen masih bisa tumbuh)
 4. Mikroaerofilik (sedikit membutuhkan oksigen)



Obligat aerob

Obligat anaerob

fakultatif aerob

mikroaerofilik

Gambar 20. Pengelompokan mikrobia berdasarkan kebutuhan akan oksigen

Sinar

- Umumnya tidak tahan terhadap sinar atau cahaya
- Radiasi diabsorpsi maka terjadi ionisasi komponen sel sehingga menyebabkan kematian, perubahan genetik, dan menghambat pertumbuhan
- Sinar dengan gelombang pendek: 240 um – 300 um berpengaruh buruk

Penghancuran secara mekanis

- Pengaruh tekanan udara sangat kecil
- Untuk menghentikan pembiakan bakteri diperlukan tekanan 600 atm, untuk mematikan 6000 atm, mematikan spora 12000 atm
- Mengguncang-guncangkan tidak begitu berpengaruh

Faktor Kimia (Antiseptik dan disinfektan)

Faktor kimia yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikrobia yaitu antiseptik dan disinfektan. Antiseptik dan disinfektan dapat menghambat pembiakan mikroorganisme. Antiseptik dan disinfektan berbeda cara kerjanya, antiseptik dipakai dalam jaringan hidup, disinfektan pada jaringan mati. Zat antiseptik merupakan zat-zat yang hanya menghambat pembiakan mikrobia dengan tidak membunuhnya sedangkan disinfektan selain menghambat juga membunuh mikrobia. Beberapa disinfektan dan antiseptik sebagai berikut :

✓ Logam berat

Logam berat seperti Hg, Ag, As, Zn dan Cu dapat mempresipitasikan enzim atau protein dalam sel mikrobia. Daya antimikrobia dari logam berat dengan konsentrasi yang kecil/rendah disebut daya oligodinamik.

✓ Fenol

Pada konsentrasi yang rendah (2-4%) fenol dapat membunuh mikrobia karena fenol mampu mempresipitasikan protein secara aktif dan juga merusak membrane sel dengan cara menurunkan tegangan permukaannya.

✓ Alkohol

Alkohol dapat mendenaturasikan protein dengan jalan hidrasi dan melarutkan lemak dalam sel, sehingga membrane sel akan rusak dan enzim akan non aktif.

✓ Aldehid

Aldehid dapat membunuh sel mikrobia dengan jalan mendenaturasikan protein. Contoh larutan formaldehid 40% (formalin) banyak digunakan untuk merendam berbagai peralatan laboratorium.

✓ Yodium

Larutan yodium bersifat sangat antiseptik.

✓ Klor/senyawa klor

Larutan hipoklorit banyak dipakai sebagai disinfeksi dan menghilangkanbau.

✓ Peroksida

Hidrogen peroksida merupakan zat antiseptik dan non toksik. Molekul peroksida tidak stabil sehingga apabila dipanaskan akan terurai menjadi air dan oksigen. Adanya ion-ion logam dalam sitoplasma sel maka selama pembentukan oksigen dibentuk pula radikal superoksida

yang akan bereaksi dengan grup-grup bermuatan negative didalam protein dan selanjutnya akan menginaktifkan system enzim yang penting.

✓ Zat warna

zat warna bersifat bakteristatik/menghambat kuman, misalnya derivat akridin dan zat warna rosanilin, misalnya Kristal violet mempunyai cara kerja dengan membloke tahap akhir pada penyusunan dinding sel.

✓ Detergen

Detergen bersifat bakterisida khususnya untuk jenis gram positif. Detergen merupakan senyawa organik yang mempunyai struktur hidrofilik dan hidrofobik. Bagian hidrofilik akan mengikat air sedangkan ujung yang hidrofobik akan menempel pada permukaan bahan organik.

✓ Sulfonamida

Persenyawaan yang mengandung belerang.

✓ antibiotika

Zat kimia yang dihasilkan oleh mikrobia dan dapat menghambat mikrobia lain. Banyak dihasilkan dari genus Bacillus, Penicillium dan Streptomyces. Cara kerja antibiotic antara lain dapat mempengaruhi/merusak dinding sel atau mencegah sintesisnya, mengganggu fungsi membrane sel, menghambat sintesis protein, menghambat sintesis asam nukleat.

5. Faktor Biotik

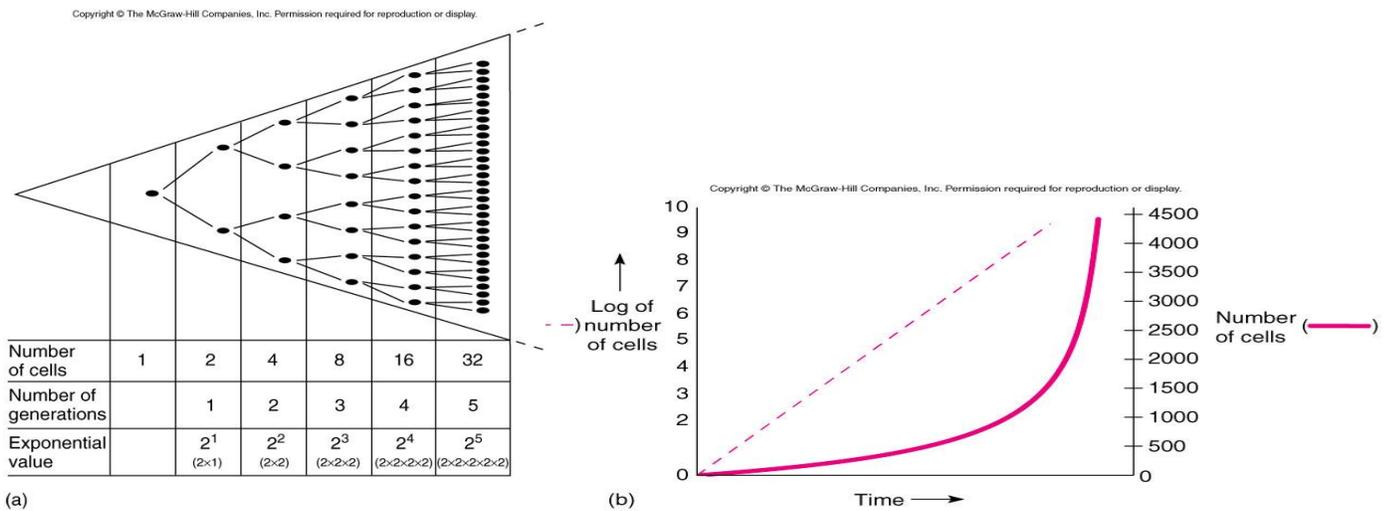
Di alam, jumlah dan jenis mikrobia sangat beragam dan hidup berkumpul dalam suatu medium yang sama, misalnya tanah, sampah dan lain-lain. Hal tersebut memungkinkan terjadinya hubungan antar species baik itu dapat berpengaruh baik, buruk atau tidak berpengaruh. Hubungan antar species dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Netralisme (hubungan antar species yang tidak saling mengganggu)
- b. Kompetisi (hubungan antar species yang saling bersaing untuk mendapatkan nutrisi, species yang dapat menyesuaikan diri merupakan species yang akan mengalami pertumbuhan paling subur)
- c. Antagonisme (species yang satu menghasilkan racun yang dapat meracuni spesies lain)

- d. Komensalisme/metabiosis (dua species hidup bersama, species yang satu mendapat untuk namun yang lain tidak merasa dirugikan)
- e. Mutualisme (simbiosis yang saling menguntungkan satu sama lain)
- f. Sinergisme (kegiatan antar dua species yang tidak saling mengganggu akan tetapi kegiatan masing-masing justru merupakan urutan yang saling menguntungkan)
- g. Parasitisme (satu pihak dirugikan pihak yang lain diuntungkan)
- h. Predatorisme (hubungan antara predator dan mangsa)
- i. Sintropisme (kegiatan bersama antar berbagai jasad renik terhadap suatu nutrisi).

c. Waktu Generasi

Waktu generasi merupakan waktu yang dibutuhkan bagi sel untuk membelah diri menjadi dua kali lipat. Disebut juga dengan waktu berganda atau doubling time. Tidak semua spesies mempunyai waktu generasi yang sama. Waktu generasi tergantung pada cukup atau tidaknya kondisi fisik. Rata-rata waktu geararasi bakteri sekitar 1-3 jam, untuk E. coli waktu generasinya 20 menit sehingga dalam waktu 7 jam 1 sel E. coli dapat menjadi 1 juta sel.



Gambar 21. waktu generasi dan jumlah sel

Waktu generasi suatu mikrobia dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$G = \frac{t}{3,0 \log\left(\frac{b}{B}\right)}$$

Dimana : G (waktu generasi), t (selang waktu antara pengukuran jumlah sel di dalam populasi pada suatu saat dalam fase log B dan kemudian lagi pada suatu titik waktu kemudian (b), B (populasi awal), b (populasi setelah waktu t), $\log(\log 10)$, 3,3 (factor konversi $\log 2$ menjadi $\log 10$).

Contoh :

Sejumlah 1000 sel bakteri setelah 4 jam di dalam suatu medium bertambah jumlahnya menjadi 100.000 sel. Berapa waktu generasi dari populasi tersebut?

Jawab :

$$G = \frac{t}{3,0 \log\left(\frac{b}{B}\right)}$$

$$G = \frac{4}{3,0 \log\left(\frac{100.000}{1000}\right)}$$

$$G = \frac{4}{6,6} = 0,61 \text{ jam}$$

Waktu generasi bakteri dapat ditentukan dengan pemeriksaan mikroskopis. Metode yang praktis yang dapat digunakan yaitu dengan menginokulasikan suatu medium dengan bakteri dengan jumlah yang diketahui, dibiarkan tumbuh pada kondisi optimum dan menentukan populasi pada interval waktu tertentu secara berkala. Data yang dibutuhkan untuk menghitung waktu generasi yaitu jumlah bakteri yang ada pada mula-mula (inokulum), (2) jumlah bakteri pada akhir waktu tertentu dan (3) interval waktu.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2009. Jamur. <http://id.wikipedia.org>.

Anonim 2007a. Bakteri. <http://educorolla2.blogspot.com>

Anonim 2007b. Virus. <http://educorolla2.blogspot.com>

Anonim. 2006. Pengantar Mikrobiologi, (Online),(http://www.wanna_share.23s9887_apm.html)

Fardiaz, S., 1992. Mikrobiologi Pangan 1. PT. Gramedia, Jakarta

Lay, B.W dan Hastowo, S., 1992. Mikrobiologi. Rajawali Pers, Jakarta

Lud Waluyo, 2005. Mikrobiologi Umum. Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Miftahul Iلمي, 2009. Morfologi Membran dan Dinding Sel Khamir.
<Http://www.milmi.staf.ugm.ac.id>

Schlegel, Hans G, dan Karin Schmidt. 1994. Mikrobiologi Umum edisi keenam. Terjemahan Tedjo Baskoro: Allgemeine Mikrobiologie 6. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

Suriawiria, U., 1985. Pengantar Mikrobiologi Umum, Penerbit Angkasa, Bandung

Ngatirah

MIKROBIOLOGI UMUM

Penerbit

INSTITUT PERTANIAN STIPER YOGYAKARTA

Jl. Nangka II, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta 55282
Telp. (0274) 885478 885479 Fax. (0274) 885479

www.instiperjogja.ac.id

ISBN : 978-602-61922-5-7

