

PENGENALAN SIFAT-SIFAT UMUM MIKROORGANISME

Pada masa sekarang, mikrobiologi sudah sangat berkembang luas memasuki bidang-bidang pengetahuan lain, misalnya: pertanian, kesehatan, industri, lingkungan hidup sampai bidang antariksa. Oleh karena itu penelaahan biologi mikroorganisme dalam setiap karangan akan menitik beratkan bidang masing-masing. Pada tulisan ini penelaahan dititik beratkan pada dasar-dasar mikrobiologi, sehingga akan tampak sebagai ilmu dasar ketimbang ilmu terapan. Sebagai ilmu dasar, mikrobiologi akan menelaah permasalahan yang berhubungan dengan *bentuk*, *perkembang-biakan*, *penyebaran* dan *lingkungan* yang mempengaruhi mikroorganisme, sedangkan sebagai ilmu terapan akan mempelajari lebih banyak peranannya.

Bentuk umum mikroorganisme terdiri dari satu sel (uniseluler) seperti pada bakteri, yeast, dan mikroalga. Bentuk lain dapat berupa filamen atau benang, yaitu rangkaian sel yang terdiri dari dua atau lebih yang menyambung seperti rantai. Bentuk benang umum terdapat pada fungi (jamur benang) dan mikroalga. Bentuk filamen pada kenyataannya dapat berupa filamen-semu dan filamen-benar. Filamen semu kalau hubungan antara sel satu dengan lainnya tidak menyatu, seperti pada yeast dan streptomyces. Filamen benar jika hubungan satu sel dengan sel lainnya menyatu, baik hubungan secara morfologis (bentuk sel) ataupun hubungan secara fisiologis (fungsi sel), seperti yang ada pada jamur benang dan mikroalga benang. Bentuk lain yang perlu diperhatikan adalah *koloni* dan *jaringan semu*. Koloni merupakan gabungan dua sel atau lebih di dalam satu ruang, seperti pada mikroalga. Koloni pada mikroalga berbeda dengan koloni bakteri. Koloni pada mikroalga merupakan bentukan yang berperan sebagai satu individu dan dapat berupa gabungan dari sel yang tidak seketurunan, sedangkan koloni pada bakteri merupakan gabungan sel-sel sejenis dan masing-masing sel berperan sebagai satu individu. Bentuk jaringan semu merupakan susunan benang yang membentuk seakan-akan seperti jaringan tetapi tidak ada deferensiasi atau pembagian fungsi. Jaringan semu terdapat pada kelompok jamur benang.

Dasar dari perkembangbiakan, penyebaran dan lingkungan yang mempengaruhi mikroorganisme akan disampaikan per kelompok protista, fungsi, monera dan virus.

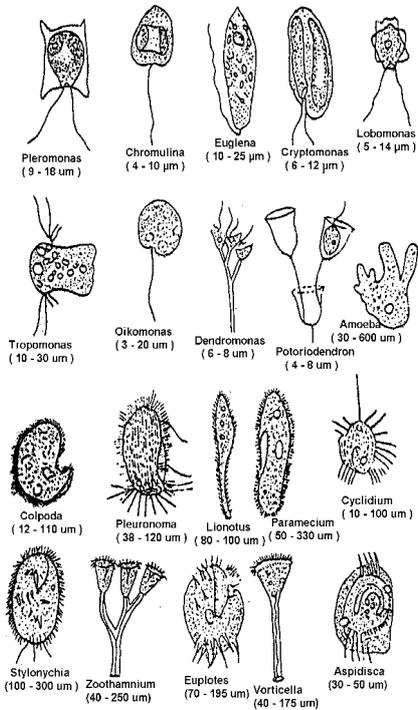
1. PROTISTA (Alga, Protozoa)

Menurut Whittaker (1969) Kelompok protista merupakan kelompok mikroorganisme eukariotik yang mendapatkan energi dengan dua cara, yaitu absorpsi dengan ingesti (holozoic) pada protozoa dan absorpsi dengan fotosintesis pada Alga.

a. Protozoa

Protozoa berasal dari bahasa Yunani, yang terdiri dari *proto* = pertama dan *zoon* = binatang. Diperkirakan ada 64.000 spesies protozoa, meskipun separuhnya sudah berupa fosil. Protozoa yang hidup bebas diperkirakan ada 22.000 spesies dan yang hidup sebagai parasit \pm 10.000 spesies. Protozoa sangat berperan sebagai mata rantai makanan untuk komunitas lingkungan aquatik, yaitu sebagai konsumen primer.

Ukuran dan bentuk protozoa sangat beragam. Beberapa bentuk lonjong atau membola ada yang memaanjang dan ada yang polimorfik atau mempunyai berbagai bentuk morfologi pada tingkat-tingkat yang berbeda dalam siklus hidupnya. Ukuran protozoa berbeda-beda, mulai dari berdiameter 1 μm sampai beberapa mm. Amoeba proteus hanya berukuran $\pm 1 \mu\text{m}$, Ciliata $\pm 2 \text{mm}$.



Gambar : Beberapa macam genus Protozoa

Sel protozoa khas terbungkus oleh membran sitoplasma, beberapa dilapisi lagi dengan membran ektoplasma yang dapat dibedakan dari sitoplasma bagian dalam (endoplasma).

Lapisan yang membungkus membran sitoplasma dikenal sebagai pelikel. Pelikel ada yang tipis pada Amoeba dan ada yang tebal pada Ciliata. Beberapa protozoa membentuk lapisan kerangka di luar pelikel yang kita sebut cangkang (shell) yang tersusun dari bahan organik dan anorganik (biasanya kalsium karbonat atau silika). Beberapa protozoa parasit dapat membentuk sista yang merupakan pembungkus untuk melindungi bentuk-bentuk vegetatif (trofozoit) dari lingkungan yang membahayakan, misalnya : kekeringan, kehabisan sumber energi, lingkungan asam dan lain-lain.

Struktur seluler terdapat di dalam endoplasma. Setiap sel protozoa mempunyai satu nukleus tetapi beberapa yang lain dapat mempunyai nukleus lebih dari satu (multi nuclei), misalnya pada Ciliata terdapat makronukleus dan mikronukleus. Makronukleus berfungsi sebagai pengawas kegiatan metabolisme, pertumbuhan dan regenerasi, sedangkan mikronukleus berfungsi sebagai pengendali kegiatan reproduksi. Beberapa protozoa bersifat fotosintetik atau mempunyai klorofil sehingga banyak ahli memasukkannya ke dalam alga.

Protozoa berkembangbiak melalui berbagai proses seksual (perkawinan) dan aseksual (tanpa kawin). Reproduksi aseksual dapat berlangsung melalui proses pembelahan sel (mitosis) dan bertunas, dengan hasil anak-anak sel yang berukuran sama atau tidak sama. Pembelahan sel dapat berlangsung secara melintang maupun membujur. Reproduksi aseksual protozoa yang umum dengan cara membentuk tunas. Reproduksi seksual terjadi pada berbagai kelompok protozoa yang berlangsung karena adanya peleburan dua isi sel menjadi satu yang kemudian dilanjutkan pembelahan meiosis. Pada Ciliata terjadi konjugasi, yaitu penyatuan antara dua individu yang dibarengi dengan pertukaran bahan nukleus.

Penyebaran protozoa sangat luas. Stadium vegetatif atau trofik protozoa hidup bebas dalam lingkungan akuatik, pasir, tanah, dan bahan organik yang membusuk. Dapat ditemukan di daerah kutup sampai perairan hangat (30°C sampai dengan 56°C), tetapi mempunyai suhu optimum pertumbuhan antara $16 - 25^{\circ}\text{C}$ dan suhu maksimum $36 - 40^{\circ}\text{C}$. Kisaran keasaman untuk kehidupannya mulai dari pH 3 sampai dengan pH 9, dengan pH optimum berkisar 6 – 8. Pada umumnya bersifat aerob obligat atau anaerob fakultatif.

Ada empat kelas utama protozoa, yaitu : Mastigophora atau Flagelata, Sarcodina atau Amoeba, Ciliata, dan Sporozoa. Kelas Mastigophora mempunyai alat gerak flagela, berkembangbiak membelah biner membujur dan ada beberapa secara seksual. Sarcodina mempunyai alat gerak kaki palsu (pseudopodia), berkembangbiak dengan pembelahan biner tanpa reproduksi seksual. Ciliata mempunyai alat gerak silia (rumbai), perkembangbiakannya dengan pembelahan biner melintang dan perkembangbiakan seksualnya dengan konjugasi. Kelas Sporozoa beranggotakan spesies parasit, dapat bergerak dengan meluncur atau tidak bergerak, perkembangbiakan aseksual dengan pembelahan ganda dan seksual dengan membentuk mikrogamet berflagela.

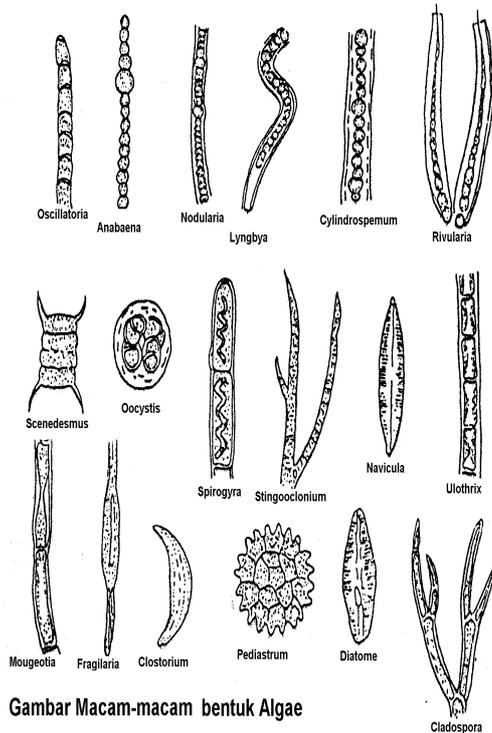
Beberapa contoh protozoa, yaitu : *Trypanosoma rhodesiense* (Mastigophora penyebab penyakit tidur), *Giardia lamblia* (Mastigophora penyebab penyakit diari), *Trichomonas vaginalis* (Mastigophora penyebab penyakit vagina), *Entamoeba histolytica* (Sarcodina penyebab penyakit disentri), *Plasmodium malariae*, *P. vivax*, *P. ovale*, *P. falciparum* (Sporozoa penyebab penyakit malaria).

b. Alga

Alga berukuran sangat bervariasi, mulai dari beberapa μm sampai bermeter-meter panjangnya. Alga bersifat fotosintetik sehingga semua alga mengandung klorofil dan pigmen-pigmen lain. Kebanyakan alga hidup di air dan sebagian besar merupakan fitoplankton yang berguna sebagai sumber makanan organisme lain dan merupakan produsen primer bahan organik atau permula rantai makanan akuatik dan sumber oksigen. Sebagai organisme fotosintetik, alga merupakan penghasil senyawa karbon organik sebanding dengan yang dihasilkan oleh seluruh tumbuhan darat.

Alga diperhatikan manusia karena banyak perannya. Alga merah dan coklat dapat dimanfaatkan sebagai pupuk, tanah diatome (sisa alga mati) dapat digunakan sebagai isolator arus listrik, banyak alga mengandung vitamin A, B1, C, D, dan K. Alga juga dimanfaatkan manusia sebagai sumber makanan. Alga merah dapat menghasilkan polisakarida penting (karegen) dan agar-agar yang digunakan sebagai pengimulsi, pengental, dan pematat makanan. Beberapa alga dapat sebagai patogen pada manusia, hewan dan tumbuhan. Alga hijau *Cephaleuros* menyerang daun teh, kopi dan tanaman-tanaman perkebunan lain. Beberapa alga lain menghasilkan racun (toksin) yang mematikan ikan, hewan maupun manusia. Gymnodinium dan

Gonyaulax menghasilkan neurotoxin yang merupakan racun syaraf bagi hewan dan manusia.



Gambar Macam-macam bentuk Algae

Banyak jenis alga terdapat sebagai sel tunggal (uniseluler) yang dapat berbentuk bola, batang, kumparan dan lainnya (lihat gambar). Beberapa alga lainnya dapat berupa agrgasi (kumpulan) sel-sel tunggal identik yang saling melekat setelah pembelahan sehingga membentuk bentukan yang jauh lebih besar, sedangkan alga yang lainnya lagi dapat terdiri dari berbagai macam sel yang berfungsi khusus dan ada pula yang multiseluler berukuran sangat besar dengan morfologi yang kompleks.

Alga mempunyai nukleus yang bermembran seperti halnya organisme eukariotik lainnya. Selain organel sel eukariotik, sel alga juga mengandung butir-butir pati, tetes minyak, vakuol dan lain-lain sesuai kelompoknya.

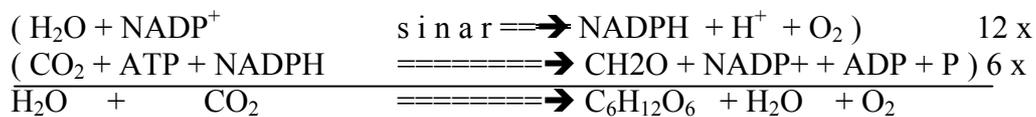
Setiap sel alga mengandung satu atau lebih kloroplas yang dapat berbentuk pita, lempengan (cakram) seperti pada tumbuhan. Di dalam matrik kloroplas terdapat bulatan pipih yang disebut tilakoid. Membran tilakoid berisi klorofil dan pigmen-pigmen pelengkap lainnya sebagai tempat reaksi cahaya pada fotosintesis. Seperti halnya protozoa berklorofil, beberapa alga dilengkapi flagela atau silia sehingga mirip protozoa.

Alga berkembangbiak secara seksual dan aseksual, meskipun beberapa diantaranya terbatas berkembangbiak hanya menggunakan salah satu cara. Reproduksi aseksual dapat berlangsung dengan cara pembelahan biner, fragmentasi organisme multiseluler, dan pembentukan spora. Spora yang dibentuk dapat berflagela dinamakan zoospora atau tidak mempunyai alat gerak disebut aplanospora. Aplanospora biasanya dibentuk oleh alga darat. Akinet merupakan spora yang dibentuk dari sel vegetatif yang menebal. Semua alga dapat melakukan reproduksi seksual. Perkawinan terjadi karena terjadi konjugasi gamet yang menghasilkan zigot. Jika gamet yang melakukan konjugasi morfologinya serupa maka proses konjugasinya disebut isogami dan jika berbeda ukuran ataupun morfologinya maka konjugasi demikian disebut heterogami. Pada alga tingkat tinggi biasanya membentuk gamet betina yang ukurannya lebih besar disebut ovum dan gamet jantan yang ukurannya lebih kecil tetapi dapat bergerak aktif. Proses persatuan ovum dengan gamet jantan disebut oogami. Jika ovum dan gamet jantan dibentuk oleh satu individu disebut biseksual (membentuk dua macam jenis kelamin), sedangkan jika dibentuk oleh individu yang berlainan, maka setiap individu disebut uniseksual (membentuk satu jenis kelamin).

Dari segi fisiologis, alga merupakan organisme aerobik fotosintetik. Alga dapat tumbuh dimana saja yang tersedia cahaya, kelembaban dan sedikit nutrisi. Alga dapat tumbuh pada kisaran suhu es sampai suhu 70°C. Alga laut sudah menyesuaikan diri terhadap kandungan garam yang tinggi dan kedalaman lebih dari 55 meter bahkan ada yang masih tumbuh pada kedalaman 183 m di bawah permukaan laut.

Alga mempunyai tiga macam pigmen fotosintetik, yaitu : klorofil, karotenoid, dan fikobilin yang terdapat dalam kloroplas. Karotenoid merupakan hidrokarbon tak larut dalam air, berwarna kuning, jingga atau merah. Fikobilin atau hiloprotein merupakan kompleks protein larut dalam air berwarna biru atau merah. Ada lima macam klorofil yaitu klorofil a, b, c, d, dan e yang semuanya berwarna hijau. Semua alga mengandung klorofil a .

Proses fotosintesis yang berlangsung reaksinya sebagai berikut :



Karotenoid alga ada dua macam yaitu : karoten dan xantofil, demikian juga fikobilin ada dua macam, yaitu : fikosianin dan fikoeritrin. Kandungan xantofil dan karoten yang tinggi akan menyebabkan warna alga menjadi kecoklatan, sedangkan kandungan fikobilin yang tinggi akan berwarna kemerahan. Beberapa alga tidak mempunyai pigmen sehingga beberapa ilmuwan memasukan ke dalam kelompok protozoa.

Penggolongan alga berdasarkan 6 ciri, yaitu : pigmen, produk makanan cadangan, flagela, dinding sel, organisasi sel dan sejarah hidup reproduksi. Dasar pembedaan pigmen akan membedakan susunan kimia dan kandungan masing-masing pigmen akan membedakan warna tubuh alga. Produk makanan cadangan yang berbeda akan menandakan kandungan kimia yang berbeda (pati, minyak, protein). Flagela dibedakan berdasarkan jumlah dan morfologinya, sedangkan dinding sel dibedakan berdasarkan susunan kimia dan sifat fisiknya.



Alga hijau : *Boergesenia forbesii* (Harvey)

1. Devisio Chloro-phycophyta : pigmen berwarna hijau, produk makanan cadangan berupa karbohidrat dan minyak, non motil (uniseluler & sel reproduksi motil). Terutama hidup di air tawar (sebagian laut, darat) ; satu kloroplas per sel, beberapa perenoid (tempat

pembenetukan pati) per kloroplas ; morfologinya macam-macam mulai dari uniseluler sampai koloni ; uniseluler berflagela ; beberapa spesies punya alat pelekat ; reproduksi membelah membentuk zoospora atau seksual isogami / heterogami ; Chlamydomonas 3-30 m



Alga merah : *Acanthophora muscoides*



Alga coklat : *Cystoseira* sp

2. Devisio Rhodo-phycomphyta : pigmen berwarna merah, produk makanan cadangan berupa glikogen, non motil, dinding sel mengandung karagenan
3. Devisio Chryso-phycomphyta : pigmen berwarna coklat keemasan, produk makanan cadangan berupa karbohidrat dan minyak, flagela 1 atau 2 atau amoeboid, dinding sel mengandung sisik
4. Devisio Phaeo-phycomphyta : pigmen berwarna coklat, produk makanan cadangan berupa manitol, flagela 2 lateral tak sama. dinding sel mengandung asam alginat
5. Devisio Xanto-phycomphyta ;pigmen berwarna hijau kekuningan, produk makanan cadangan berupa pati dan minyak, flagela 2 tak sama apikal

6. Devisio Bacillario-phycomphyta (Diatome) : produk makanan cadangan berupa karbohidrat dan minyak, flagela 1 pada gamet jantan, dinding sel mengandung silika
7. Devisio Eugleno-phycomphyta : produk makanan cadangan berupa karbohidrat dan minyak, Flagela 1,2 atau 3 yang sama agak apikal, tak berdinding sel, ada kerongkongan
8. Devisio Crypto-phycomphyta : produk makanan cadangan berupa Pati, Flagela 2 tak sama terletak lateral, tak berdinding sel, sebagian berkerongkongan
9. Devisio Pyro-phycomphyta : produk makanan cadangan berupa pati dan minyak, flagela 2 terletak lateral menyeret dan melilit

2. FUNGI (Jamur, Cendawan)

Fungi merupakan organisme heterotrofik absorbtik yang memerlukan senyawa organik untuk sumber tenaganya. Fungi dapat hidup pada benda organik mati maupun organisme hidup. Mereka yang hidup dari bahan organik mati disebut saprofit dan yang hidup pada organisme hidup disebut parasit. Fungi saprofitik berperan penting dalam merombak sisa-sisa bahan organik menjadi senyawa-senyawa yang sederhana dan dapat dimanfaatkan oleh organisme lain. Selain sebagai perombak (dekomposer), fungi saprofitik juga berperan penting dalam fermentasi industri, misalnya dalam industri minuman anggur, antibiotik, tape, kecap dan masih banyak lagi. Sebagai dekomposer, fungi juga merugikan manusia jika bahan organik yang dirombak merupakan bahan yang kita butuhkan, misalnya : kayu, tekstil, makanan, produk pasca panen pertanian dan bahan-bahan lain.

Sebagai parasit, fungi dapat menyerang manusia, hewan dan tumbuhan. *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora infestans*, *Coletotrichum gloeosporoides* merupakan contoh fungi parasit yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan.



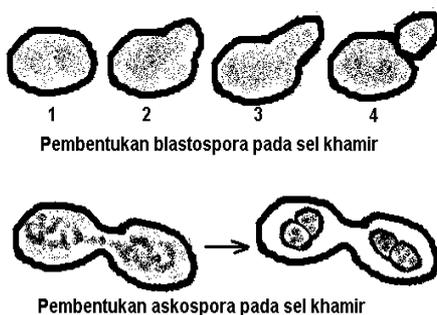
Gambar : Biakan *Fusarium*

Jamur memerlukan kelembaban yang tinggi, persediaan bahan organik, dan oksigen untuk pertumbuhannya, meskipun akan tumbuh terbaik pada suhu sekitar suhu kamar (20 – 32⁰C). Kebanyakan bersifat saprofit atau hidup dari bahan organik mati, lingkungan mengandung gula dan tidak asam

Mekanisme reproduksi jamur disebut pembentukan spora. Spora jamur harus dipikirkan sebagai sesuatu yang analog dengan biji pada tumbuhan yaitu sebagai alat pertumbuhan, meskipun semua bagian jamur mampu tumbuh. Spora jamur dapat terbentuk karena proses perkawinan (seksual) maupun tidak (aseksual). Spora seksual diproduksi dengan terjadinya peleburan (fusi) dua sel, sedangkan spora aseksual dibentuk oleh satu sel tanpa adanya pembuahan (fertilisasi) oleh individu kedua. Berdasarkan jumlah sel per individunya, jamur dibedakan menjadi dua golongan, yakni : jamur satu sel atau khamir (*yeast*) dan jamur benang atau hanya disebut 'jamur' saja.

a. Khamir (Yeast)

Tubuh atau talus khamir berupa sel tunggal. Khamir bersifat mikroskopik sebagai sel bebas yang sederhana. Biasanya berbentuk bulat atau lonjong, termasuk sel eukariotik. Berkembang biak secara seksual maupun aseksual. Cara seksual yang umum dilakukan yaitu dua sel khamir melebur (fusi) menjadi sel tunggal berbentuk kantong yang disebut askus. Di dalam askus terbentuk satu sampai delapan spora, yang disebut askospora. Dalam kondisi yang cocok, askus akan pecah selanjutnya askospora akan tumbuh membentuk sel khamir baru.



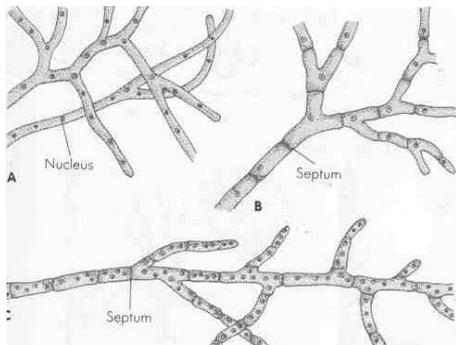
Gambar : Pembentukan spora pada sel khamir

Cara aseksual yang biasa untuk pembiakan khamir menggunakan proses aseksual yang disebut blastospora. Sel khamir pada awalnya akan terjadi benjolan-benjolan (tunas) berbagai ukuran yang semakin membesar, kemudian berangsur-angsur menyempit pada bagian yang berhubungan dengan dinding sel induk sehingga akhirnya terpotong dari sel induknya.

Proses pertunasan (blastospora) berbeda dengan pembelahan biner yang didahului oleh terbelahnya inti. Semua kelompok khamir dapat berkembangbiak secara aseksual, tetapi tidak semua khamir dapat berkembangbiak secara seksual. Khamir yang hanya berkembangbiak secara aseksual dikelompokkan ke dalam Deuteromycetes, sedangkan khamir yang membentuk spora seksual dikelompokkan sesuai dengan spora seksual yang dibentuknya. Umumnya khamir yang berkembangbiak secara seksual membentuk askospora sehingga dikelompokkan ke dalam Ascomycetes. Beberapa contoh khamir misalnya : *Saccharomyces cerevisiae* merupakan khamir permukaan memproduksi gas sangat cepat, *S. carsbergensis* merupakan khamir dasar karena memproduksi gas sangat lambat, *Hansenula anomala* (Ascomycetes), *Candida albicans* merupakan khamir yang tidak membentuk spora seksual.

b. Jamur Benang

Jamur benang meliputi : kapang (*mold*), buduk (*mildew*), jamur payung dan sejenisnya (*mushroom, champhignon*), jamur karat (*rust fungi*), jamur jelaga (*smuts fungi*), jamur bola (*puff-ball fungi*), dan jamur mangkok (*cup fungi*). Tubuh atau talus jamur benang terdiri dari dua bagian, yaitu bagian vegetatif berupa benang dan bagian generatif berupa spora. Bagian vegetatif jamur parasit biasanya berupa benang-benang halus yang bersekat atau tidak bersekat. Bagian yang berupa benang disebut hifa dan kumpulan dari hifa disebut miselium. Setiap hifa lebarnya hanya 2 – 10 μm

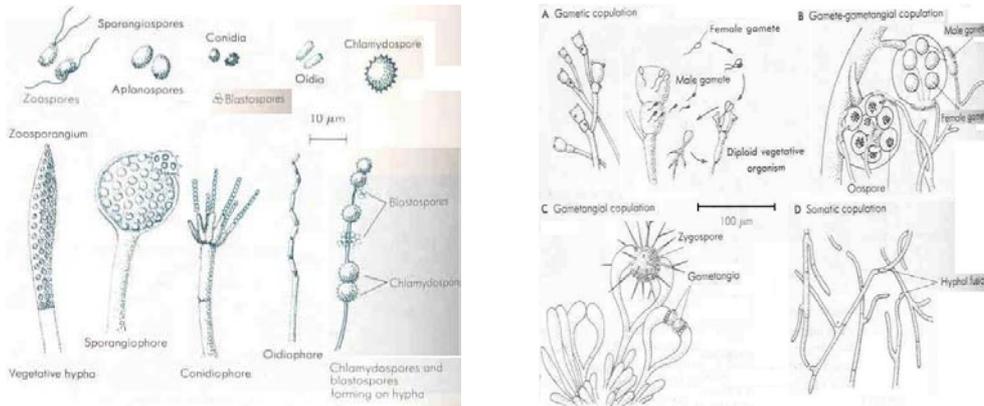


Pada prinsipnya hifa jamur dibedakan menjadi hifa senositis (*coenocytis*) atau hifa tidak bersekat dan hifa seluler (*cellular*) atau hifa bersekat. Hifa tidak bersekat terdapat pada jamur-jamur kelas *Phycomycetes* dan hifa bersekat terdapat pada jamur-jamur pada kelas *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* dan *Deuteromycetes (Imperfecty)*.

Beberapa jamur dapat membentuk rhizomorf, sklerotium dan kladiospora sebagai alat pertahanan diri. Jamur mempunyai dua macam alat perkembangbiakan, yakni seksual (dengan kawin) dan aseksual (tanpa kawin). Perkembangbiakan aseksual pada *Phycomycetes* terjadi dengan pembentukan sporangiospora (spora yang dibentuk di dalam sporangium) yang dapat berupa zoospora (sporangiospora yang mempunyai alat gerak dan tidak mempunyai dinding yang jelas), konidium (sporangium yang hanya membentuk satu spora), kladiospora (pembulatan sel hifa dan berdinding tebal).

Pada klas Ascomycetes dan Deuteromycetes pembentukan konidiumnya bervariasi dari yang hanya satu sel sampai beberapa sel. Pendukung konidiumnya (konidiofor) juga bervariasi dari yang sederhana dan pendek sampai panjang dan bercabang-cabang. Konidiofor tersebut dapat dibentuk secara bebas pada permukaan jaringan tanaman inang pada anggota-anggota *Moniliales*, atau dibentuk dalam badan buah tertentu seperti piknidium pada anggota-anggota

Sphaeropsidales, aservulus pada anggota-anggota *Melanconiales*, dan jika tidak dibentuk di dalam piknidium atau aservulus termasuk dalam anggota-anggota *Hyphomycetes*. Perkembangbiakan seksual *Phycomycetes* yang paling sederhana berlangsung secara isogami dan yang lebih tinggi tingkatannya berlangsung secara anisogami. Perkembangbiakan seksual tersebut antara lain menghasilkan oospora dan zygospora. Berikut ini gambar macam-macam spora aseksual (kiri) dan kopulasi seksual jamur (kanan).



Perkembangbiakan seksual pada Ascomycetes berlangsung dengan terjadinya persatuan dua inti yang berbeda jenisnya yang kemudian berkembang menjadi askus. Di dalam askus dibentuk askospora yang umumnya berjumlah 2 - 8. Badan yang membentuk atau mendukung askus disebut askokarp. Badan buah tersebut dapat berupa apotesium, kleistotesium, peritesium atau askostroma.

Basidiomycetes, perkembangbiakan seksualnya dengan cara pembentukan basidiospora pada basidium atau di luar basidium melalui suatu tangkai yang disebut sterigma. Ada bermacam-macam badan buah pembentuk spora pada Basidiomycetes. Uredinales adalah salah satu contoh dari anggota Basidiomycetes yang dikenal sebagai jamur karat dapat membentuk 5 macam stadium pembentuk spora, yakni : pycnia, aecia, uredinia, telia dan basidium.

Seluruh bagian tubuh jamur potensial mampu tumbuh dan berkembangbiak. Secara alamiah jamur berkembangbiak dengan berbagai cara, baik seksual maupun aseksual. Perkembangbiakan secara aseksual dengan fragmentasi hifa dan pembentukan spora.

Pembentukan spora aseksual ada beberapa macam cara, antara lain sbb :

1. Konidiospora atau konidium yaitu spora yang dibentuk di ujung atau disisi suatu hifa, dapat satu-satu atau berantai.
2. Sporangiospora yaitu spora yang dibentuk di dalam kantong yang disebut sporangium di ujung hifa khusus yang disebut sporangiofor. Jika satu kantong hanya berisi satu spora maka sporanya disebut konidiospora, jika tidak mempunyai alat gerak disebut aplanospora, dan jika mempunyai flagela disebut zoospora.
3. Arthrospora atau oidium yaitu spora yang terbentuk karena hasil fragmentasi sel-sel hifa.

4. Klamidospora yaitu spora yang terbentuk karena adanya penebalan sel-sel hifa sehingga menjadi sel yang sangat tahan terhadap keadaan lingkungan yang buruk. Jika terbentuk di ujung hifa disebut klamidospora terminal, dan jika tidak di ujung disebut klamidospora interkalar.
5. Blastospora yaitu spora yang dibentuk dari hasil pertunasan hifa.

Pembentukan spora seksual ada 3 macam cara, antara lain sbb :

1. Zigospora yaitu spora seksual yang berdinding tebal hasil gametangiogami atau perkawinan dua hifa serasi.
2. Oospora yaitu spora seksual dalam oosfer hasil perkawinan oogonium (sel betina) dengan anteridium (gamet jantan)
3. Askospora yaitu spora seksual di dalam kantong askus hasil perkawinan sel-sel antheridial dengan sel-sel oogonial. Setiap askus dapat dibentuk 2, 4 atau 8 askospora.
4. Basidiospora yaitu spora seksual di atas struktur berbentuk gada yang disebut basidium hasil perkawinan sel-sel antheridial dengan sel-sel oogonial. Setiap basidium dapat dibentuk 2, 4 atau 8 basidiospora.

c. Jamur Lendir

Jamur lendir (*slime mold*) mempunyai pola pertumbuhan yang khusus. Jamur ini lebih mirip dengan protozoa, tetapi pada satu tahap perkembangannya jamur ini membentuk spora. Dalam skema klasifikasi, jamur lendir dikelompokkan ke dalam Myxomycetes.

Perkembangan jamur lendir bervariasi sesuai dengan jenisnya. Tahap plasmodium terdiri atas massa protoplasma bernukleus banyak. Pada tahap plasmodium ini jamur dapat bergerak pada substrat seperti amoeba dan melakukan ingesti terhadap bakteri maupun benda kecil. Jika kondisi tidak menguntungkan, misalnya substrat mengering, akan berubah menjadi sel berinti yang berfungsi sebagai spora atau membentuk kantong (sporangium) tanpa tangkai yang berisi banyak spora. Jika kondisi menguntungkan lagi, spora akan memproduksi protoplas berflagela satu kemudian berpasangan, berfusi membentuk zigot yang berflagela dua. Zigot yang berflagela ganda ini kemudian melepaskan kedua flagelanya dan melakukan pembelahan sehingga terbentuk plasmodium.

d. Lumut Kerak (Liken)

Tubuh lumut kerak oleh orang umum akan lebih dikenal dengan nama 'lumut'. Pada kenyataannya, lumut ini terdiri dari fungi dan alga yang hidup dalam hubungan simbiosis. Bagian fungi memperoleh karbohidrat dan bahan organik lain yang terbentuk selama fotosintesis yang diselenggarakan alga, sedangkan bagian alga mendapatkan nutrisi dan mineral yang diselenggarakan selama absorpsi nutrisi dan mineral oleh fungi. Di daerah padang lumut, lumut ini digunakan untuk sumber makanan utama bagi rusa kutub, karibou, dan domba Libia.

3. MONERA (Bakteri, Cyanobakteri)

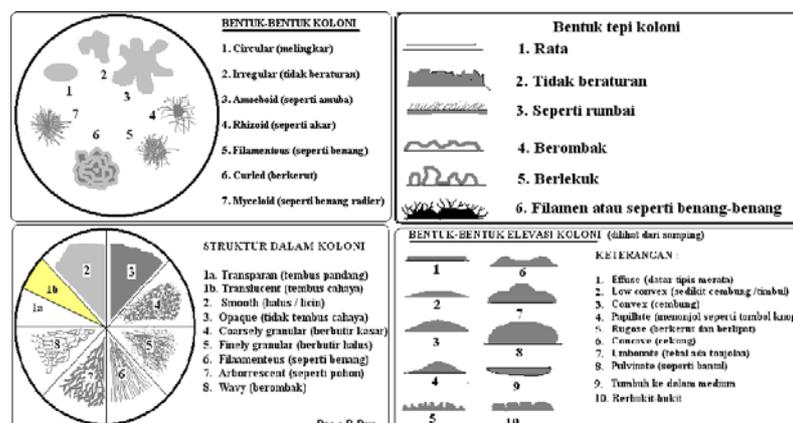
a. Cyanobakteri

Dulu Cyanobakteri dikenal dengan nama ganggang biru-hijau, tersebar luas di seluruh dunia, baik di air tawar maupun air laut. Cyanobakteri memperoleh energi dari kegiatan fotosintesis aerobik seperti alga, tetapi mempunyai organisasi sel prokariotik. Oleh karena itu klorofilnya tidak terdapat dalam kloroplas tetapi dalam lamela khusus yang disebut tilakoid. Fotopigmennya berupa klorofil dan fikobiliprotein. Beberapa terdapat sebagai sel tunggal dan yang lain dapat berupa rangkaian sel atau filamen yang lurus atau bercabang. Reproduksi dapat dengan pembelahan biner, pembelahan ganda, atau dengan membebaskan eksospora secara berturut-turut. Bentuk-bentuk filamen dapat berkembangbiak dengan fragmentasi dengan membebaskan ujung rantai pendek bersifat motil (dapat bergerak). Beberapa cyanobakteri berbentuk benang yang sel-selnya dapat menebal disebut heterosista. Heterosiste berfungsi untuk mengubah nitrogen dalam atmosfer menjadi amoniak sehingga nitrogen menjadi tersedia untuk metabolisme sel.

b. Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme bersel tunggal, tidak berklorofil dan berkembangbiak dengan cara membelah diri. Ukuran bakteri lebih kecil dari protozoa maupun fungsi satu sel. Pengamatan-pengamatan yang dilakukan Leewenhoek merupakan pengamatan yang menampakan penampakan kasar bakteri yang hanya menampakan sel bulat, seperti batang atau spiral.

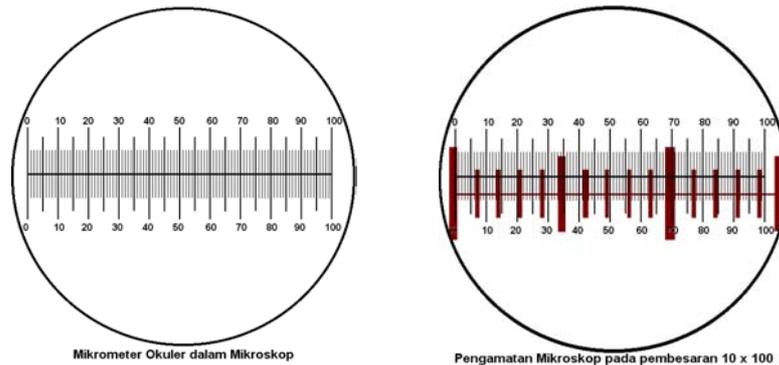
Perkembangan pengamatan sel bakteri sampai dengan sebelum tahun 1940-an meliputi teknik pewarnaan ternyata dapat memperbaiki apa yang diamati Leewenhoek sehingga dapat lebih tepat mengamati morfologi bakteri yang meliputi : bentuk, ukuran, struktur luar, dan pola penataan bakteri. Morfologi bakteri dapat berupa morfologi koloni dan morfologi sel bakteri. Berikut ini beberapa contoh morfologi koloni bakteri.



Koloni bakteri merupakan kumpulan bakteri sejenis hasil reproduksi yang mengumpul pada satu tempat di medium kultur atau kumpulan bakteri pada

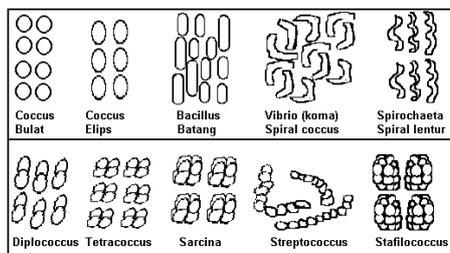
medium kultur yang berasal dari hasil pertumbuhan atau keturunan dari satu sel bakteri. Beberapa kelompok bakteri menunjukkan ciri-ciri koloni yang saling berbeda, baik dilihat dari bentuknya, elevasi, maupun bentuk tepi koloni. Ukuran, bentuk, dan penataan sel merupakan ciri morfologi kasar sel bakteri.

Setelah ditemukan mikroskop elektron dan teknik-teknik memotong sel menjadi irisan-irisan bagian sel, serta teknik isolasi senyawa sel maka kemudian ditemukan ciri morfologi dan ciri biokimiawi yang lebih detail lagi. Ciri morfologi dari irisan-irisan bagian sel ini kemudian kita sebut morfologi struktur halus dari sel bakteri.



Satuan ukuran bakteri menggunakan mikrometer (μm) yang setara dengan 10^{-3} milimeter (mm). Bakteri yang sering kita pelajari dalam mikrobiologi umumnya berukuran $0,5-1,0 \times 2,0-5,0 \mu\text{m}$, meskipun ada beberapa yang di luar range ini, bahkan sampai lebih dari $100 \mu\text{m}$ dan sebaliknya bakteri pleomorfik seperti mikoplasma ukurannya berkisar $0,1 - 0,3 \mu\text{m}$. Oleh karena itu kalau kita melihat ukuran bakteri secara keseluruhan lebarnya dapat berukuran $0,1 \mu\text{m}$ dan panjangnya mencapai lebih dari $100 \mu\text{m}$.

Meskipun ukuran sel bakteri sangat kecil, tetapi dapat diukur menggunakan mikrometer mikroskop biasa. Pengukur sel menggunakan mikrometer okuler yang memiliki garis-garis berjarak sama (gambar kiri). Jarak antar garis dalam mikrometer okuler dapat diukur menggunakan mikrometer obyektif (mikrometer pentas) yang berfungsi sebagai mistar pada proses pengukuran mikroskopis (gambar kanan). Oleh karena itu, mikroskop yang dilengkapi dengan mikrometer okuler dapat digunakan tidak hanya mengukur panjang-lebar bakteri tetapi juga dapat digunakan untuk mengukur panjang-lebar sel organisme lainnya.



Gambar : Bentuk dan tipe penataan sel-sel bakteri

Sel-sel bakteri dapat berbentuk seperti bola, elips (coccus), batang (bacillus) dan spiral (heliks). Spesies-spesies tertentu bakteri menunjukkan adanya pola penataan sel, misalnya : berpasangan, bergerombol, membentuk rantai atau filamen.

Bakteri bentuk bola dan elips biasa disebut bentuk kokus (kokus = buah beri). Kokus ada beberapa penataan yang berbeda-beda yang dapat mencerminkan

marga yang berbeda juga. Ada lima penataan kokus, yaitu : diplokokus, tetrakokus, sarcina, streptokokus, dan stafilokokus.

Basilus biasanya tidak menata sel-selnya dalam pola tertentu, tetapi beberapa spesies ada yang membentuk kelompok-kelompok sel yang berbaris berdampingan seperti penataan pagar, *Bacillus tuberculosis* menata dirinya menjadi kelompok tiga-tiga sehingga menyerupai huruf Y. Bakteri berbentuk spiral terutama dijumpai sebagai sel tunggal.

Umumnya bakteri patogen tanaman berbentuk batang. Diantara bakteri terdapat golongan yang mempunyai alat gerak yang disebut flagellum dan ada yang tidak mempunyai alat gerak (atrichus). Bakteri yang hanya mempunyai satu alat gerak disebut 'monotrichus', satu berkas alat gerak pada salah satu ujung disebut 'lofotrichus', terdapat di kedua ujungnya disebut amphitrichus, dan bila di seluruh tubuh disebut 'peritrichus'.

Sebagian besar bakteri berkembangbiak secara aseksual, dengan cara memanjangkan sel diikuti dengan pembelahan sel menjadi dua bagian sel anakan. Pembelahan demikian kita sebut pembelahan biner melintang. Pembelahan biner melintang merupakan suatu proses reproduksi aseksual. Pembelahan biner lebih banyak terjadi pada bakteri yang berkaitan dengan tumbuh manusia. Bakteri-bakteri lain dapat berproduksi dengan proses pembentukan spora, fragmentasi filamen, dan pertunasan. Pelajaran ini akan dibahas lebih lanjut pada bab pertumbuhan mikroorganisme.

4. VIRUS

Virus merupakan agen terkecil yang dapat mengarahkan pengadaannya sendiri, bersifat ultramikroskopik atau terlalu kecil untuk dilihat dengan mikroskop biasa. Virus merupakan agen penyebab penyakit yang sangat kecil sehingga hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron, tetapi beberapa virus sudah dapat diamati dengan mikroskop biasa yang mempunyai pembesaran sepuluh ribu kali. Hasil pengamatan mikroskop elektron, virus dapat dibedakan menjadi 3 macam bentuk, yakni : berbentuk batang kecil, benang dan bola. Virus hanya dapat bertambah banyak dalam sel yang hidup. Oleh karena hal tersebut maka virus dapat dimasukkan sebagai parasit yang biotrof. Semua virus memerlukan sel hidup untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan dalam sel yang berlainan dengan mekanisme pertumbuhan dan perkembangbiakan organisme lain. Oleh karena itu, virus tidak dapat dikelompokkan dengan organisme lain. Virus dibedakan berdasarkan bentuk, ada tidaknya asam nukleat di dalam virion (DNA, RNA), bentuk asam nukleatnya (ganda, tunggal, melingkar) dan adanya bagian asam nukleat dalam virion (tunggal, ganda). Virion adalah virus yang secara struktural lengkap, matang dan mampu menular. Virus berpindah dari satu sel inang ke yang lain dalam bentuk paket-paket gen, DNA atau RNA berukuran sangat kecil tetapi tidak dua-duanya. Bahan genetik tersebut terkemas di dalam selubung protein yang sangat khusus dengan bentuk yang berbeda-beda. Berdasarkan inangnya, ada tiga macam kelompok virus, yaitu : virus hewan, virus tumbuhan, dan virus bakteri.

a. Virus Bakteri (fag)

Virus bakteri disebut juga bakteriofag atau fag saja, yaitu virus yang hidup dalam sel bakteri. Fag ditemukan oleh Frederick W. Twort (1915 di Inggris) dan Felix d'Herelle (1917 di Paris). Twort mengamati bahwa koloni-koloni bakteri kadang-kadang mengalami lisis (menjadi larut dan lenyap) dan efek litik ini dapat ditularkan ke koloni lain, bahkan bahan yang encer dari koloni yang lisis ini setelah difilter menggunakan saringan bakteri masih dapat menyebabkan lisis pada koloni yang ditulari. Filtrat ini tidak lagi menularkan jika dipanaskan. Kemudian tahun 1917 D'Herelle menemukan kembali fenomena yang sama dengan fenomena Twort, sehingga mereka menyebutnya sebagai 'bakteriofage' (pemakan bakteri) dari unsur yang lolos dari filter bakteri.

Bakteriofag terdiri dari sebuah inti asam nukleat dikelilingi selubung protein. Virus ini terdapat dalam bentuk berbeda-beda dan banyak yang mempunyai ekor yang digunakan untuk melewati asam nukleat ketika menulari sel bakteri. Ada dua tipe utama virus bakteri, yaitu : *litik* atau virulen dan *lisogenik* atau avirulen.

Fag litik jika menginfeksi bakteri maka bakteri akan memberikan tanggapan dengan menghasilkan virus-virus baru dalam jumlah banyak sehingga akhirnya sel bakteri sendiri akan pecah atau mengalami lisis dan melepaskan fag-fag baru untuk menginfeksi bakteri inang lain. Proses dari fag menginfeksi bakteri sampai lepasnya fag dari bakteri yang lisis disebut daur litik.

Infeksi dari fag lisogenik, akibatnya tidak sampai lisis. Asam nukleat virus dibawa dan direplikasi di dalam sel-sel bakteri dari satu generasi ke generasi berikutnya tanpa menimbulkan lisis, meskipun pada generasi tertentu dapat mendadak menjadi virulen.

Semua fag mempunyai inti asam nukleat yang diselubungi oleh protein atau kapsid. Kapsid tersusun dari kapsomer-kapsomer dan kapsomer terdiri dari molekul-molekul protein yang disebut protomer. Fag dapat dijumpai dalam dua bentuk struktural yang mempunyai simetri *kubus* atau *helik*. Pada penampilan keseluruhan, fag kubus berupa benda padat teratur atau lebih spesifik, polihedral, sedangkan fag helik berbentuk batang. Pada banyak bakteriofag kepalanya polihedral tetapi ekornya berbentuk batang.

Fag mudah diisolasi dan dikultivasi pada biakan bakteri yang muda dan sedang tumbuh aktif dalam medium cair maupun padat. Dalam biakan cair, bakteri yang lisis mengakibatkan biakan yang keruh menjadi jernih, sedangkan pada biakan padat akan tampak plaq atau daerah jernih pada koloni bakteri. Persyaratan utama untuk isolasi dan kultivasi fag adalah kondisi optimum untuk pertumbuhan bakteri inang atau habitat optimum inang.

b. Virus Tumbuhan dan Virus Hewan

Virus-virus tumbuhan dan hewan sangat beragam bentuk dan ukurannya. Ukuran virus berkisar antara 10 sampai 100 nanometer ($1 \text{ nm} = 10^{-3} \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ mm}$).

Virus tumbuhan dan hewan tersusun dari suatu inti asam nukleat dikelilingi oleh kapsid sama dengan fag, tetapi pada beberapa virus hewan, nukleokapsid (asam nukleat dan kapsid) dibungkus oleh suatu membran luar yang disebut sampul yang terbuat dari lipoprotein. Virion yang bersampul peka terhadap pelarut lemak, misalnya eter dan kloroform. Kemampuan menginfeksi virus bersampul akan hilang oleh pelarut lemak. Virus yang tidak bersampul disebut virion telanjang. Virus-virus yang bervirion telanjang tidak terpengaruh oleh pelarut lemak. Asam nukleat virus tumbuhan pada umumnya berupa RNA, meskipun beberapa diantaranya berupa DNA tetapi tidak pernah ada dua-duanya dalam satu virion.

Perbanyakan virus disebut replikasi karena virus tidak mempunyai kegiatan metabolik yang mandiri dan tidak mampu bereproduksi melalui proses-proses yang khas seperti organisme lain. Proses replikasi virus secara umum dan singkat dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Virion melekat pada suatu sel inang pada situs-situs tertentu (reseptor).
2. Seluruh virus atau hanya asam nukleatnya menembus masuk ke dalam sel., tetapi yang mampu masuk ke dalam sel hanya nukleokapsid dan keduanya akan segera terpisah.
3. Asam nukleat diterjemahkan sel inang (yang dilakukan oleh DNA inang) untuk memproduksi kapsid telanjang dan direplikasi untuk memproduksi asam nukleat virus lebih banyak.
4. Perakitan asam nukleat beserta kapsidnya dan pelepasan virus baru.

Ada beberapa perbedaan langkah replikasi virus RNA dengan virus DNA. Virus RNA hanya melalui pelepasan bungkus, kemudian translasi langsung dan replikasi langsung ke perakitan sedangkan virus DNA melalui proses yang lebih panjang. Semua sintesis protein akan membutuhkan m-RNA, sehingga DNA virus harus diterjemahkan oleh enzim polimerase sel inang untuk membentuk m-RNA tetapi RNA virus mungkin dapat langsung berfungsi sebagai m-RNA tanpa disalin dulu oleh sel inang. Virus RNA tertentu yang susunannya benang RNA tunggal (ss-RNA) harus disalin dulu menjadi RNA komplementer yang kemudian berfungsi sebagai m-RNA. Virus semacam ini disebut virus benang negatif.

