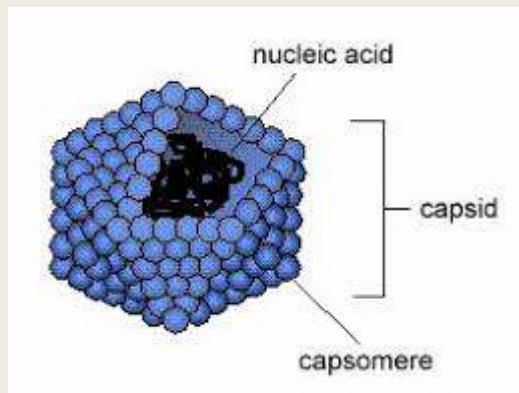
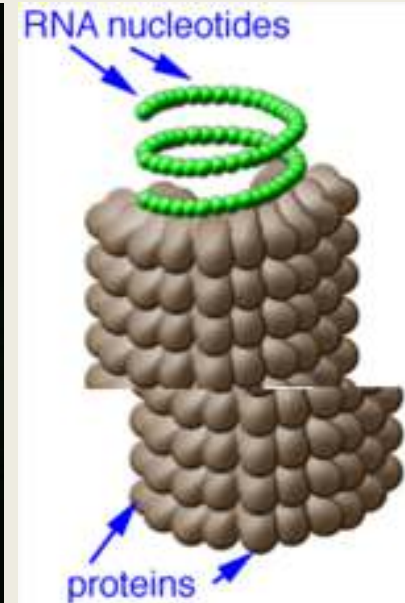
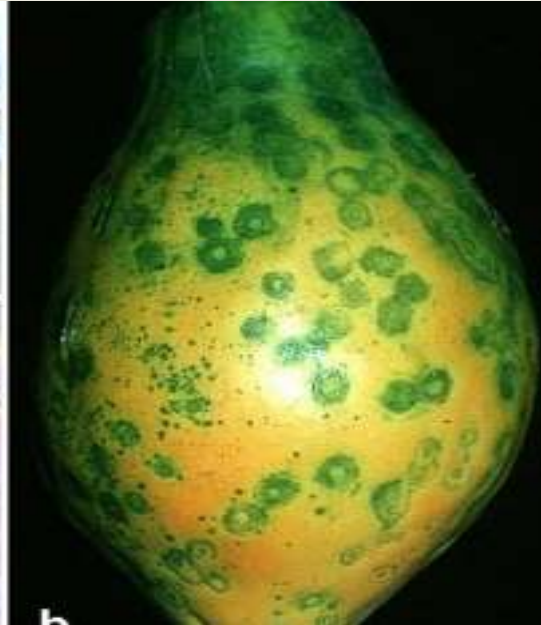
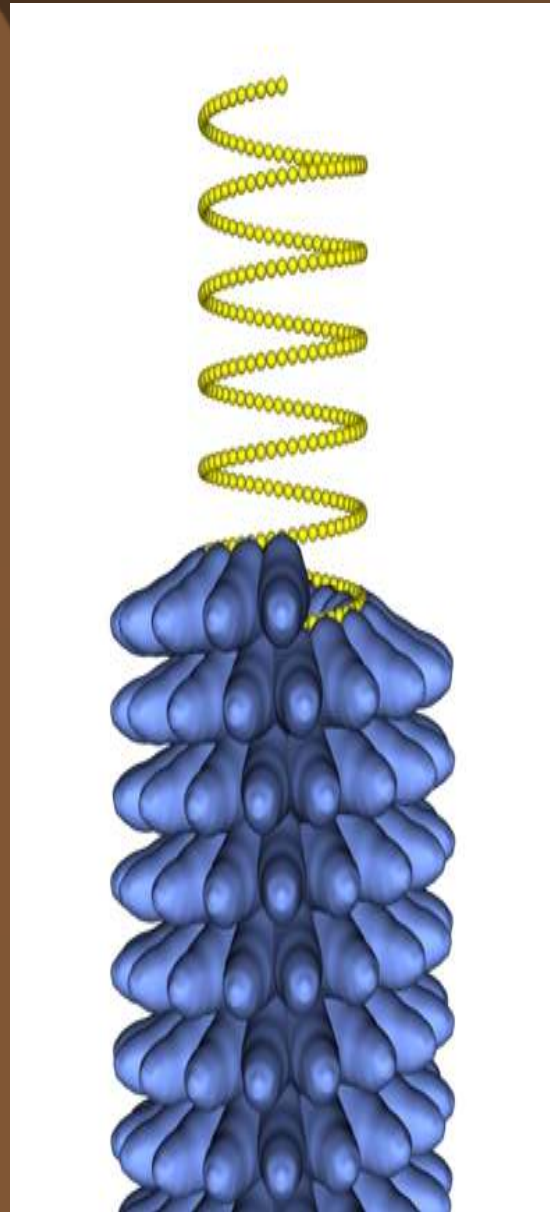


# VIROLOGI TUMBUHAN





Sasaran pokok dalam mempelajari virologi tumbuhan:

- (1) virologi tumbuhan diperlukan untuk menghindari kehilangan hasil tanaman akibat penyakit virus
- (2) virologi tumbuhan diperlukan untuk mengetahui sifat virus dan vektornya, serta struktur dan fungsi biologi makromolekul penyusun zarah virus, seperti asam nukleat dan protein.

## Pokok bahasan

sejarah dan perkembangan virologi tumbuhan,  
definisi, dan wujud virus tumbuhan.

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa diharapkan

- (1) mengetahui perkembangan virologi sebagai ilmu,
- (2) mengetahui wujud dan batasan virus, dan
- (3) mampu menjelaskan apakah virus tergolong benda hidup atau mati.



# ***VIROLOGI TUMBUHAN :*** ***Arti Virus dan Sejarah Virologi***



# Virologi Tumbuhan

- Virologi → ilmu yang mempelajari segala sesuatu yang berkaitan dengan virus
- Virologi tumbuhan penting dipelajari, karena :
  1. diperlukan untuk menghindari kehilangan hasil tanaman akibat virus
  2. diperlukan untuk mengetahui sifat virus dan vektornya, serta struktur dan fungsi biologi makromolekul penyusun virus

# **Sejarah dan Perkembangan Virologi Tumbuhan**

yenny liswarni

**Virus pertama ditemukan Tahun 1576 → patogen yang menimbulkan gejala perubahan warna bunga tulip yang semula polos menjadi setrip (bercak bergaris)**



Petani saat itu dapat mengimbas gejala setrip pada bunga tulip, yaitu dengan penempelan umbi tanaman yang bunganya bergejala setrip dengan umbi yang akan dijadikan bibit tanaman tulip.

Tanaman tulip yang berasal dari umbi yang telah mendapat perlakuan itu akan menghasilkan bunga bergejala setrip, walaupun patogennya belum diketahui.

Mekanisme penularan virus tersebut belum dapat dijelaskan secara ilmiah oleh para pakar biologi hingga tahun 1886, yaitu saat percobaan penularan virus tumbuhan yang dilakukan oleh Prof. Adolf Mayer di *Wageningen Agricultural University*.



# Bunga tulip sehat dan sakit







Percobaan Mayer tentang etiologi penyakit tanaman tembakau yang menyebabkan gejala mosaik yang disebabkan oleh *Tobacco Mosaic Virus* (TMV).

Mayer → ilmuwan yang pertama dapat mengimbas gejala mosaik dgn menginjeksikan sap (ekstrak) dari tanaman sakit.

Mayer juga membuktikan bahwa sap tanaman sakit menjadi tidak infeksiif apabila sap dipanaskan sampai mendidih. Mayer hanya menyimpulkan bahwa gejala mosaik pada daun tembakau tersebut disebabkan oleh **bakteri**

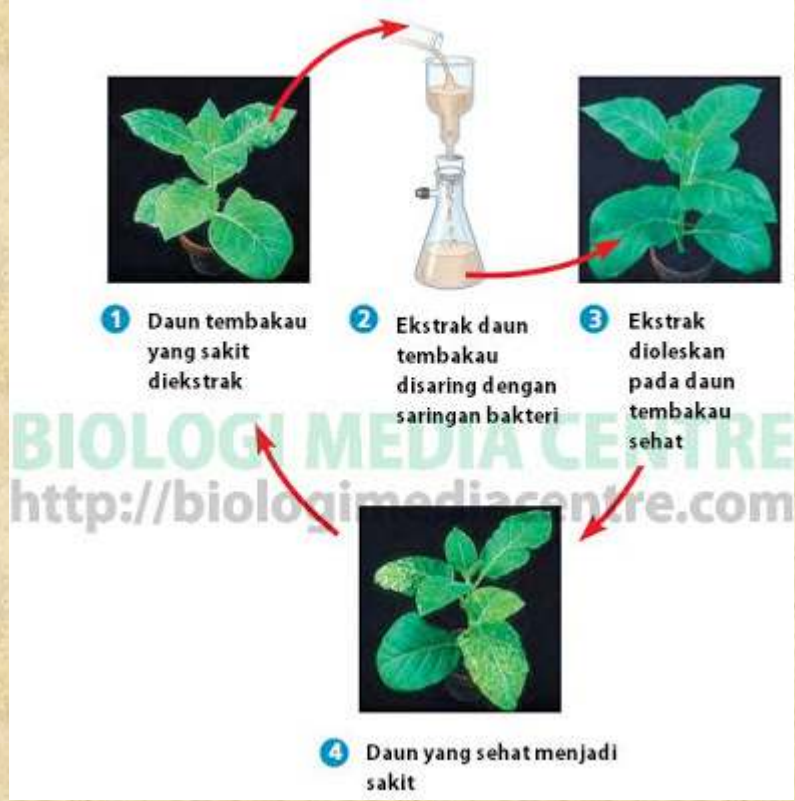
# Percobaan Mayer pada penelitian virus



**Dimitrii Ivanowski, ia mengulangi percobaan Mayer menunjukkan bahwa patogen mosaik tembakau dapat melewati saringan yang tidak dapat dilalui oleh bakteri.**

**Martinus Beijerinck pada tahun 1898 juga mengulangi percobaan Mayer dan ia melaporkan patogen mosaik tembakau dapat melewati saringan (filter) yang tidak dapat dilewati oleh bakteri. Dari percobaan tersebut dapat disimpulkan, patogen mosaik tembakau bukan bakteri tetapi cairan hidup yang membawa penyakit (*contagium vivum fluidum*).**

**Hasil penelitian Beijerinck telah membuka jalan pada perkembangan virologi selanjutnya, sehingga ia disebut sebagai Bapak Virologi**





# Definisi Virus



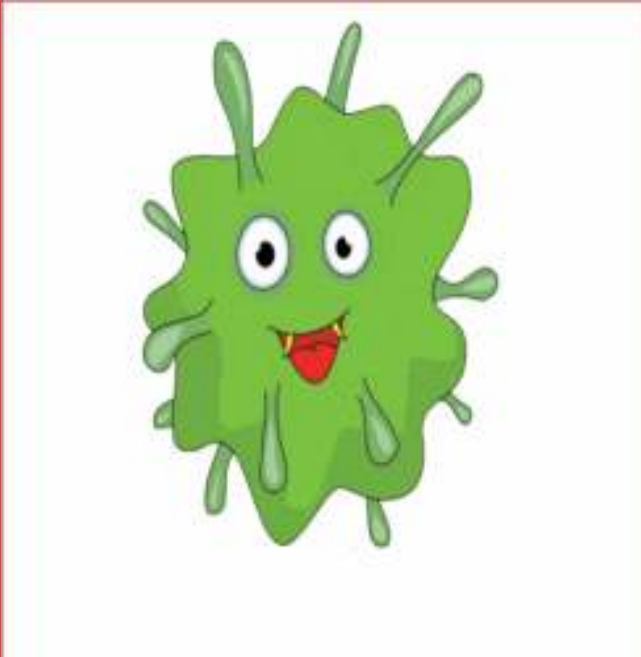
## **Definisi Virus**

Pada tahun 1950, Bawden mendefinisikan virus, yaitu suatu patogen parasit obligat yang ukurannya lebih kecil dari 200 nm.

Definisi tersebut berdasarkan ukuran virion, kepatogenan, dan ketidakmampuan virus bereplikasi di luar sel inang.

Definisi berdasarkan ukuran tidak dapat membedakan antara patogen lain, seperti mikoplasma dan rickettsia yang juga dapat melewati saringan yang tidak dapat dilewati bakteri.

## Definisi Virus



**Gibbs dan Harrison (1976)** mendefinisikan virus sebagai suatu parasit yang dapat menular, mempunyai genom dengan bobot molekul lebih kecil dari  $3 \times 10^8$  dalton, dan membutuhkan komponen lain pada sel inang untuk memperbanyak diri

Definisi ini juga tidak memuaskan karena termasuk ke dalamnya viroid yang mempunyai genom lebih kecil dari 105 dalton





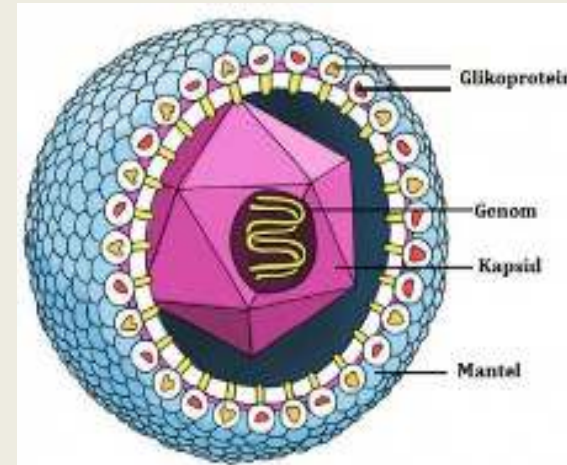
Definisi virus yang lebih oleh Matthews, yaitu virus adalah satu set dari satu atau lebih molekul genom berupa molekul RNA atau DNA, biasanya dibungkus oleh selubung pengaman berupa protein selubung (*coat protein*) atau lipoprotein dan hanya dapat memperbanyak diri dalam sel inang yang sesuai dengan memanfaatkan metabolisme, materi, dan energi dari sel inang.

Virus dapat didefinisikan sebagai “organisme bukan sel yang mempunyai genom yang hanya dapat bereplikasi dalam sel inang menggunakan perangkat metabolisme sel inang untuk membentuk seluruh komponen virus”.

# WHAT IS A VIRUS?



VIRUS adalah:



agen infeksi yang tidak memiliki sel dan memiliki 2 karakteristik, yaitu:

1. Mengandung asam nukleat (DNA atau RNA) di dalam pelindung protein (*protein coat*)
2. Tidak dapat bereproduksi sendiri (hanya dapat bereproduksi jika bahan genetiknya memasuki sel inang dan mengambil alih prosesnya)

**Virus benda hidup atau mati ???**



Definisi hidup berdasarkan pada batasan organisme yang utuh, seperti hewan dan tumbuhan, maka sesuatu yang dikatakan hidup apabila :

- (1) dapat mengadakan aktivitas metabolisme atau respirasi,
- (2) peka terhadap rangsangan dari luar,
- (3) dapat bergerak,
- (4) tumbuh, dan
- (5) berkembangbiak.

Berdasarkan batasan itu, bagian dari organisme yang masih menunjukkan tanda kehidupan seperti organel, virus, viroid dan plasmid menjadi tidak dapat didefinisikan.

# Apakah virus hidup?

Teori Sel:

1. Unit terkecil kehidupan
2. Semua makhluk hidup tersusun dari sel
3. Semua sel berasal dari sel yang lain

- Virus tidak bernafas
- Virus tidak melakukan metabolisme
- Viruses tidak tumbuh
- Tetapi, virus bereproduksi (hanya dapat bereproduksi jika bahan genetiknya memasuki sel inang dan mengambil alih prosesnya)

- Setelah ditemukannya biologi molekuler, baru terbukti jelas kalau virus adalah bagian dari makhluk hidup
- Virus merupakan parasit obligat yang sangat kecil, yang mengandung satu atau beberapa ratus gen yang dapat bermutasi dan berkembang seperti gen sel-sel lainnya

# Sifat khas virus tumbuhan



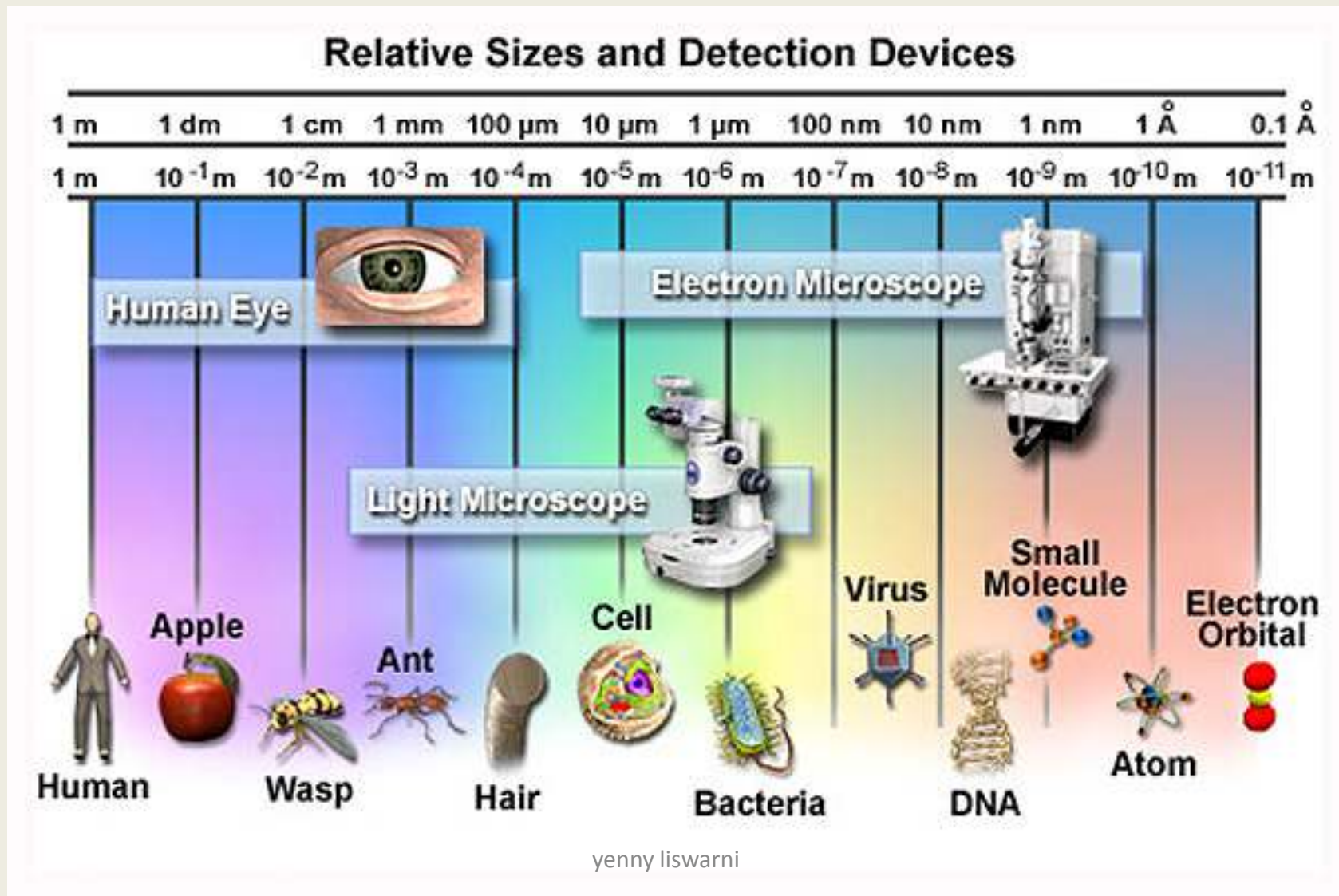
Virus tumbuhan dalam beberapa hal berbeda dari virus yang menyerang hewan atau bakteri. Salah satu perbedaan tersebut adalah mekanisme penetrasi virus ke dalam sel inang. Virus tumbuhan hanya dapat masuk ke dalam sel tumbuhan melalui luka yang terjadi secara mekanis atau serangga vektor. Hal ini disebabkan oleh virus tumbuhan tidak mempunyai alat penetrasi untuk menembus dinding sel tumbuhan. Sebaliknya, sebagian besar virus yang menyerang hewan dan bakteri dapat melakukan penetrasi langsung melalui selaput sel, seperti bakteriofage (virus yang menyerang bakteri) yang mempunyai alat penetrasi yang dapat menembus selaput sel bakteri


# How small is a virus ?



yenny liswarni

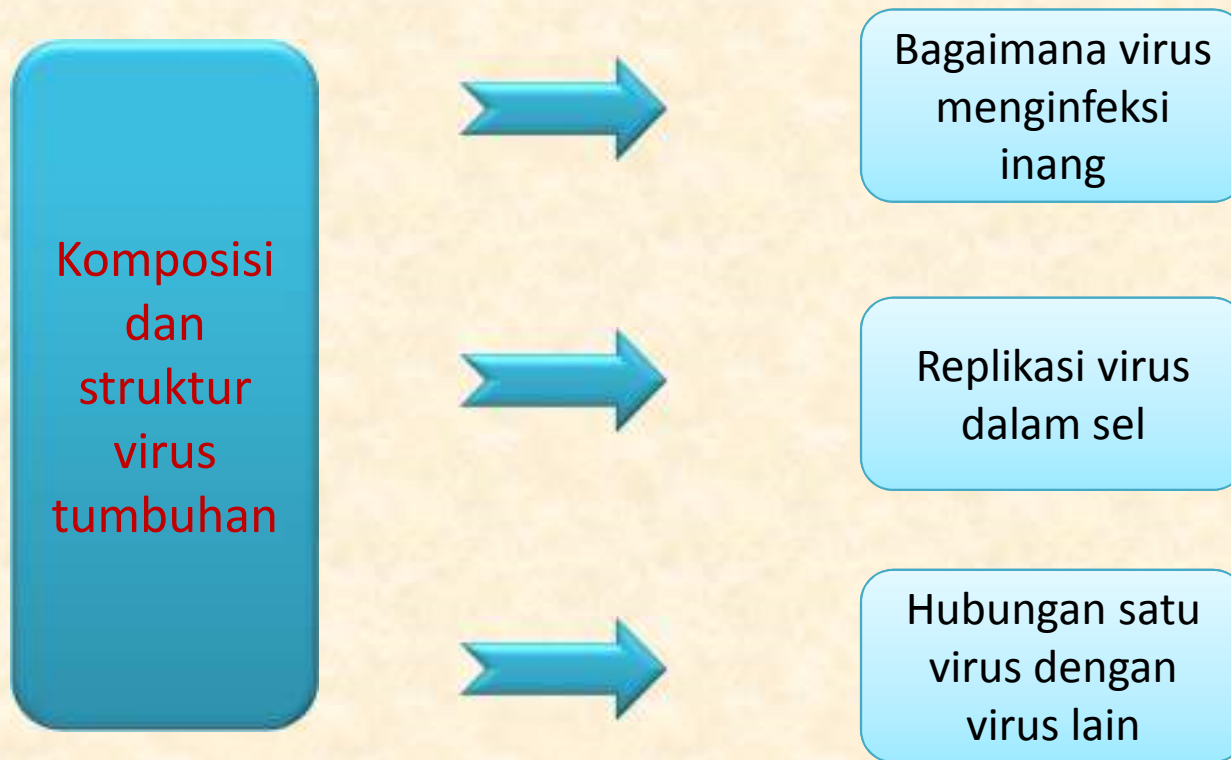
# UKURAN VIRUS





# **KOMPOSISI DAN STRUKTUR VIRUS TUMBUHAN**

yennyiswarni





# Komposisi makromolekul penyusun virus tumbuhan

➤ Struktur dasar virus adalah :

1. asam nukleat (RNA atau DNA) yang berfungsi sebagai genom virus

2. selubung protein (kapsid)

- kadang-kadang virus tertutup oleh mantel (*envelope*), yaitu suatu struktur yang tersusun atas lipid, protein, dan karbohidrat yang mengelilingi asam nukleat virus

- Perbandingan asam nukleat dan protein berbeda untuk setiap virus, asam nukleat 5% - 40% dari virus, sedangkan protein 60% - 90%
- Virus memanjang : % asam nukleat rendah dan protein tinggi
- Virus spherical : % asam nukleat tinggi dan protein rendah

## 1. Asam nukleat

- Asam nukleat virus berupa RNA atau DNA, beruntai tunggal / *single strain* (ss) ataupun beruntai ganda / *double strain* (ds)
- RNA virus dapat dibagi menjadi ribosomal RNA (rRNA), messenger RNA (mRNA) atau transfer RNA (tRNA)

- Umumnya RNA virus single strand, beberapa virus RNA double strand (*Wound Tumor Virus* dan *Rice Dwarf Virus*)
- Beberapa virus jenis asam nukleatnya DNA
- cth : - *Maize Streak Virus*
  - *Cauliflower Mosaic Virus*
  - *Geminivirus*

# Maize streak virus





# Geminivirus pada tanaman cabai



yennyliwarni

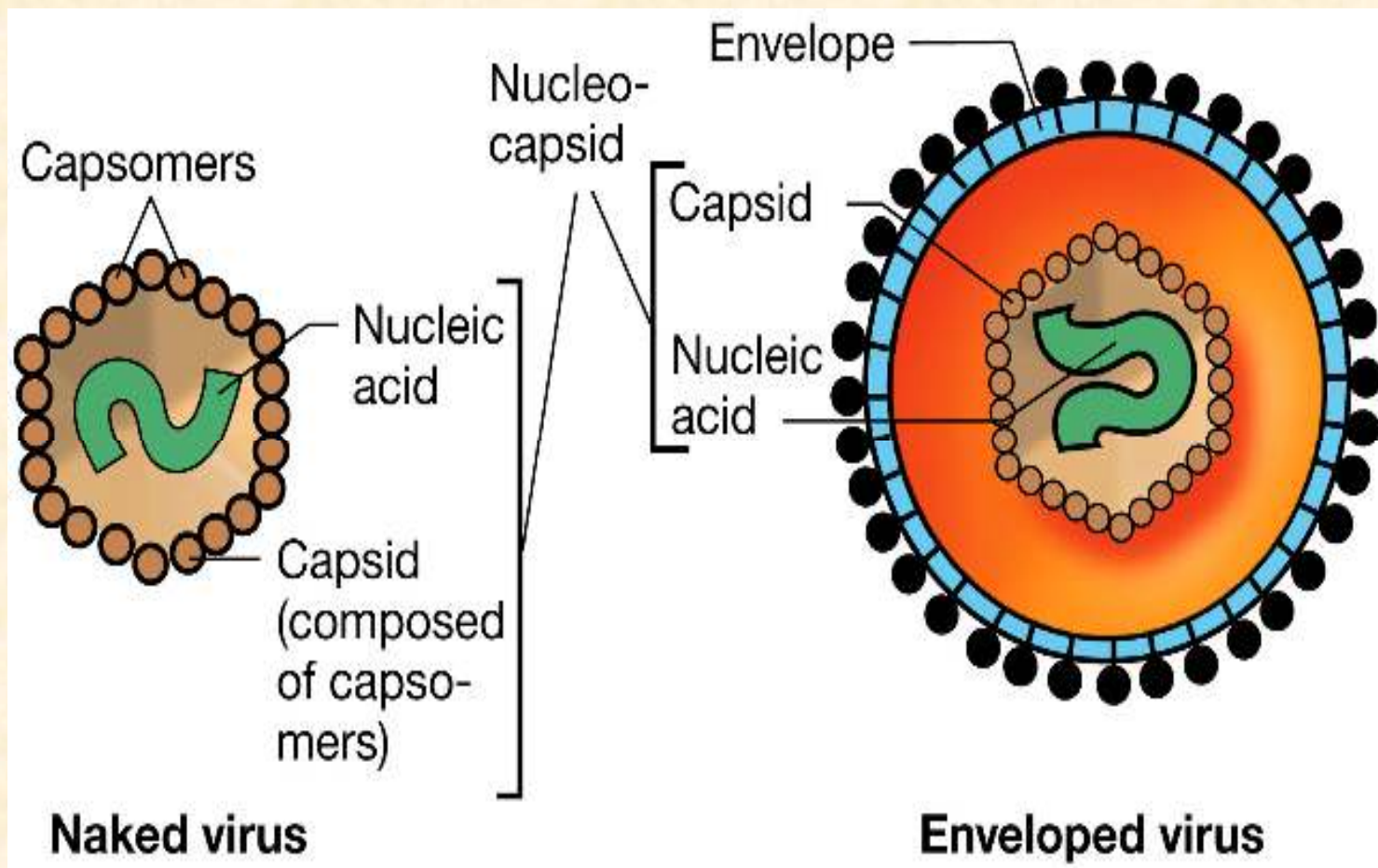
- Asam nukleat terdiri atas :
  - a. gula pentosa (ribosa untuk RNA dan deoksiribosa utk DNA)
  - b. basa purin (A dan G), dan basa pirimidin (C, T dan U)
  - c. fosfat

## 2. Kapsid

- adalah susunan protein yang mengelilingi asam nukleat virus
- Kapsid tersusun atas subunit-subunit morfologis yang disebut *kapsomer*
- Kapsomer sendiri terdiri dari sejumlah subunit protein yang disebut *protomer*

- beberapa virus, kapsid ditutupi oleh *sampul* atau *envelope*
- sampul umumnya terdiri dari lemak (mayoritas), protein, dan karbohidrat
- virus dengan kapsid yang tidak tertutupi oleh sampul disebut virus telanjang







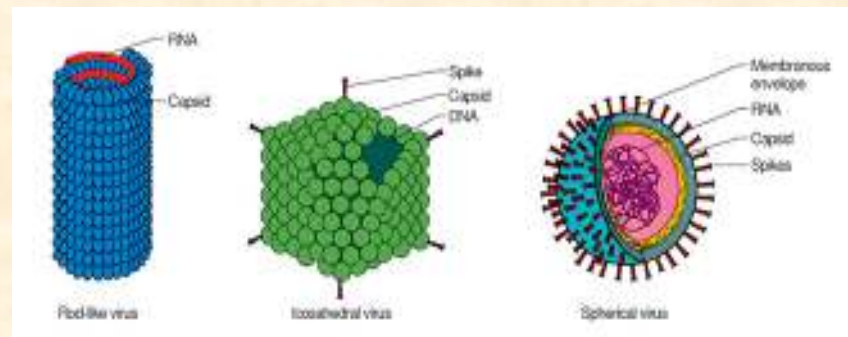
# Istilah Komponen Virus

- **Kapsid**
  - Semua virus mempunyai kapsid - protein yang melindungi asam nukleatnya
  - Setiap kapsid disusun dari subunit yang identik, disebut **Kapsomer**, yang tersusun dari protein
- Kapsid bersama dengan asam nukleat disebut **nucleocapsid**
- **Amplop** : zat lemak berlapis yang mengandung glikoprotein virus. Tidak semua virus memiliki amplop, beberapa virus hanya terdiri dari nukleokapsid
- **Virion** : partikel lengkap virus

# Komposisi Utama Virus

---

1. Protein → adalah 60-95% dari virion
  - Sama untuk setiap jenis virus tetapi bervariasi dari satu virus dgn virus lain
2. Asam nukleat → adalah 5-40% virion
  - Spherical viruses: 20-40%
  - Helical viruses : 5-6%



# Komposisi Tambahan Virus

---

## Lemak

- Lemak virus berasal dari membran sel inang.
- Tersusun dari phospholipids (50 - 60%) dan sisanya lemak kolesterol.
- Lapisan ganda lemak dari membran sel inang mengelilingi virion dari virus yang memiliki amplop juga memiliki protein virus dan glikoprotein, seperti karakteristik duri dari beberapa virus yang memiliki amplop.
  - Komposisi virus secara keseluruhan dari virus yang memiliki amplop: kira-kira 20 - 35% dari berat kering. Sisanya terbagi antara asam nukleat dan protein.

# Komposisi Tambahan Virus

---

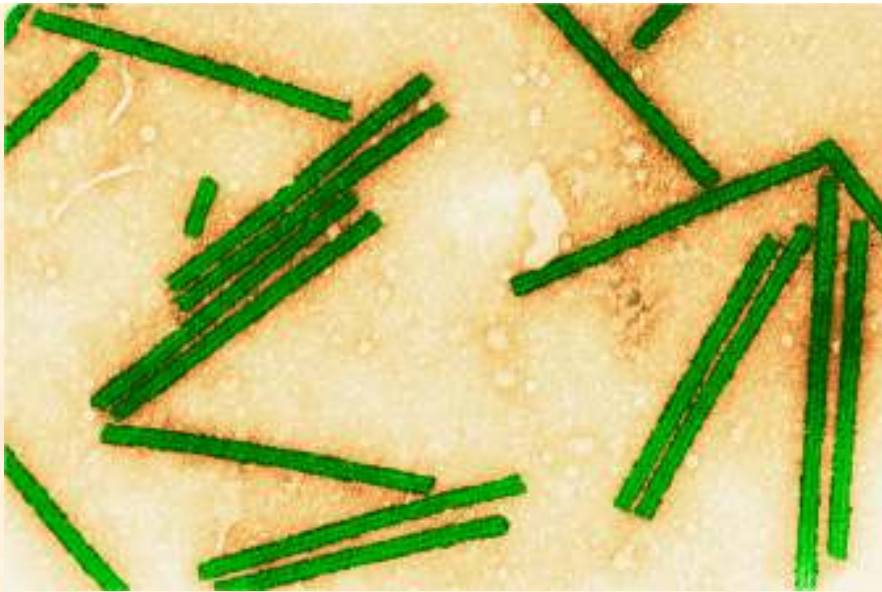
## Karbohidrat

- Karbohidrat virus hadir sebagai oligosakarida, rantai sisi dari glycoproteins, glycolipids, dan mucopolysaccharide.
- Komposisi karbohidrat sesuai dengan komposisi karbohidrat sel inang. Tetapi biasanya glycoproteins

Mempunyai sebuah untaian *N- atau O- glycosidic* .

- Karbohidrat virus biasanya dijumpai di amplop.
- Beberapa virus kompleks mengandung internal glycoproteins atau glycosylated capsid proteins.





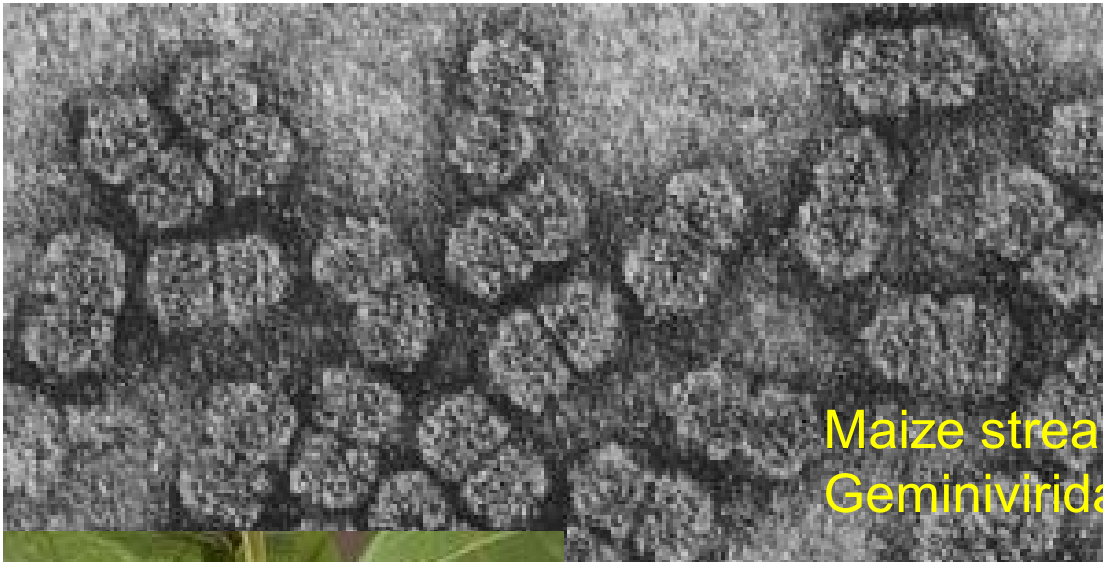
Tobacco mosaic virus (TMV), 300 nm



Potato virus Y (PVY), 740 nm



yennyiswarni



Maize streak virus,  
Geminiviridae



Cocoa swollen shoot virus,  
Badnavirus





# Morfologi virus

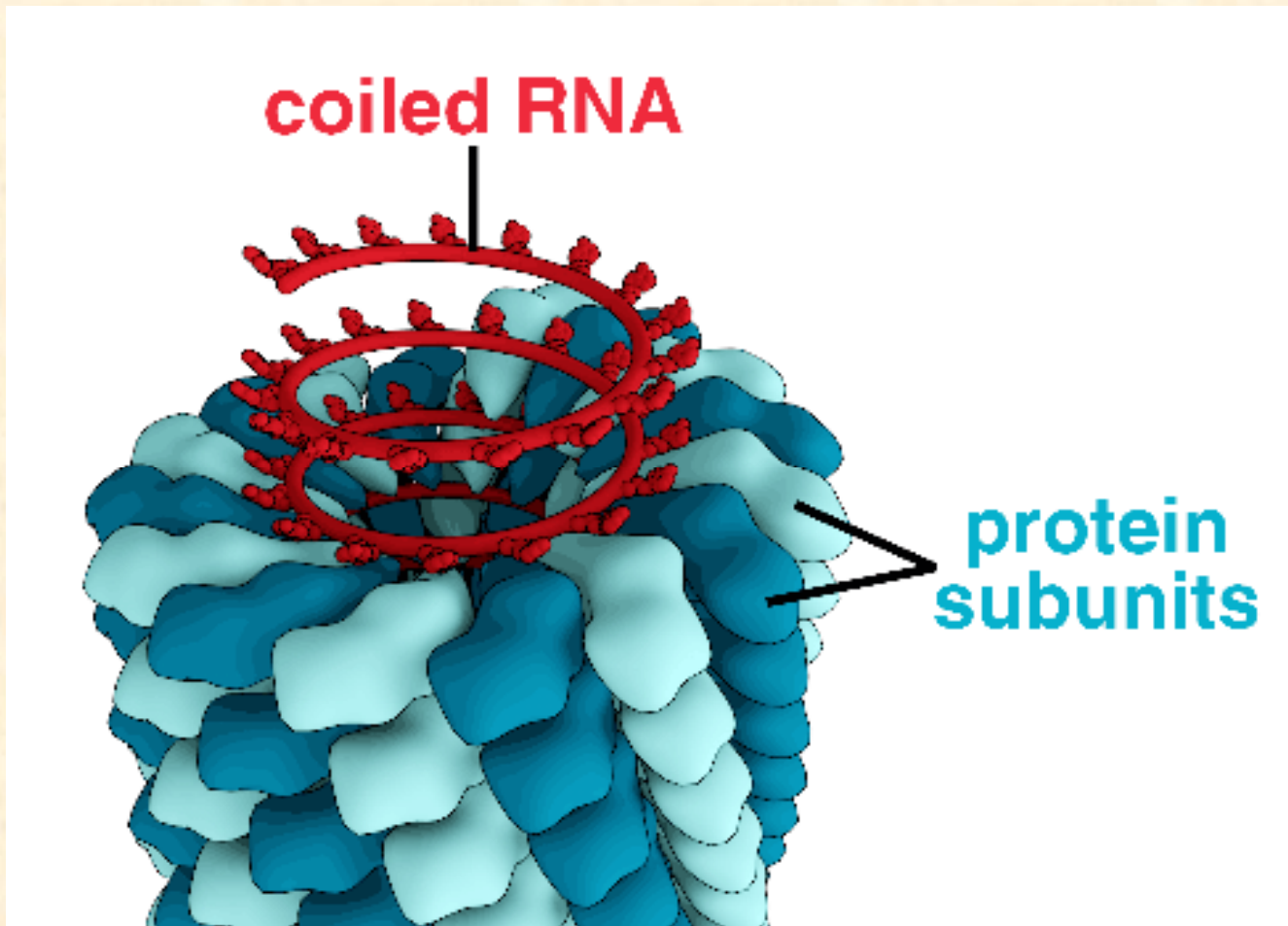
- Bentuk virus dan ukuran virus beranekaragam. Menurut Dwidjoseputro (1984), bentuk virus seperti bentuk hablur, ada yang seperti kotak berbidang banyak (polihedral), ada yang seperti bola dan ada pula yang seperti batang jarum

➤ morfologi virus berdasarkan arsitektur kapsidnya :

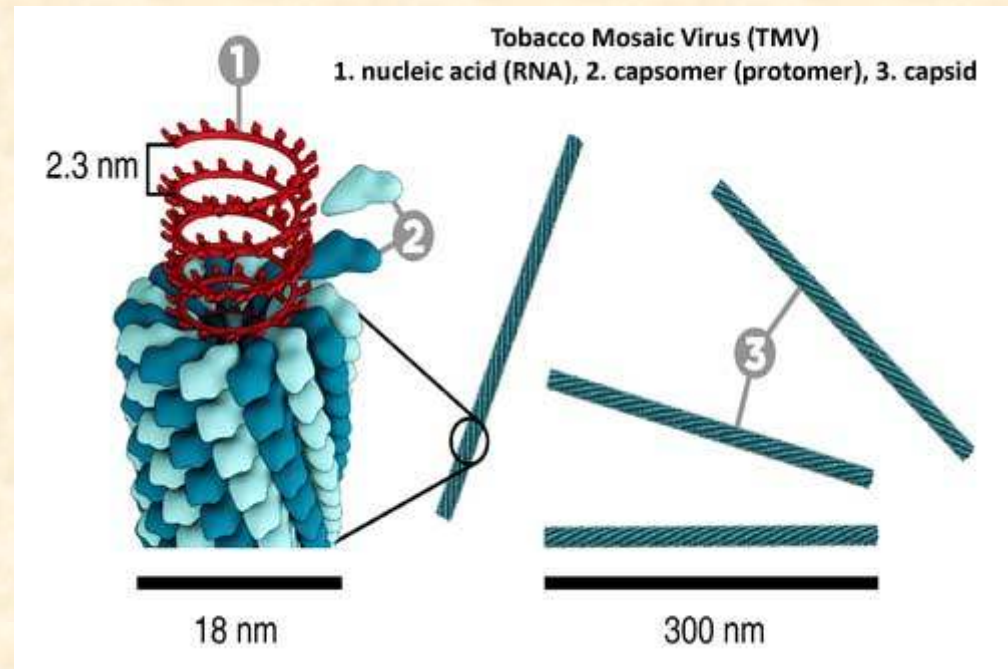
a. virus heliks

- bentuknya seperti batang yang panjang, agak kaku dan lentur (fleksibel)
- kapsid sebagai tabung silinder yang pendek berbentuk seperti helik yang mengelilingi asam nukleat virus
- contoh : virus yang menyebabkan penyakit mosaik pada tanaman tembakau (TMV)

# Virus helix



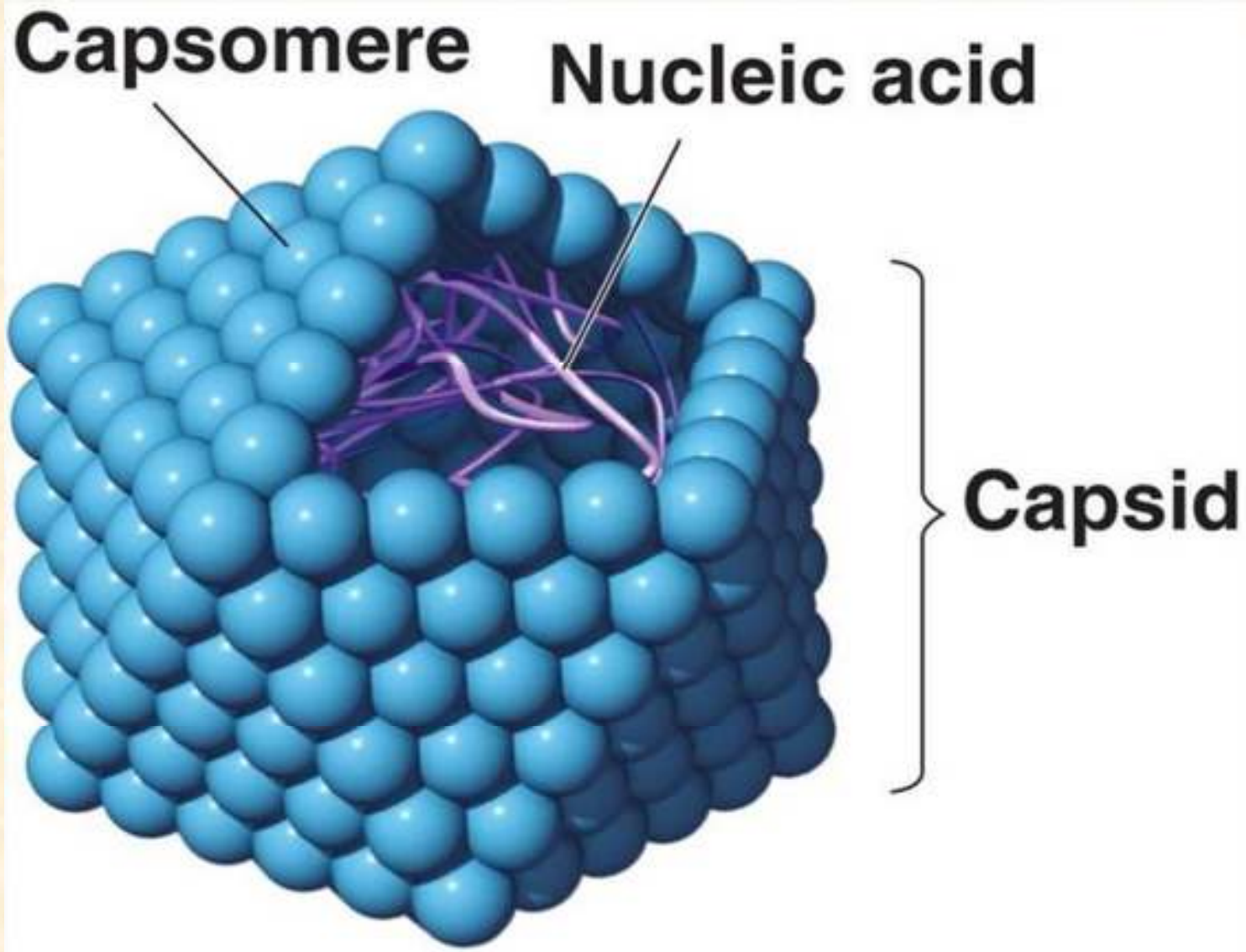
# Struktur TMV



## b. virus polihedral

- virus polihedral berbentuk seperti polihedron (seperti bentuk kristal)
- kapsomer di setiap permukaan berbentuk segitiga sama sisi





**(a) A polyhedral virus**

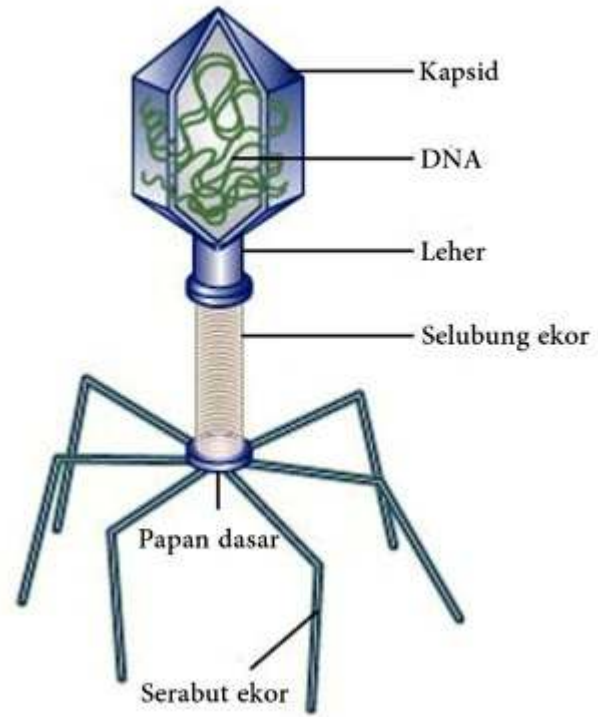


### c. virus kompleks

→ dikatakan kompleks apabila memiliki bentuk struktur yang tidak jelas, atau susah dikategorikan berbentuk heliks atau polihedral

- contoh : bakteriofag, bagian kepala kapsid berbentuk polyhedral, sedang bagian ekor berbentuk helical
- bagian kepala dari virus mengandung asam nukleat

***Bacteriophage***



# Arti penting virus tumbuhan

- Virus dapat menyerang semua jenis kehidupan, mulai dari bakteri, jamur, nematoda, alga, herba sampai pohon
- Kerugian karena virus bervariasi tergantung pada tempat, varietas tanaman, dan lingkungan serta musim

- Beberapa virus muncul terus-menerus pada tanaman dengan menyebabkan kerugian yang sedikit bahkan tanpa menunjukkan gejala sama sekali
- cth : Potato Virus X (PVX) → menyerang semua kentang di USA dan mengurangi hasil 10% tanpa menunjukkan gejala di pertanaman

# Peranan virus dalam pertanian

patogen  
tumbuhan

patogen  
serangga

vektor

pengendalian  
bakteri

proteksi  
silang



# 1. Virus sebagai patogen tumbuhan

- penyakit mosaik pada tanaman cabai





# Penyakit pada tanaman markisa



## 2. Virus sebagai patogen serangga

### ➤ NPV (Nuclear Polyhedrosis Virus)

- serangga inang NPV adalah SI-NPV (untuk *Spodoptera litura*), Se-NPV (untuk *S. exigua* pada tanaman bawang merah) dan Ha-NPV (*Helicoverpa armigera* pada tanaman tomat dan jagung)

# Helicoverpa sp.



NPV-infected *Helicoverpa* caterpillar  
climbs to top of plant to die

3. Virus sebagai vektor

4. Virus sebagai proteksi silang



# **Nomenklatur dan klasifikasi virus tumbuhan**

# Nomenklatur

- Penamaan virus tumbuhan → biasanya diberi nama berdasarkan gejala yang ditimbulkan pada tanaman inang pertama yang diteliti



- Mis : - virus yang menyebabkan gejala mosaik pada tanaman tembakau → *Tobacco Mosaic Virus* (TMV), penyakitnya → penyakit mosaik tembakau
- - virus penyebab bercak dan layu pada daun tomat → *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV)

# Penyakit mosaik tembakau (TMV)





# Bercak dan layu daun tomat (TSWV)



- Cara nomenklatur ini kurang tepat, karena :  
gejala yang ditimbulkan pada inang tidak  
selalu sama tergantung pada kondisi  
lingkungan, strain virus, serta jenis tanaman  
inang

- Penamaan virus berdasarkan gejala penyakit sulit dilakukan , karena :

1. **virus yang sama** tetapi memiliki **strain yang berbeda** dapat menimbulkan **gejala yang berbeda** pada **tanaman inang yang sama**

2. **virus yang berbeda** dapat menimbulkan **gejala yang sama** pada **tanaman inang yang sama**



- 3. beberapa penyakit virus dapat disebabkan infeksi campuran dari virus yang berbeda
- Oleh karena itu nomenklatur virus mengalami beberapa kali perubahan untuk memudahkan pemberian informasi yang jelas

➤ Beberapa nomenklatur yang pernah diterapkan untuk virus tumbuhan :

### 1. Johnson (1927)

- menambahkan kata virus dan angka dibelakang nama umum dari tanaman inangnya

- contoh : *Tobacco Virus-1* untuk virus yang sekarang dikenal dengan TMV dan *Tobacco Virus-2*

## 2. Smith (1937)

- menambahkan kata virus dan angka di belakang nama latin marga tumbuhan inang
- *Nicotiana Virus-1* untuk TMV

## 3. Holmes (1939) dan Mc Kinney (1944)

- berdasarkan gejala umum dan vektor alaminya
- *Marmor tabaci* untuk TMV dan *Ruga tabaci* untuk virus kerupuk tembakau

## 4. Vernakular

- menurut International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) → cara vernakular berdasarkan pada penggabungan dua nama yang berbeda

- *Tobacco mosaic* – *Tobamovirus*

- *Tomato mosaic* – *Tobamovirus*

- *Potato Y* – *Potyvirus*

- *Soybean mosaic* - *Potyvirus*

- Kelemahan cara Vernakular :
  - nama singkatan virus yang sama dapat menjadi kacau apabila menunjuk virus yang berbeda, misal :
    - Alfafa Mosaic Virus, Arabis Mosaic Virus, Apricot Mottle Virus → AMV
    - dalam kongres ICTV → AMV, ArMV, AMoV



## 5. Gibbs (1966) dan Gibbs dan Harisson (1968)

→ dengan suatu kriptogram

contoh :

*Tobacco Mosaic Virus* :

R / 1 ; 2 / 5 ; E / E ; S / A

## keterangan :

- 1 = tipe asam nukleat / jumlah benang asam nukleat
- 2 = berat molekul asam nukleat (dalam juta) / % asam nukleat dalam partikel yang infeksiif

➤ 3 = bentuk partikel / bentuk selubung protein

S = sphaerical (bulat)

E = memanjang, ujungnya tidak bulat

U = memanjang, ujungnya membulat

\* = selain bentuk di atas

➤ 4 = jenis inang yang diinfeksi / macam vektor

- A = Actinomyces

- F = Fungus

- I = Invertebrata

- V = Vertebrata

- S = Seed

- Vektornya :
  - Ac = Acarina
  - Al = Aleurodidae, kutu putih
  - Af = Aphididae, afid
  - Cc = Coccidae, kutu perisai
  - Cl = Coleoptera, kumbang
  - Di = Diptera, lalat
  - Ve = Vektor selain di atas
  - \* = vektor belum diketahui



# Klasifikasi

- pengelompokan makhluk hidup berdasarkan persamaan ciri-ciri yang dimilikinya
- tujuan dari klasifikasi → untuk mempermudah mempelajari makhluk hidup tersebut
- dalam klasifikasi biologi dikenal adanya tingkatan takson mulai dari yang terendah : spesies dan yang tertinggi : kingdom

- virus diklasifikasikan dalam sistem tersendiri yang terpisah dari klasifikasi makhluk hidup pada umumnya
- klasifikasi virus tidak mengikuti sistem klasifikasi yang dibuat Linnaeus, tetapi berdasarkan ICTV
- berdasarkan sistem ICTV tersebut, virus hanya terbagi ke dalam tiga tingkat takson : famili, genus dan spesies

- virus termasuk ke dalam kingdom Virus
- kingdom virus dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan jenis asam nukleatnya
- virus DNA dan RNA dibagi lagi berdasarkan struktur asam nukleatnya, yaitu untai tunggal dan untai ganda

- famili pada virus diakhiri dengan kata *viridae*,
- genus diakhiri dengan kata *virus*,
- untuk penamaan spesies menggunakan bahasa Inggris dan diakhiri dengan kata virus



Non-enveloped

dsDNA



Caulimovirus  
(Cauliflower  
mosaic)

dsRNA



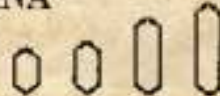
Reovirus  
(Wound  
tumor)

ssDNA



Geminivirus  
(Mop streak)

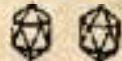
ssRNA



Alfalfa mosaic virus group



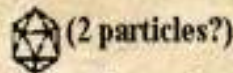
Bromovirus (Brome mosaic)



Nepovirus (Tobacco ringspots)

Comovirus (Cowpea mosaic)

Pea enation mosaic virus group



Dianthovirus (Carnation ringspot)



Tymovirus (Turnip yellow mosaic)

Tombusvirus (Tomato bushy stunt)

Sobemovirus (Southern bean mosaic)

Tobacco necrosis virus group

Maize chlorotic dwarf virus group

Luteovirus (Barley yellow dwarf)



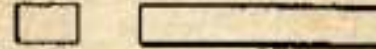
Harvirus (Tobacco streak)



Cucumovirus (Cucumber mosaic)



Hordeivirus (Barley stripe mosaic)



Tobravirus (Tobacco rattle)



Tobamovirus (Tobacco mosaic)



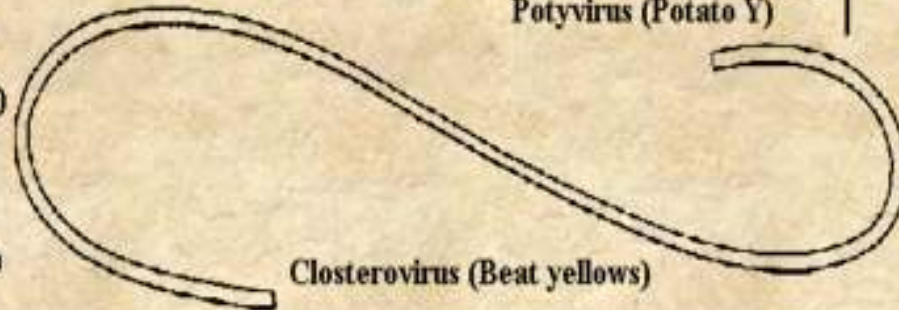
Potexvirus (Potato X)



Carlavirus (Carnation latent)



Potyvirus (Potato Y)



Closterovirus (Beat yellows)

100 nm

Enveloped

ssRNA



Rhabdoviridae  
(Lettuce mosaic  
yellows)



Tomato  
spotted wilt  
virus group



## ➤ **Klasifikasi Holmes**

- hampir sama dengan klasifikasi berdasarkan ICTV
- klasifikasi menggunakan tingkatan takson dan menempatkan semua virus dalam satu ordo yaitu Virales dan dibagi menjadi tiga kelompok

- Kelompok-kelompok ini dibedakan berdasarkan jenis organisme yang diserang virus
- Kelompok dalam klasifikasi Holmes adalah sebagai berikut :

1. Kelompok I: Phaginae → virus-virus yang menyerang bakteri
  - contoh : Bakteriofag
2. Kelompok II: Phytophaginae → menyerang tumbuhan
  - contoh : Tobacco Mosaic Virus (TMV)
3. Kelompok III: Zoophaginae → menyerang hewan
  - contoh : flu burung, rabies

➤ **Klasifikasi Tournier ( 1966 )**

- dipakai bahasa latin
- semua virus dimasukkan ke dalam phylum

Vira

a. sub-phylum **Deoxyvira** (mengandung DNA )

aa. Klass Deoxyhelica

ordo Chatovirales

ab. Klass Deoxybinala

ordo : Urovirales

ac. Klass Deoxycubica

ordo : Haplovirales



b. sub-phylum **Ribovira**

ba. Klass Ribohelica

ordo : Rhabdovirales

ordo : Sagovirales

bb. Klass Ribocubica

ordo : Gymnovirales

ordo : Tagovirales

- Klasifikasi virus tumbuhan dapat berdasarkan :
  1. jenis asam nukleat virus → DNA atau RNA
  2. jumlah benang asam nukleat → tunggal atau ganda
  3. ada atau tidak nya amplop lipoprotein
  4. bentuk partikel
  5. sifat kimia, vektor, inang
  6. serologi

# Virus-virus penting

## **1. Tobacco Mosaic Virus (TMV)**

- penyebab penyakit mosaik pada tembakau
- termasuk dalam kelompok (+)ssRNA, famili : *Virgaviridae*, genus *Tobamovirus*
- partikel berbentuk batang, panjang 300 $\mu$ m dan diameter 15 $\mu$ m
- mempunyai beberapa strain
- ditularkan secara mekanis

- virus mosaik tembakau dapat bertahan selama bertahun-tahun di jaringan tembakau kering, di tangkai dan jaringan akar tanaman yang terserang mosaik sebelumnya
- tembakau, lada, dan terong → inang TMV

## 2. *Cucumber mosaic virus (CMV)*

- berbentuk bulat, diameter 29 nm
- tidak mempunyai amplop
- genom terdiri dari RNA, beruntai tunggal
- termasuk dalam kelompok (+)ssRNA, famili :  
Bromoviridae, genus *Cucumovirus*



- virus ini juga menginfeksi sayuran lain seperti labu, melon, paprika, kacang-kacangan, tomat, wortel, seledri, selada, bayam, dan bit
- ditularkan secara mekanis, oleh kutu daun melalui mulut (*stylet*) → *Aphis craccivora*, *Myzus persicae*
- dapat ditularkan dalam biji dan oleh gulma parasit, **tali putri** (*Cuscuta sp.*)

# CMV pada timun



### 3. *Potato virus Y*

- PVY termasuk dalam kelompok (+)ssRNA, *famili Potyviridae, genus Potyvirus*
- berbentuk filamen dengan panjang 750 nm; diameter 11-15 nm
- PVY ditularkan oleh vektor kutu *Myzus persicae*
- PVY dapat menginfeksi tembakau, tomat, dan merica



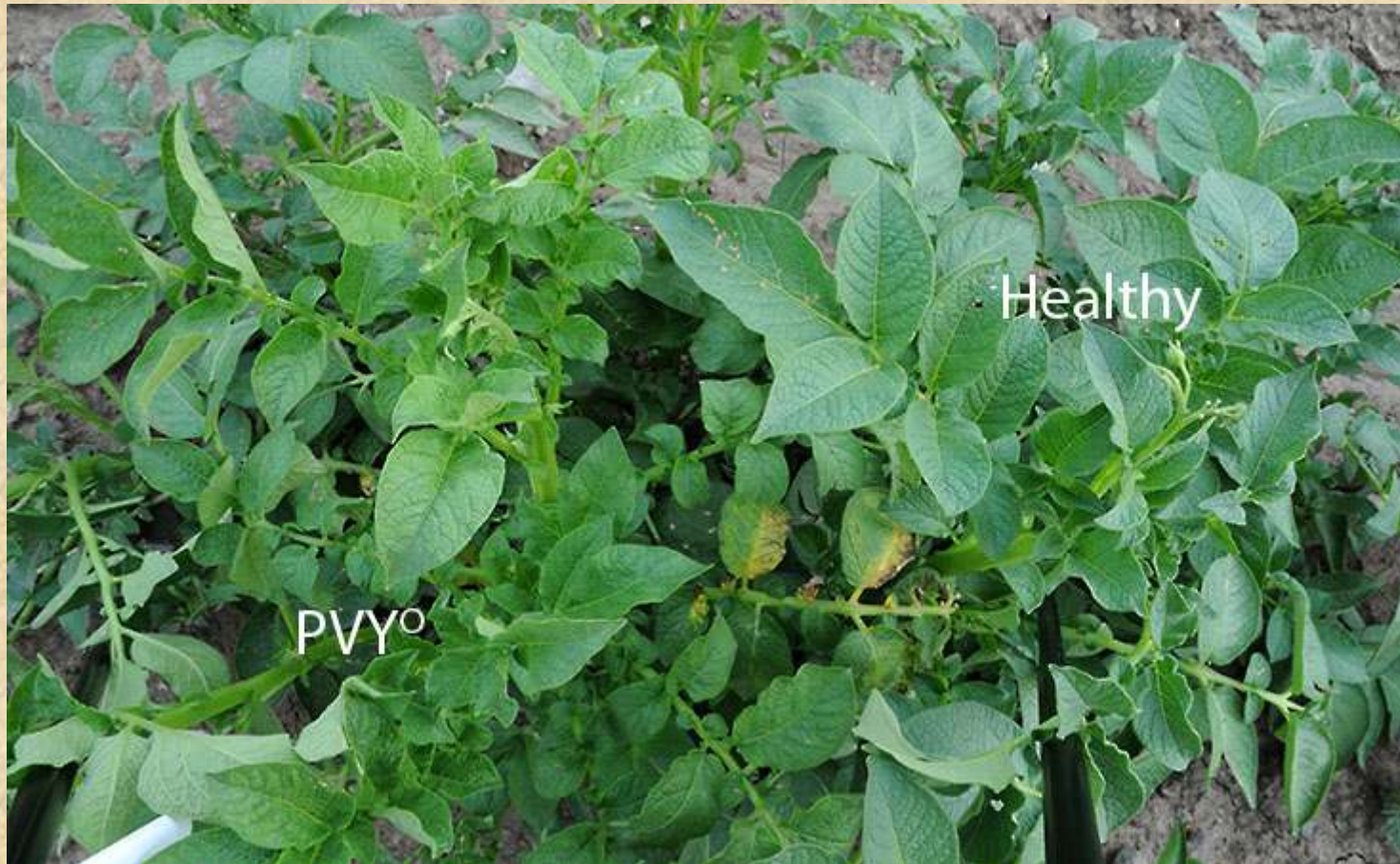
- Kutu daun hanya perlu makan tanaman yang terinfeksi virus sekitar 20 detik
- PVY dapat dibawa dari satu tanaman kentang ke tanaman lainnya melalui bibit yang terinfeksi
- PVY dapat menginfeksi tembakau, tomat, dan merica

# Kentang terinfeksi PVY





# Daun terinfeksi PVY







#### 4. *Rice tungro bacilliform virus (RTBV)*

- penyebab penyakit tungro pada padi
- termasuk dalam kelompok dsDNA, *family* Caulimoviridae, genus *Tungrovirus*
- ditularkan oleh wereng hijau (*Nephotettix virescens*)
- *N. virescens* dapat memperoleh RTBV dalam 30 menit selama makan 8 jam dan dapat mempertahankan daya tularnya sampai 7 hari



# Tungro pada padi



## 5. *Tomato spotted wilt virus (TSWV)*

- TSWV termasuk dalam kelompok (-)ssRNA, *family* Bunyaviridae, genus *Tospovirus*
- *Tospovirus* ditularkan oleh *thrips* (*ordo*: Thysanoptera) yang dapat menularkan lebih dari 13 jenis virus



- TSWV dapat menginfeksi lebih dari 1000 spesies tumbuhan dan menyebabkan kerusakan ekonomi yang signifikan bagi banyak tanaman agronomi dan hortikultura

# Tomat terinfeksi TSWV





# Daun tomat terinfeksi TSWV



## 6. *Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)*

- virus penyebab penyakit kuning keriting pada tanaman tomat
- termasuk dalam kelompok ssDNA, *famili* Geminiviridae, genus *Begomovirus*
- ditularkan oleh vektor serangga dari ordo Hemiptera, yaitu *whitefly* atau kutu kebul/kutu putih (*Bemisia tabaci*)



- Inang utama untuk TYLCV adalah tomat, dan inang tanaman lain adalah terong, kentang, tembakau, kacang-kacangan, dan paprika
- Gejalanya adalah daun keriting (ke atas), bintik-bintik, ukuran daun mengecil, tanaman kerdil, dan gugurnya bunga sehingga sangat mengurangi hasil buah

# Tomat terinfeksi TYLCV





# *Bemisia tabaci*



# Gejala yang disebabkan oleh virus tumbuhan

- Tumbuhan yang terinfeksi virus dapat menimbulkan berbagai macam gejala pada sebagian atau seluruh bagian dari tumbuhan
- Gejala yang paling umum adalah penurunan laju pertumbuhan dari tanaman yang menyebabkan pengkerdilan (stunting)
- Hampir semua penyakit virus dapat menyebabkan penurunan hasil dan memperpendek umur tanaman



- Gejala yang paling jelas dari tanaman yang terinfeksi virus biasanya tampak pada daun, tapi beberapa virus dapat menyebabkan gejala pada batang, buah dan akar dengan atau tanpa gejala pada daun

- Virus tanaman tidak mempunyai enzim, toksin atau senyawa lain seperti pada patogen lain, tetapi virus dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman
- RNA virus adalah yang menyebabkan terjadinya penyakit, tetapi jumlah RNA dalam jumlah besar belum tentu menyebabkan timbulnya gejala penyakit

- Beberapa virus dapat menginfeksi tanaman tanpa menimbulkan gejala yang dapat dilihat, virus tersebut → *laten virus* dan inangnya → *symptomless carriers*
- beberapa tanaman yang terinfeksi dapat tidak menunjukkan gejala dibawah kondisi lingkungan tertentu. Bila kondisi lingkungan berubah maka dapat timbul gejala → *masked*

- Infeksi virus → mempengaruhi metabolisme sel dan menyebabkan terjadinya perubahan biokimiawi dan fisiologi sel
- Perubahan tersebut bersifat eksternal atau makroskopis → **gejala eksternal**
- Ada juga perubahan yang bersifat internal atau mikroskopis → **gejala internal**



## A. Gejala Eksternal

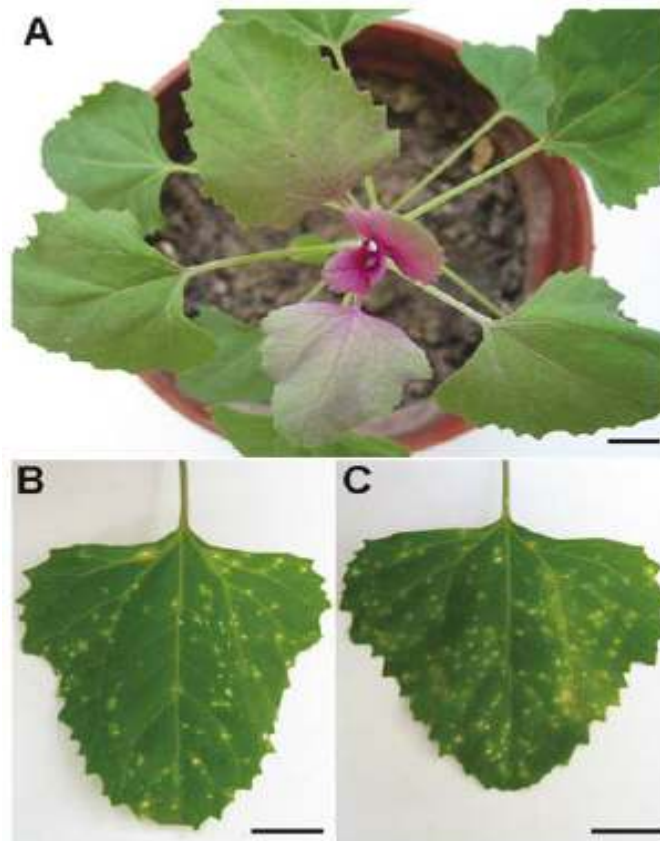
- gejala penyakit yang dapat dilihat secara langsung tanpa bantuan mikroskop
- disebabkan oleh infeksi primer pada sel yang diinokulasi → gejala lokal
- gejala lokal dapat dibedakan dengan jaringan di sekitarnya yang berbentuk bercak

## 1. Gejala Lokal

- terbatas pada bagian infeksi primer
- dikenal dengan istilah *gejala bercak lokal*
- dapat berupa klorosis dan nekrosis

- Gejala bercak lokal pada daun *Chenopodium amaranticolor* oleh PSTV





Keterangan :

A = *C. amaranticolor*

B = inokulasi dengan TMV

C = inokulasi dengan CMV



## 2. Gejala Sistemik

- tidak terbatas pada bagian infeksi primer, tetapi menyebar ke bagian lain dan menyebabkan infeksi sekunder

- a. Kerdil (*Stunting*)** → ukuran tanaman yang terinfeksi virus

- lebih kecil dibandingkan dengan tanaman normal

- dapat terjadi pada seluruh bagian tanaman, daun, bunga dan buah

- contoh : kerdil pada tanaman pisang yang disebabkan oleh

- Banana Bunchy Top Virus*

## Kerdil pada pisang oleh BBTV

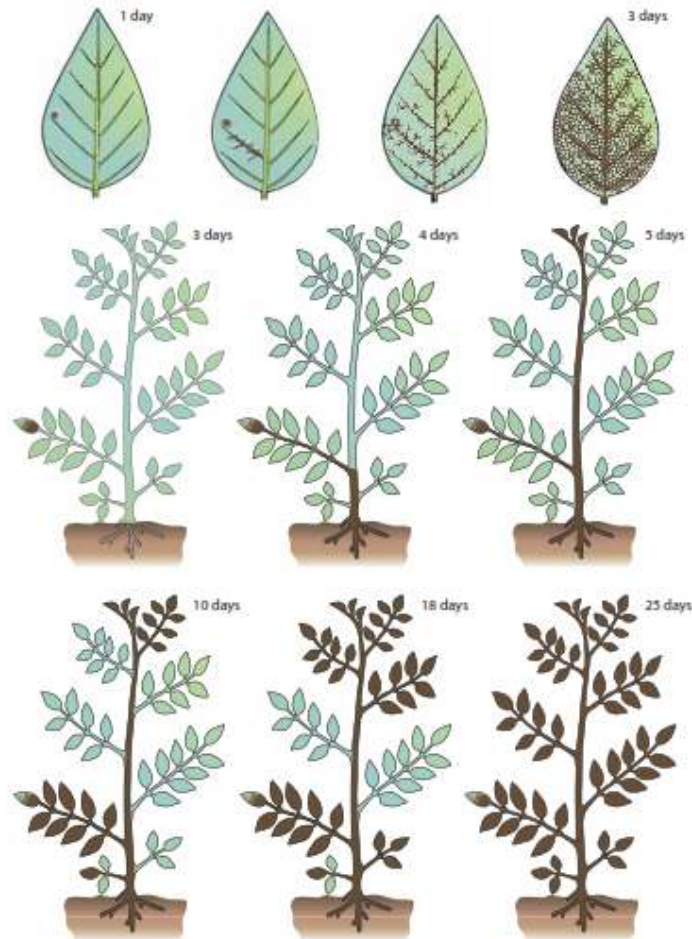


# Kerdil rumput pada padi oleh Rice Grassy Stunt Virus (RGSV)

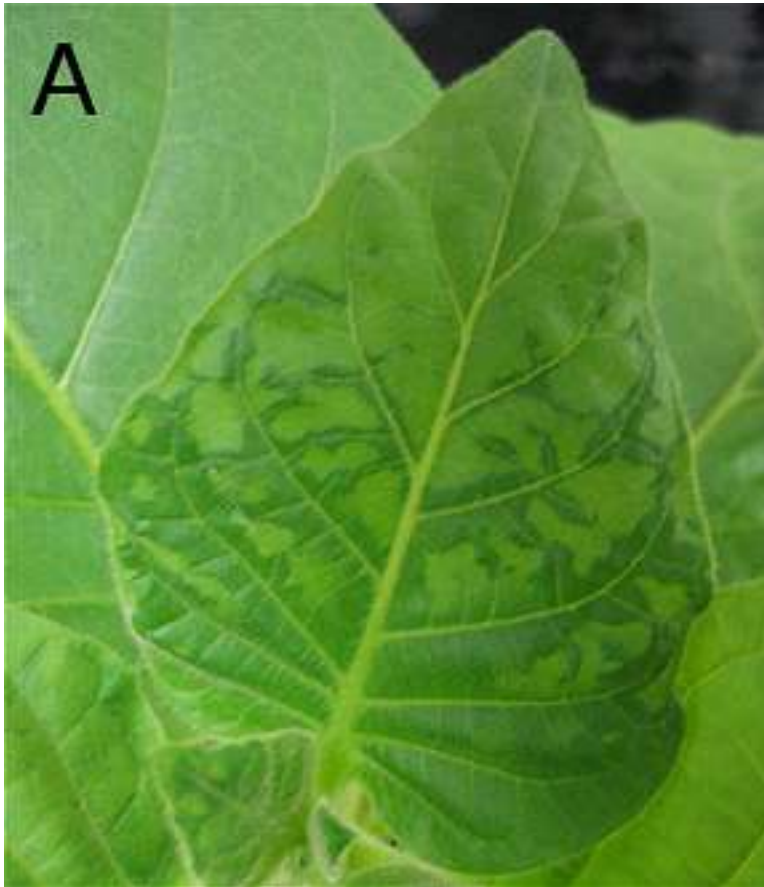




# Penyebaran virus sistemik



# Gejala lokal dan sistemik





## **b. mosaik**

- adanya bagian daun yang berwarna hijau muda, kuning atau putih yang diselingi dengan warna hijau normal dari daun atau buah
- adanya bagian yang berwarna putih yang diselingi dengan warna bunga atau buah

- berdasarkan pola atau perubahan warna, mosaik dapat dikategorikan menjadi :
- mottling, streak, ring pattern, line pattern, vein clearing, vein banding, dll
- **Vein banding** -> bagian yang berwarna hijau hanya pada bagian sekitar tulang daun  
cth : penyakit CVPD pada jeruk
- **Vein clearing** -> bagian yang kuning hanya pada sekitar tulang daun  
cth : penyakit tirteza pada jeruk

Vein banding pada daun jeruk → CVPD



Vein clearing pada jeruk → tristeza





## Gejala Serangan



Gejala mosaik



Gejala belang (*mottle*)

Belang pada kacang tanah oleh PMoV





# Belang oleh CMV



### **c. bercak bercincin ( *Ringspot* )**

- adanya cincin korosis atau nekrosis pada daun, buah dan batang
- virus penyebab ringspot tidak dapat ditularkan oleh apid dan leaf hopper tetapi beberapa ditularkan oleh nematoda

Ringspot pada pepaya → PRSV





#### **d. layu (*wilting*)**

- sering diikuti kematian tanaman
- cth : tanaman tomat yang terserang TSWV

# TSWV pada tomat



# TSWV (Tospovirus) pada buah tomat



## **e. perubahan bentuk (malformation)**

- terjadi perubahan bentuk dan ukuran kloroplas, penggumpalan kloroplas, berkurangnya jumlah klorofil total daun, dan terjadi penumpukan karbohidrat pada daun
- cth :
  - tomat terinfeksi CMV
  - kedelai terinfeksi SMV



# Tomat terinfeksi CMV



# Kedelai terinfeksi SMV



Fig. 1. Soybean mosaic virus symptoms on foliage.

# Beberapa bentuk gejala sistemik yang disebabkan oleh virus





Stunting



Banana bunchy top



Citrus tristeza



Cocoa swollen shoot



Stem pitting



Apple flat limb



Pear rough bark



Stem necrosis



Graft brown line



Cherry black canker



Elm zonate canker



Citrus woody gall



Clover wound tumor



Cucumber mosaic on gladiolus bulb



Apple russet ring



Apple scar skin



Pear stone pit



Tomato ringspot on grape



Blackberry sterility



Tomato spotted wilt



Tomato aspermy



Potato yellow dwarf



Plum pox on apricot



Seed



# Tomato ringspot virus





# Cucumber mosaic on pepper



# Bean golden mosaic



# Apple mosaic



# Maize dwarf mosaic





# Wheat streak mosaic



# Potato leaf roll virus



## b. Gejala internal

### 1. Perubahan histologi

- perubahan histologi pada bagian tanaman yang terserang virus khususnya pada daun, cabang tanaman, dapat dibagi menjadi 3 tipe gejala, yaitu :

a. nekrotis

b. hiperplasia (pertumbuhan sel atau jaringan yang berlebihan)

c. hipoplasia (penghambatan pertumbuhan sel atau jaringan)

- pada gejala vein clearing → sel-sel palisade yang berdekatan dengan vena menjadi panjang (hiperplasia)
- beberapa virus menyebabkan *vein necrotic* dan *top necrotic*, virus menyebabkan nekrosis terbatas di sekitar floem
- cth : kentang terinfeksi *Potato top necrotic virus*



## 2. perubahan sitologi

- infeksi virus akan merusak ukuran dan jumlah butir-butir pati dalam sel daun
  - a. kerusakan dan modifikasi isi sel
  - b. terbentuknya benda-benda asing (badan inklusi )

- Respon histologi tanaman yang diinfeksi virus adalah pembentukan badan inklusi dalam sel
- Badan inklusi hanya terdapat pada tanaman yang terinfeksi virus
- Bentuk badan inklusi sangat spesifik untuk virus-virus tertentu

- - bentuk cakram → kelompok Potyvirus
- - bentuk jarum → kelompok Tobamovirus
- - bentuk kristal → Potexvirus
- - bentuk amorf → selain kelompok diatas

- badan inklusi berupa kristal yang tipenya menyerupai benda-benda yang ada dalam sel, mis : inti, vakuola, granula, dsb tapi dapat dibedakan :

- bentuk kristal dapat dihancurkan dengan diberi asam/basa kuat

- dapat diwarnai



## Cakra pada SMV pada daun soybean





# **FISIOLOGI TANAMAN YANG TERSERANG VIRUS**

- Virus tumbuhan tidak dapat melakukan penetrasi langsung untuk memulai infeksi sel tanaman inang tanpa adanya bantuan yang mampu mengantarkan virus masuk ke dalam sitoplasma sel tumbuhan
- Virus tumbuhan hanya dapat masuk ke dalam sel tumbuhan melalui luka yang terjadi secara mekanis atau yang disebabkan oleh vektor (serangga, tungau, nematoda atau jamur)



Infeksi virus pada permukaan daun terjadi pada sel-sel epidermal. Partikel virus masuk melalui luka kecil yang tidak menyebabkan matinya sel. Setelah masuk kedalam jaringan inang virus akan melepaskan mantelnya. Asam nukleat dari virus akan bergabung dalam sistem informasi genetik tumbuhan, sehingga tidak hanya mengadakan replikasi untuk membentuk RNA sendiri tetapi juga menentukan terbentuknya protein virus



- Untuk dapat menginfeksi tanaman, diperlukan virus dalam konsentrasi tinggi ( $10^5$  virion)
- Tumbuhan yang sakit akan selalu mengandung virus selama hidupnya, sehingga selalu terbawa pada tanaman hasil pembiakan terutama pembiakan vegetatif





## INFEKSI VIRUS TUMBUHAN

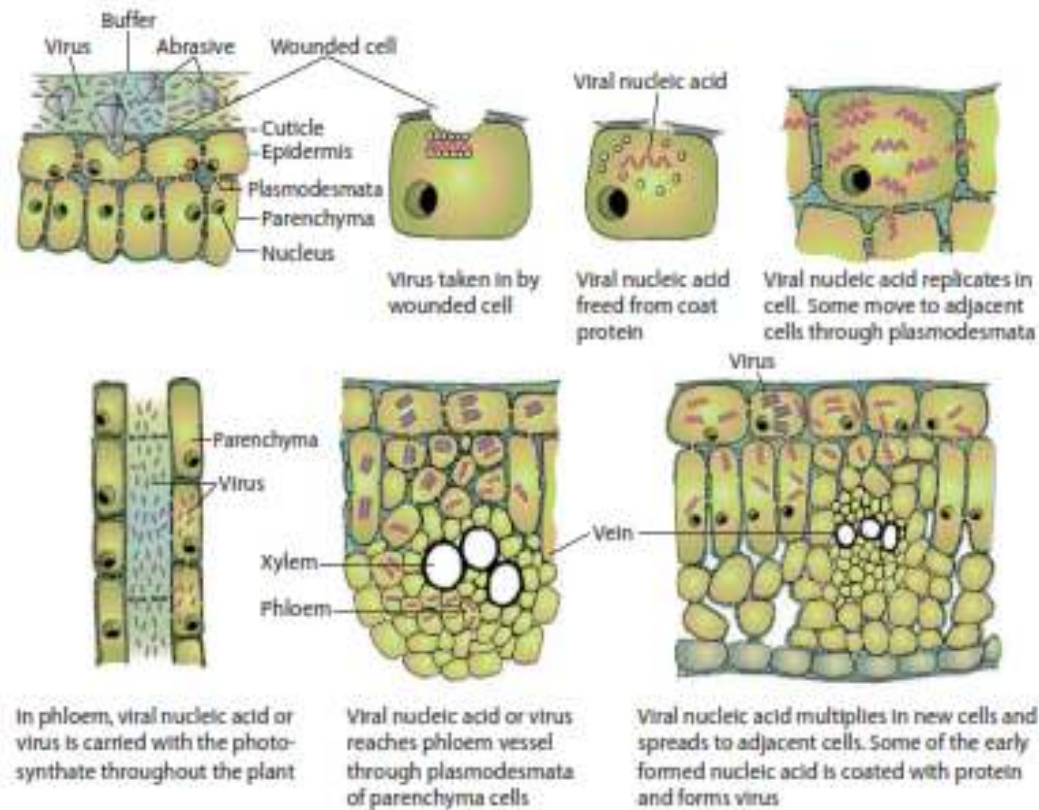
- Infeksi virus pada tanaman tergantung kepada sintesa virus, karena infeksi tidak akan terjadi apabila virus tidak dapat bermultiplikasi dalam inang
- Setelah virus masuk kedalam sel dan kontak dengan sitoplasma dari sel tanaman yang peka maka virus menjadi seperti melekat pada sel



- Untuk menimbulkan infeksi maka RNA harus terlepas dari selubung protein
- Pelepasan asam nukleat berlangsung sekitar 1 jam setelah inokulasi
- Protein virus terlepas karena aktifitas enzim sel tanaman karena virus tidak mempunyai enzim
- Selubung protein yang sudah terurai tertinggal didalam sel dan terpakai dalam proses sintesa dari sel



## TRANSLOCATION AND DISTRIBUTION OF VIRUSES IN PLANTS



**E 14-11** Mechanical inoculation and early stages in the systemic distribution of viruses in plants.



- Setelah RNA virus terlepas dari selubung protein, maka RNA tersebut akan merangsang pembentukan enzim-enzim RNA polymerase, RNA sintesa atau RNA replikasi
- Enzim-enzim tersebut dengan adanya RNA virus yang berfungsi sebagai model dan adanya nukleotida → RNA baru
- RNA ini bukan RNA virus tetapi complementary strand (cermin) dari RNA virus yang terbentuk dengan cara melekat pada RNA virus asli → terbentuk ds RNA



- Kedua bagian double strand ini segera terpisah dan RNA baru ini menjadi pola untuk sintesa RNA
- Setelah asam nukleat baru terbentuk, maka asam nukleat virus tersebut akan merangsang sel inang untuk menghasilkan molekul protein untuk sub unit protein → menyusun selubung protein pada virus





# TAHAPAN SINTESA RNA

1. RNA virus yang masuk kedalam sel akan melepaskan proteinnya didalam sitoplasma
2. RNA akan menuju ke nukleus
  - RNA ini akan bertindak sebagai induk (parent=P) untuk sintesa yang dilakukan di dalam nukleus
3. P dibantu oleh enzim dan nukleotida dari sel inang akan membentuk untaian RNA komplementer (cermin)



4. RNA komplementer ini sementara waktu menempel pada P

5. RNA komplementer ini bertindak sebagai cetakan virus baru



- Untuk sintesa protein virus tergantung kerjasama antara :
  - ribosom sel inang
  - mRNA (messenger RNA)
  - tRNA (transfer)



## TAHAPAN SINTESA PROTEIN

1. RNA virus baru keluar menuju sitoplasma dan bertindak sebagai mRNA
2. mRNA dengan ribosom inang bergabung membentuk polysome
3. Asam amino dari sel akan dibawa oleh tRNA menuju polysome dan disesuaikan dengan kodon



4. Polysome selanjutnya menjadi tempat penggabungan asam amino yang akan menjadi protein

5. protein yang terbentuk merupakan sub unit protein yang akan digabung → kapsid

- Apabila asam nukleat virus yang baru dan sub unit protein virus sudah dihasilkan maka asam nukleat akan tersusun dalam sub unit protein dan keduanya bersatu membentuk partikel virus yang komplit (virion)





- Gejala penyakit pada tanaman inang dapat terjadi akibat penumpukan virion atau bagian dari virus, seperti subunit protein, genom virus, dan komponen lain yang menimbulkan reaksi patologis pada tanaman inang



# DAMPAK INFEKSI VIRUS PADA PERTUMBUHAN TANAMAN

- Infeksi virus umum akan mengurangi pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman inang, menurunkan pertumbuhan tanaman, menurunkan hasil dan komponen hasil tanaman



- Tiga mekanisme fisiologi yang dapat menimbulkan penghambat pertumbuhan tanaman :
  - a. perubahan aktivitas hormon pertumbuhan tanaman
  - b. berkurangnya hasil fotosintesis
  - c. berkurangnya kemampuan tanaman dalam pengambilan nutrisi



# FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PENYAKIT VIRUS

- Timbulnya penyakit virus dipengaruhi faktor tanaman inang, virus, dan lingkungan
- Penyakit virus terjadi apabila strain virus yang menyerang bersifat virulen, tanaman yang di serang rentan, dan kondisi lingkungan saat itu mendukung perkembangan penyakit



## TANAMAN INANG

- Umur dan genotipe tanaman mempengaruhi infeksi dan penyakit virus
- Pada infeksi sistemik, umur tanaman memengaruhi penyebaran virus dalam tanaman inang
- Makin tua tanaman saat terinfeksi terus, makin terbatas penyebaran virus dalam tanaman





- Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman tomat yang sudah tua, bila diinokulasi dengan TMV pada daun yang masih muda, TMV hanya akan tersebar pada daun bagian atas tanaman, sedangkan daun yang lebih tua pada bagian bawah tidak mengalami infeksi



- Reaksi tanaman inang terhadap infeksi virus dapat dibagi menjadi empat :
  1. Tahan → tanaman hanya mengalami sedikit infeksi atau infeksi yang terbatas
  2. Hipersensitif → tanaman menunjukkan gejala bercak lokal nekrosis pada situs infeksi dan virus tidak tersebar kebagian lain dari tanaman



3. Toleran → virus menginfeksi tanaman dan tersebar ke bagian lain tanaman seperti halnya pada tanaman yang rentan tetapi hasil tanaman itu tidak mengalami penurunan yang signifikan
4. Rentan → tanaman menunjukkan gejala yang parah dan diikuti dengan penurunan hasil yang tinggi



- Tumbuhan yang bersifat hipersensitif sebenarnya termasuk tipe tahan, tetapi masih dapat diserang
- Begitu terserang, tumbuhan segera memberikan perlawanan dengan cara mematikan sel yang pertamakali terinfeksi, atau kadang2 diikuti oleh sel2 di sekitarnya, agar virus tidak dapat menyebar ke sel lain



- Sifat hipersensitivitas ini timbul hanya bila tumbuhan terserang virus, dan bila virus tidak ada, ketahanan ini tidak bekerja.
- Sifat ketahanan demikian sebagai ketahanan perolehan lokal (local acquired resistance, *LAR*), dan bila sifatnya sistemik disebut systemic acquired resistance, *SAR*)





## LINGKUNGAN

- Kondisi lingkungan sebelum inokulasi, saat inokulasi dan pasca inokulasi virus akan memengaruhi kerentanan tanaman terhadap virus
- Tanaman yang tahan pada kondisi tertentu dapat menjadi rentan pada kondisi yang lain



- Apabila infeksi virus sudah terjadi, kondisi lingkungan akan mempengaruhi tinggi atau rendahnya konsentrasi virus serta perkembangan gejala menjadi berat atau tidak bergejala (infeksi laten)



- Pada tanaman dalam rumah kaca, beberapa kondisi lingkungan yang menyebabkan tanaman rentan terhadap infeksi virus adalah ketersediaan hara dan air yang tidak menghambat pertumbuhan tanaman, sinar matahari yang sedang sampai rendah, suhu yang berkisar 18°C-30°C dan inokulasi yang dilakukan pada sore hari



Infeksi virus pada permukaan daun terjadi pada sel-sel epidermal. Partikel virus masuk melalui luka kecil yang tidak menyebabkan matinya sel. Setelah masuk kedalam jaringan inang virus akan melepaskan mantelnya. Asam nukleat dari virus akan bergabung dalam sistem informasi genetik tumbuhan, sehingga tidak hanya mengadakan replikasi untuk membentuk RNA sendiri tetapi juga menentukan terbentuknya protein virus



# PENULARAN VIRUS

- Virus tumbuhan tidak dapat menyebar dengan sendiri, tidak dapat disebarkan oleh angin, air
- penularan virus dengan sap tanaman sakit apabila tidak terjadi kontak sel hidup yang dalam keadaan luka maka tidak akan terjadi infeksi



- Di alam banyak virus yang disebarkan oleh vektor ( serangga, tungau, nematoda, dan jamur)
- Virus tumbuhan dapat disebarkan oleh material tumbuhan tingkat tinggi dan secara mekanik

# Sifat vektor

- Vektor patogen → organisme yang bertindak sebagai agens pembawa patogen dan dapat menularkannya ke tumbuhan lain
- Invertebrata yang dapat menularkan virus : nematoda, afid, wereng hijau (*leafhopper*), wereng coklat (*planthopper*), kutu putih, dan thrips

- Istilah dalam hubungan antara tumbuhan, virus dengan vektor dari golongan insekta dan nematoda :

**1. Inokulativitas** → kemampuan afid, insekta lain dan nematoda untuk membawa dan menularkan virus ke tumbuhan sehat

**2. Periode makan akuisisi** → periode yang diperlukan insekta/nematoda untuk memperoleh cairan sel tumbuhan

- 3. Periode makan inokulatif** → periode yang diperlukan insekta/nematoda untuk menghisap cairan sel dan memindahkan virus ke tumbuhan sehat
- 4. Periode laten** → periode setelah makan akuisisi selesai sampai insekta/nematoda mampu menularkan virus ke tumbuhan sehat
- 5. Persistensi** → periode yang diperlukan insekta/nematoda untuk tetap infeksi menularkan virus setelah meninggalkan sumber virus

- Persistensi virus dalam vektor ada 3 :

1. Virus non-persisten

→ vektor memerlukan periode makan inokulatif  $\leq 30$  detik setelah meninggalkan sumber virus dan menularkannya ke tumbuhan sehat

- virus infeksi dalam tubuh vektor beberapa menit sebelum ditularkan (kurang 4 jam)

-  $\pm 250$  virus *aphid-borne* adalah non-persisten



## 2. Virus semipersisten

- virus yang memerlukan waktu beberapa jam (10-100 jam) untuk tetap infeksi di dalam tubuh vektor sebelum ditularkan

cth : *Citrus Tristeza Virus*

### 3. Virus persisten

- virus tetap infeksi di dalam tubuh vektor lebih dari 100 jam meninggalkan sumber virus

#### a. virus sirkulatif

- virus masuk ke dalam tubuh vektor → usus dan hemolimfa → menetap → dikeluarkan melalui kelenjar ludah dan cairan liur
- tidak dapat ditularkan secara mekanis
- cth : *Bean Common Mosaic Virus*  
: *Maize Streak Virus*

## b. virus propagatif

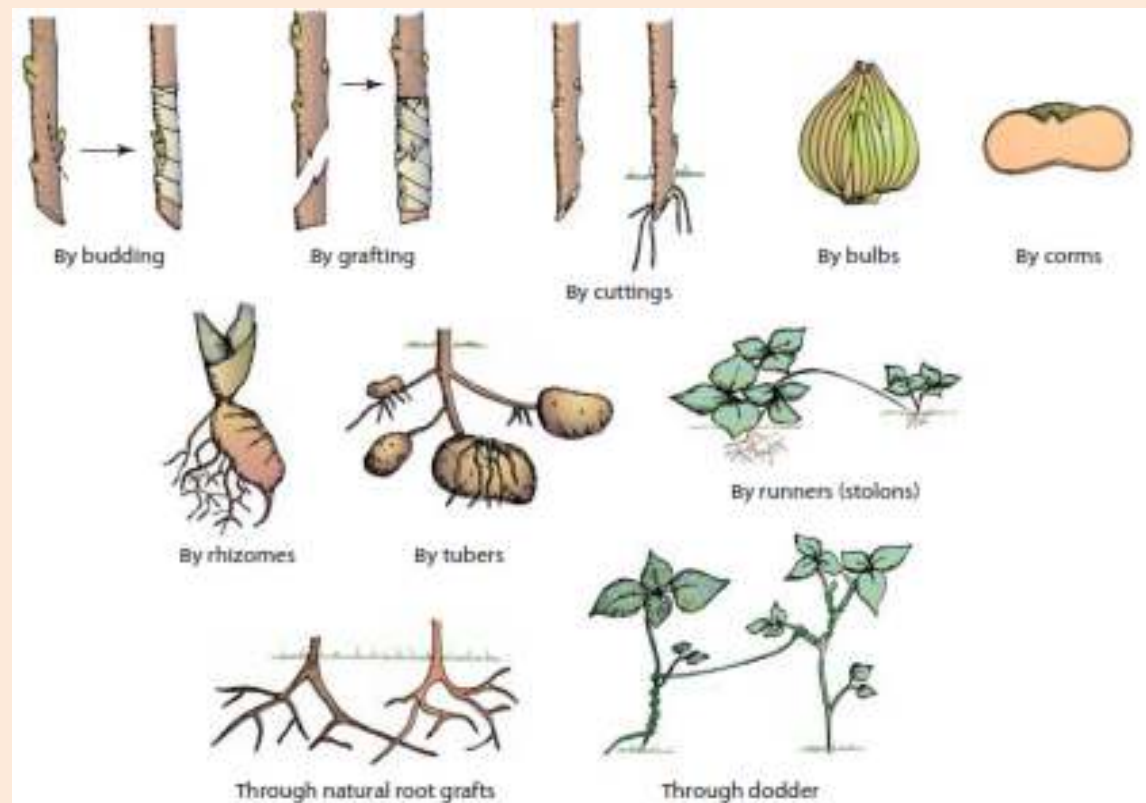
- virus memperbanyak diri di dalam tubuh vektor

- virus non-propagatif tidak memperbanyak diri dalam vektor tetapi hanya disirkulasikan

## 1. Alat perkembangbiakan vegetatif

- cara penyebaran yang paling penting, karena hampir semua virus tumbuhan dapat disebarkan dengan cara ini
- tumbuhan yang berkembangbiak dengan tunas, grafting, pemotongan, umbi dan rhizome maka virus dapat ditularkan melalui organ-organ tersebut

- virus dapat menular dari satu tumbuhan ke tumbuhan lain dengan melalui akar yang saling melibat satu sama lain





## 2. Melalui biji

- lebih dari 100 virus dapat terbawa dan ditularkan melalui biji
- virus yang ditularkan oleh nematoda dapat disebarakan ke tumbuhan lain melalui biji karena nematoda tersebut dapat tinggal pada biji

- Mekanisme virus dapat ditularkan oleh biji :
  - a. virus berada dalam sel-sel di luar embrio  
(dalam kulit biji, perisperm)
  - b. virus berada dalam embrio, tetapi jarang terdapat

### 3. Melalui pollen

- benang sari yang berasal dari tumbuhan yang terserang virus apabila menyerbuki bunga dari tumbuhan yang sehat → tumbuhan mengandung virus

## 4. Melalui taliputri

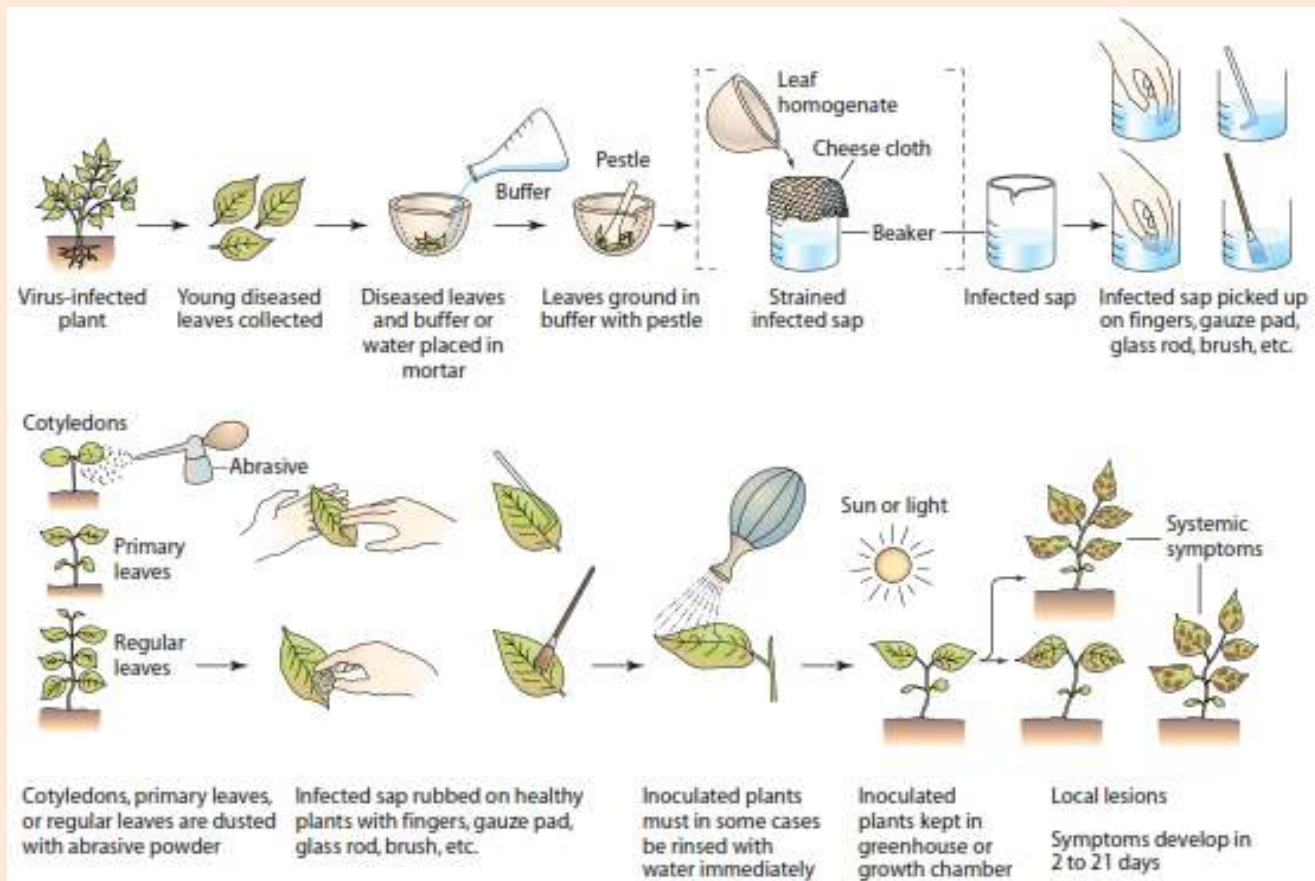
- Beberapa virus dapat disebarkan dari satu tumbuhan ke tumbuhan yang lain melalui jembatan yang dibuat oleh tumbuhan parasit yaitu taliputri (*Cuscuta* sp.)
- Virus disebarkan secara pasif melalui aliran makanan pada taliputri yang diambil dari jaringan pembuluh tumbuhan sakit melalui haustorium taliputri kemudian mengalir melalui floem taliputri dan masuk ke dalam tumbuhan sehat

## 5. Mekanis melalui sap tanaman sakit

- Jarang terjadi di alam dengan sendirinya
- Umumnya terjadi apabila tumbuhan luka oleh alat-alat pertanian dan sap yang mengandung virus menempel pada alat tersebut dan menyebar ke tumbuhan yang sehat
- Luka karena patahnya trikhoma akibat persinggungan antar tumbuhan, pekerja kebun



- Keberhasilan inokulasi secara mekanis tergantung :
  - konsentrasi virus dalam sap
  - bagian tumbuhan sebagai sumber inokulum
  - metode penyiapan inokulum
  - ketahanan virus dalam sap
  - periode kepekaan tumbuhan uji terhadap inokulasi
  - suhu saat inokulasi



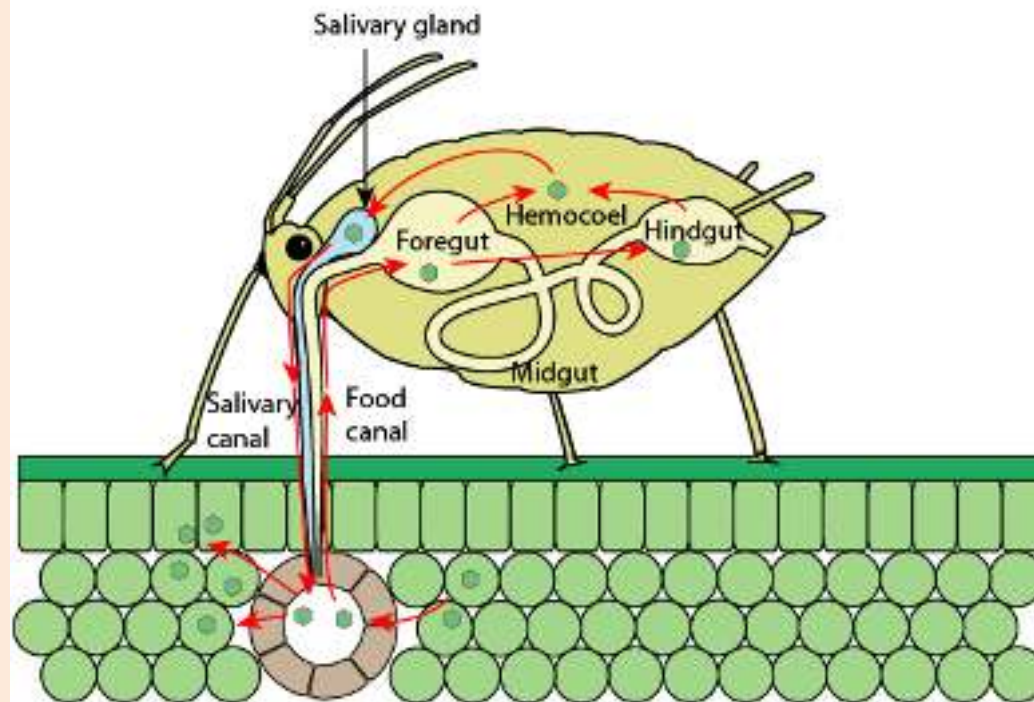
**FIGURE 14-16** Typical steps in mechanical or sap transmission of plant viruses.

## 6. Melalui serangga

- Sering terjadi dan paling penting
- Paling banyak dari ordo Homoptera yaitu golongan aphid dan leafhopper
- Serangga yang mempunyai tipe mulut menusuk, menghisap

- Serangga yang tipe mulut menusuk dan menghisap membawa virus pada styletnya (**stylet-borne virus**) atau virus dapat terbawa masuk ke dalam tubuh serangga dan setelah virus melalui jaringan tubuh serangga maka virus tersebut dapat diinokulasikan ke dalam sel tumbuhan melalui alat mulut kembali (**circulative virus**)
- Beberapa circulative virus dapat bertambah banyak di dalam tubuh serangga → **propagative virus**

### Plant virus circulative route in insect



- Aphid merupakan vektor serangga virus yang paling utama
- Beberapa spesies aphid dapat menularkan virus yang sama dan beberapa virus dapat ditularkan oleh satu spesies aphid
- Aphid membawa virus setelah makan pada tumbuhan yang sakit selama beberapa detik (30 detik atau kurang) dan aphid dapat menularkan virus tersebut setelah aphid makan pada tumbuhan yang sehat selama beberapa detik pula



- Lamanya aphid masih mengandung virus setelah aphid tersebut mendapatkan virus dapat berlangsung beberapa menit sampai beberapa jam untuk stylet-borne virus
- Untuk circulative virus setelah aphid mengambil virus dari tumbuhan yang sakit, aphid baru dapat menularkan virus ke tumbuhan yang sehat beberapa jam kemudian dan aphid dapat menularkan virus untuk waktu yang lama bahkan sampai aphid tersebut mati

- Virus yang ditularkan oleh leafhopper biasanya menyebabkan gangguan pada floem
- Virus propagatif dalam tubuh leafhopper dapat melewati pergantian kulit dan ada yang bersifat transovarial
- Leafhopper membutuhkan feeding periode satu sampai beberapa hari dan leafhopper dapat mengandung virus seumur hidupnya

# Insect Vectors



Aphids



Whiteflies

# Insect Vectors

## Thrips



## Leafhopper



## Plant Hoppers









THANK YOU FOR YOUR ATTENTION! 🙏







## Mekanisme infeksi Virus pada tanaman

