



**MODUL VIROLOGI
(IBL 363)**

**MODUL SESI 2
STRUKTUR VIRUS**

DISUSUN OLEH

Dr. HENNY SARASWATI, S.Si, M.Biomed

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2021

STUKTUR VIRUS

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

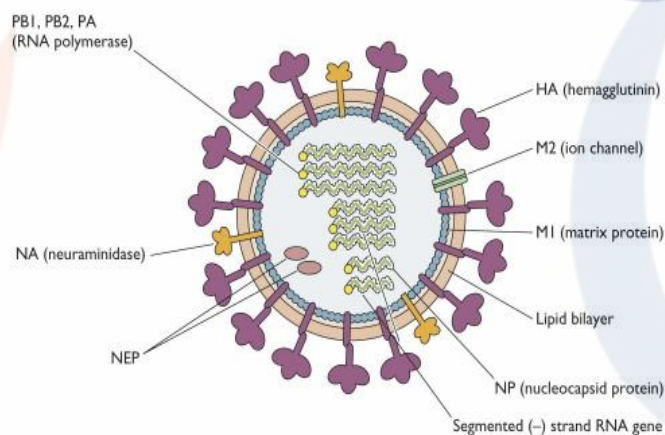
1. Memahami apa itu virus.
2. Menjelaskan struktur virus dengan benar.
3. Mengetahui patogen non virus seperti virion, viroid dan prion.
4. Menjelaskan prinsip pengelompokan virus.

B. Uraian dan Contoh

Selamat datang kembali para mahasiswa sekalian dalam perkuliahan virologi. Pada pertemuan ini (pertemuan ke-2) kita akan membahas mengenai struktur virus. Selain itu kita juga akan membahas mekanisme pengelompokan virus dengan berbagai pendekatan. Diharapkan kalian nanti dapat menjelaskan dengan baik dan benar mengenai bagaimana struktur virus dan juga menjelaskan bagaimana cara pengelompokan virus. Mari kita mulai pembelajaran ini.

1. Struktur virus.

Seperti kita ketahui virus merupakan agen patogen yang dimasukkan sebagai mikroba. Lalu apa sebenarnya virus itu? Virus adalah agen patogen atau infeksius yang tubuhnya hanya terdiri dari **asam nukleat (bisa DNA atau RNA saja)** dan **protein yang melindunginya** yang disebut dengan **kapsid**.

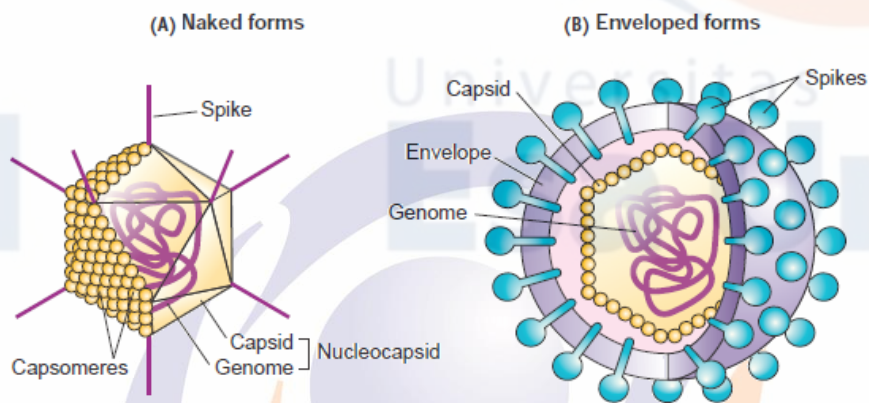


Gambar 1. Struktur virus yang hanya terdiri dari material genetik (di gambar ini adalah RNA) dan protein yang disebut nucleocapsid (sumber:

<https://www.virology.ws/>)

Jika virus ini berada pada kondisi sudah matur (matang) dan siap menginfeksi sel inang kemudian mentransmisikan material genetiknya ke dalam sel, maka bentuk ini disebut dengan virion. Ini adalah bentuk infeksius dari virus.

Seperti sudah dijelaskan di atas, bahwa virus strukturnya hanya terdiri dari material genetik dan kapsid. Keseluruhan material genetik dan kapsid ini disebut **nukleokapsid**. Kapsid sendiri tersusun atas subunit-subunit protein yang disebut **kapsomer** (Gambar 2).

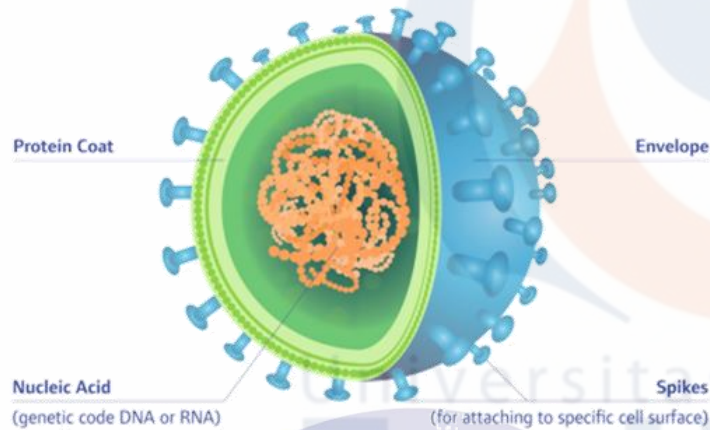


Gambar 2. Struktur virus yang material genetik (warna ungu) dan kapsid (warna kuning), pada virus telanjang (*naked forms*) dan virus berselubung (*enveloped form*).

Pada gambar 2, kalian dapat melihat adanya 2 jenis virus yang berbeda, yaitu virus telanjang (*naked virus*) dan virus berselubung (*enveloped virus*). Apa perbedaannya? Kalian mungkin sudah bisa menebak. Ya, perbedaannya terletak dari ada tidaknya **selubung (*envelope*)** yang menyelubungi nukleokapsid. Selubung ini berupa glikoprotein dari membran sel inang yang terambil saat virus keluar dari sel. Beberapa peneliti menyampaikan beberapa peran dari selubung ini, yaitu untuk menghindari respon imun dan juga melindungi material genetik yang ada di dalamnya. Fungsi yang lain adalah membantu dalam perlekatan virus dengan reseptor sel sehingga memudahkan virus masuk ke dalam sel.

Ada lagi protein pada permukaan tubuh virus yang disebut dengan **spike**. Molekul ini menonjol di permukaan virus dan mempunyai fungsi yang hampir sama dengan *envelope*, yaitu **perlekatan virus dengan sel inang dan membantu masuknya virus ke dalam sel inang**.

Virus Structure



Gambar 3. Protein spike pada permukaan virus berfungsi dalam perlekatan virus dengan sel (sumber: www.sanitized.com).

Sekarang kita masuk lebih dalam lagi dari struktur virus. Di dalamnya terdapat material genetik berupa DNA atau RNA. Virus hanya memiliki satu jenis material genetik dalam tubuhnya, bisa DNA atau RNA. Jarang sekali ada virus dengan kedua jenis material genetik ini. Keseluruhan material genetik disebut dengan genom. Terdapat beberapa variasi dari genom ini pada virus, yaitu :

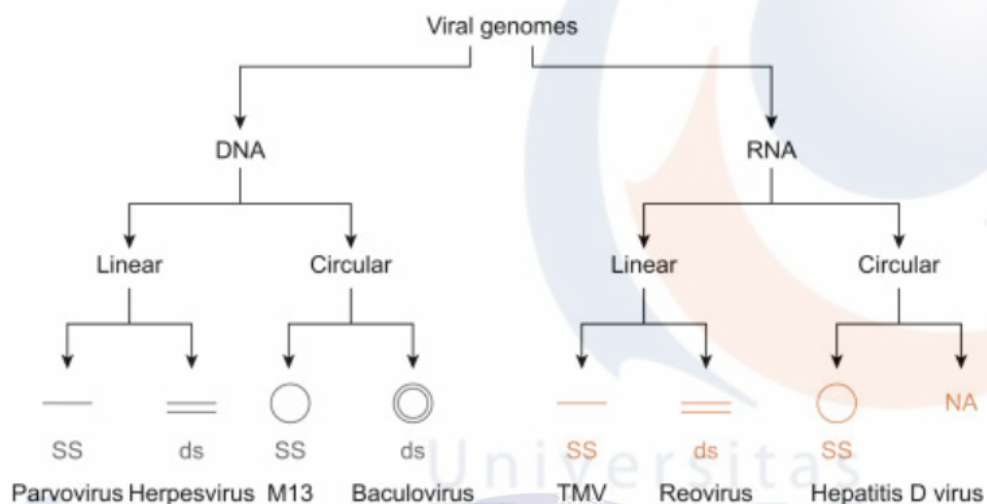
1. Genom DNA

- a. Bentuk sirkuler, untai ganda.
- b. Bentuk sirkuler, untai tunggal.
- c. Bentuk linier, untai ganda.
- d. Bentuk linier, untai tunggal.

2. Genom RNA

- a. Bentuk sirkuler, untai tunggal.
- b. Bentuk linier, untai ganda.
- c. Bentuk linier, untai tunggal.

Jadi terdapat beberapa bentuk genom pada virus. Untuk lebih jelasnya dapat melihat ke gambar 4.



Gambar 4. Beberapa bentuk genom virus (sumber: Marintcheva, 2018).

Contoh virus yang memiliki genom berupa DNA linier untai ganda adalah **Herpesvirus**, sedangkan yang untai tunggal adalah **Parvovirus**. Kemudian contoh virus dengan genom DNA sirkuler untai ganda adalah **Baculovirus** dan untai tunggal adalah **Bakteriophage M13**. Virus dengan genom RNA linier untai ganda contohnya adalah **Teovirus** dan untai tunggal adalah **Tobacco Mosaic Virus (TMV)**. Virus dengan genom RNA sirkuler untai tunggal adalah **virus Hepatitis D**. Tidak ada virus dengan genom RNA sirkuler untai ganda.

Ada juga virus dengan genom yang bersegmen-segmen seperti virus influenza. Virus ini memiliki genom RNA yang bersegmen-segmen, dan ini cukup berbeda dengan virus-virus yang lain (Gambar 1).

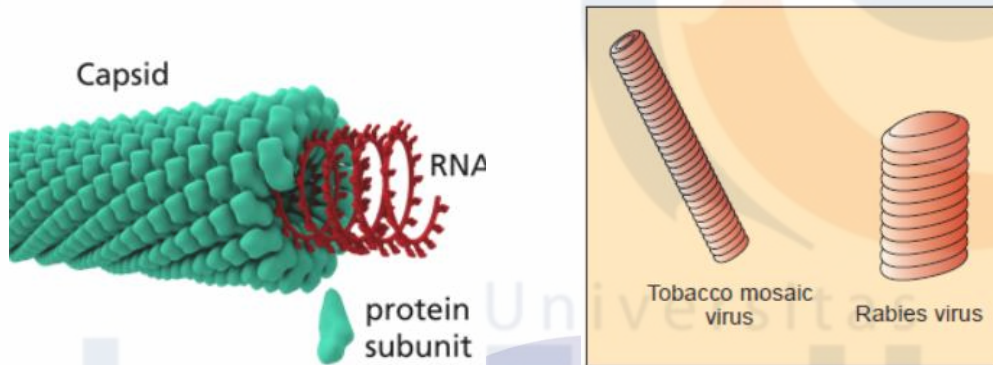
2. Macam-macam Virus.

Hampir sama dengan bakteri, virus juga dapat dibedakan berdasarkan bentuk tubuhnya. Jika pada bakteri bentuk tubuhnya bisa berupa kokus, spiral dan lain-lain, maka pada virus bentuk tubuhnya dapat bervariasi berdasarkan bentuk nukleokapsidnya.

Berdasarkan bentuk nukleokapsidnya, maka virus dapat dibedakan menjadi :

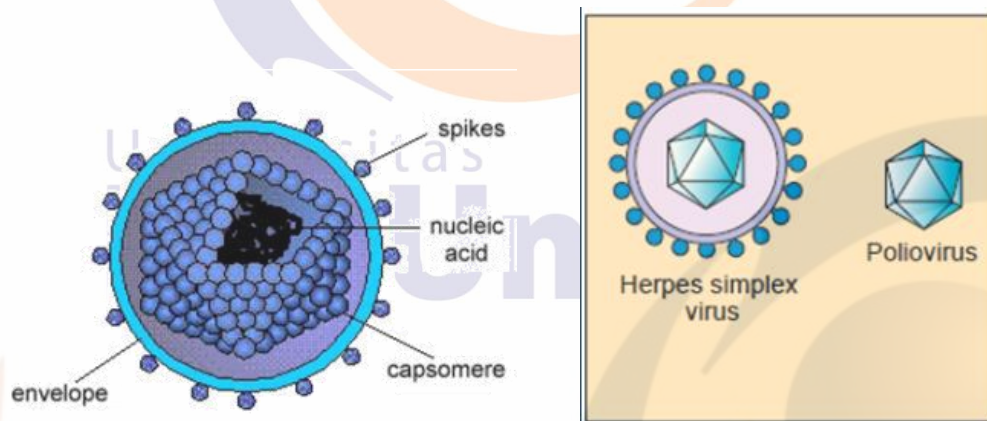
1. Virus spiral (*helical viruses*).
2. Virus ikosahedral (*icosahedral viruses*).
3. Virus kompleks (*complex viruses*).

Sesuai dengan namanya, maka virus spiral ini memiliki bentuk seperti pegas. Contohnya pada virus rabies dan *Tobacco Mosaic Virus* (TMV).



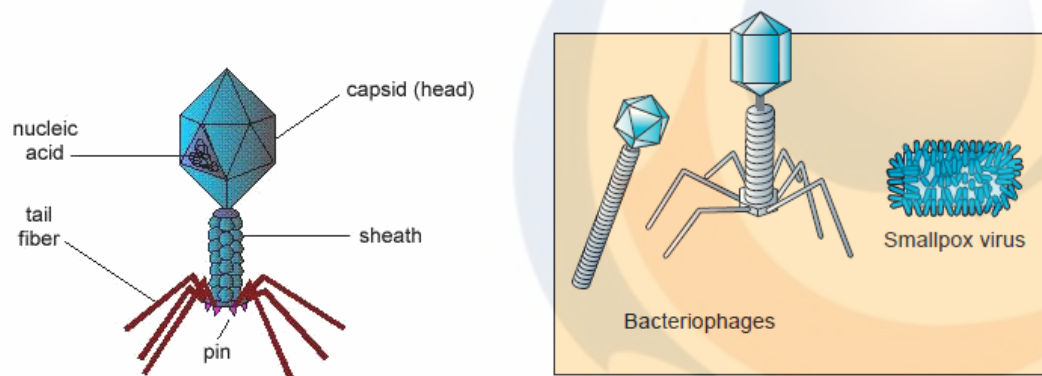
Gambar 5. Virus spiral memiliki nukleokapsid seperti spiral (kiri), contohnya pada TMV dan virus rabies (kanan) (sumber: wikipedia dan Pommerville, 2011).

Virus ikosahedral memiliki kapsid yang tersusun dari 20 subunit-subunit kapsid berbentuk segitiga sama sisi. Bentuk nukleokapsid seperti ini terdapat pada virus polio dan virus herpes.



Gambar 6. Struktur virus ikosahedral, kapsidnya tersusun dari 20 subunit-subunit protein yang berbentuk segitiga sama sisi (sumber: Pommerville, 2011).

Bentuk lainnya dari nukleokapsid virus adalah bentuk kompleks atau sering disebut virus kompleks (*complex virus*). Struktur virus ini merupakan kombinasi antara spiral dengan ikosahedral. Contohnya pada bakteriofaga.



Gambar 7. Virus kompleks memiliki nukleokapsid yang merupakan gabungan antara bentuk spiral dan ikosahedral (sumber: <https://cs-web.bu.edu/>).

Nah, itulah gambaran dari struktur virus. Jika kita mulai struktur yang terluar kita bisa melihat adanya selubung glikoprotein (pada virus berselubung), kemudian ada juga kapsid yang bentuknya bermacam-macam. Selain itu juga ada protein yang menonjol disebut dengan *spike* yang berfungsi dalam perlekatan virus ke sel inang. Kemudian jika masuk lebih dalam, kita akan mendapati genom virus yang berupa DNA atau RNA dengan bentuk yang bervariasi. Selain molekul-molekul yang sudah disebutkan tersebut masih ada molekul lain yang ada di dalam tubuh virus? Jawabannya adalah ada. Di dalam virus juga terdapat :

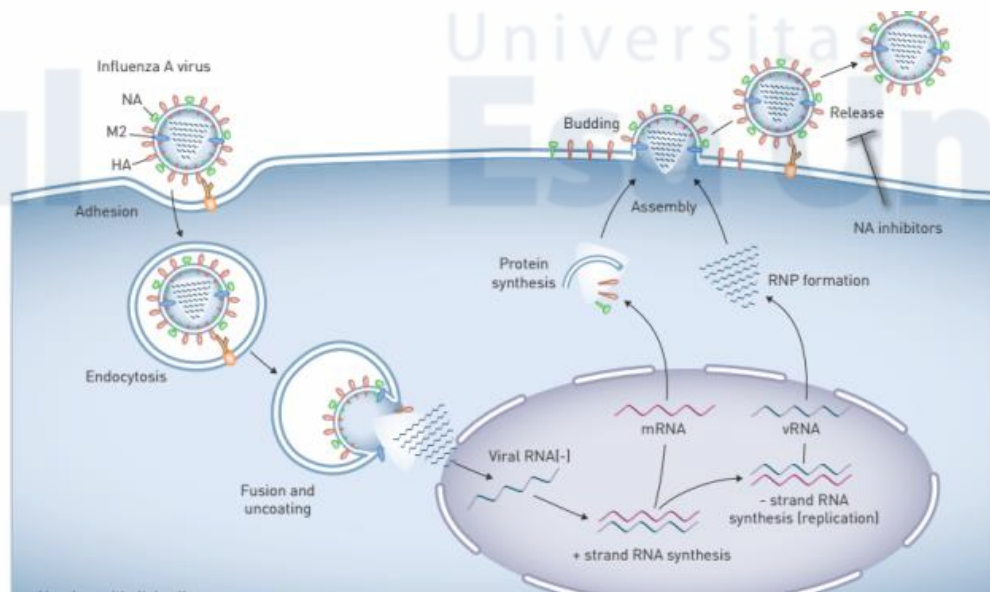
1. Enzim.
2. Protein Non enzim
3. Makromolekul dari sel inang.

Enzim adalah protein yang diperlukan untuk mengubah suatu substrat menjadi produk. Pada makhluk hidup, enzim ini berperan dalam fungsional tubuh. Banyak sekali enzim yang ada dalam tubuh makhluk hidup. Pada virus, juga terdapat enzim, namun dalam jumlah yang sedikit. Meskipun demikian, enzim ini berperan penting bagi keberlangsungan hidup virus. Contohnya adalah enzim yang digunakan untuk pembentukan asam nukleat virus, salah satunya pembentukan RNA virus dari cetakan DNA sel inang.

Selain enzim terdapat juga protein lain non enzim yang ada di dalam tubuh virus. Protein ini juga berperan dalam keberlangsungan hidup virus.

Contohnya adalah protein primer yang diperlukan dalam replikasi genom poliovirus. Protein ini melekat pada genom dari poliovirus.

Molekul lain yang ada di dalam tubuh virus adalah makromolekul-makromolekul yang berasal dari sel inang. Contohnya adalah glikoprotein dari membran sel inang. Glikoprotein ini kemudian membentuk selubung virus. Molekul ini terambil pada saat proses keluarnya virus dari dalam sel (Gambar 8). Hal ini akan lebih jelas ketika belajar siklus hidup virus pada pertemuan berikutnya.





Gambar 8. Ilustrasi yang menggambarkan siklus hidup virus, mulai dari awal proses masuknya virus ke dalam sel hingga virus keluar dari dalam sel (sumber: Herald, 2014).

Selain glikoprotein dari membran sel, saat proses keluarnya virus dari sel (kita sebut dengan pertunasan) dimungkinkan juga beberapa protein di dalam sel inang yang terambil. Karena proses pertunasan ini seperti proses "mencubit", bisakah kalian membayangkannya? Contohnya adalah protein **histon**. Protein ini juga penting dalam proses penyusunan DNA polyomavirus dan papillomavirus.

Jika kita mengamati, apakah ada perbedaan antara virus dengan struktur sel hidup pada umumnya? Jawabannya ada, tetapi tugas kalianlah untuk menyebutkan apa saja perbedaannya. Dikarenakan struktur ini yang tidak sama dengan makhluk hidup, maka virus sering digolongkan sebagai makhluk tidak

hidup. Meskipun demikian, dikarenakan virus memiliki material genetik, maka beberapa pihak masih berpendapat bahwa sebenarnya virus juga masih makhluk hidup. Ini adalah perdebatan yang masih berlangsung hingga saat ini, apakah virus bisa dikatakan sebagai makhluk hidup atau tidak hidup.

Tabel 1. Perbedaan karakteristik antara virus dengan sel hidup.

Viruses and Cells		
Characteristic	Virus	Cell
Structure	DNA or RNA core, capsid 	Cell membrane, cytoplasm; eukaryotes also contain nucleus and organelles 
Reproduction	only within a host cell	independent cell division either asexually or sexually
Genetic Code	DNA or RNA	DNA
Growth and Development	no	yes; in multicellular organisms, cells increase in number and differentiate
Obtain and Use Energy	no	yes
Response to Environment	no	yes
Change Over Time	yes	yes

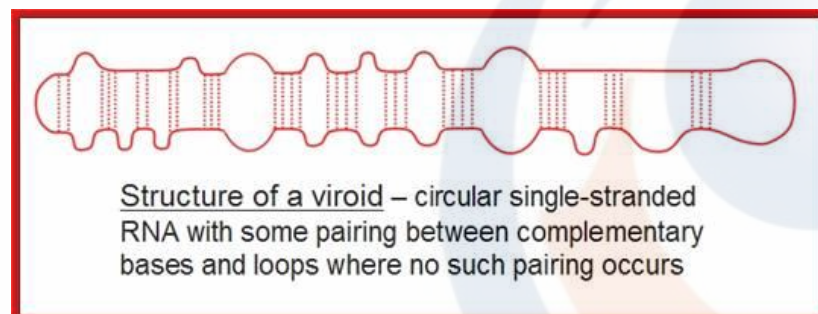
(www.socrates.org)

3. Agen Infeksius Non-Virus Lainnya.

a. Viroid

Terdapat beberapa agen infeksius lain yang bukan termasuk virus. Kita akan melihat satu persatu agen infeksius ini.

Pertama adalah **viroid**. Apakah viroid itu? Ini adalah agen infeksius yang struktur tubuhnya hanya terdiri dari asam nukleat saja, tanpa protein. Bisakah kalian membayangkan tanpa protein!!!.



Gambar 9. Struktur viroid yang hanya terdiri dari RNA untai tunggal, tanpa protein yang melindunginya.

Asam nukleat dari viroid adalah RNA untai tunggal yang memiliki beberapa sekuen yang tidak berkomplemen sehingga menghasilkan bagian-bagian seperti *loop*. Agen infeksius ini dikenal dapat menyebabkan penyakit pada tanaman. Contohnya adalah penyakit yang dinamakan *Potato Spinder Tuber* (PST) yang menyerang tanaman kentang. Viroid yang menyebabkan penyakit ini dinamakan *Potato Spinder Tuber Viroids* (PTSVd). Meskipun namanya menunjukkan inang utamanya, tetapi PTSVd juga diketahui dapat menyerang tanaman tomat. Gejala penyakit ini bervariasi dari ringan hingga berat. Pada gejala yang berat, bisa terjadi hambatan pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman menjadi kerdil. Kemudian pada kentang, bentuk umbinya tidak membulat melainkan memanjang (Gambar 10). Sedangkan pada tanaman tomat bisa mengakibatkan daun menjadi kuning dan menggulung (berbentuk keriting). Penyakit ini bisa mengakibatkan penurunan produksi tanaman-tanaman ini.



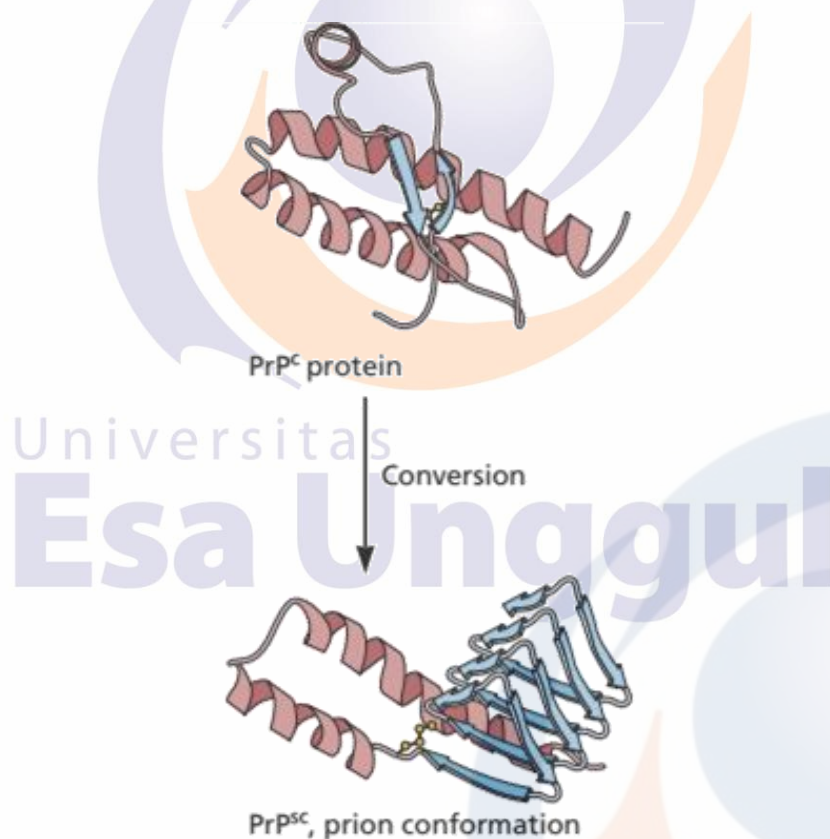
Gambar 10. Gejala penyakit *Potato Spinder Tuber* (PST) pada tanaman kentang mengakibatkan umbi kentang berbentuk memanjang dan mengakibatkan penurunan produksi tanaman (sumber: Canadian Food Inspection Agency).

Nama "viroid" yang menyebabkan penyakit ini dicetuskan oleh Theodore E. Diener dan kawan-kawan yang meneliti penyakit ini. Serangkaian penelitian sebelumnya telah dilakukan, namun tidak terdapat bukti kuat bahwa mikroba yang menyebabkan penyakit ini. Diketahui kemudian bahwa penyakit ini

hanya diobati dengan enzim pendegradasi RNA yang memperkuat bahwa viroid-lah yang bertanggung jawab terhadap kejadian penyakit ini. Hingga saat ini belum diketahui dengan pasti bagaimana viroid dapat menyebabkan penyakit PST. Namun, diduga adanya proses gene silencing yang distimulasi oleh viroid dan akhirnya menyebabkan beberapa gejala penyakit PST.

b. Prion.

Selain viroid, terdapat pula agen infeksius non virus yang dinamakan **prion**. Kebalikan dari viroid yang hanya terdiri dari RNA untai tunggal, maka prion hanya terdiri dari protein. Berbeda dengan protein normal pada tubuh, pada prion, protein ini mengalami ketidaknormalan pelipatan. Protein pada prion disebut dengan PrP^C yang mengalami ketidaknormalan pelipatan menjadi PrP^{SC}.

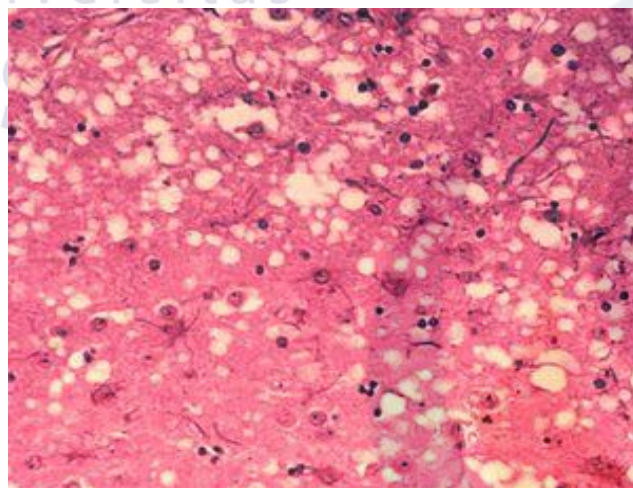


Gambar 11. Prion merupakan protein PrP^C yang mengalami ketidaknormalan pelipatan menjadi protein PrP^{SC} (sumber: Flint, 2015).

Seorang peneliti bernama Stanley Prusiner bersama tim pada awalnya melakukan penelitian pada hewan yang terkena penyakit “scrapie”. Dari penelitian ini dapat dilakukan isolasi protein yang diduga menjadi penyebab penyakit ini. Prusiner pada tahun 1981 kemudian mengeluarkan pendapat bahwa protein inilah yang bertanggung jawab pada kejadian penyakit “scrapie” ini dan dia istilahkan sebagai “prion” yang merupakan kependekan dari **protein** dan *infectious*. Hal ini menimbulkan perdebatan dan suatu teori yang benar-benar baru mengenai agen patogen yang berupa protein. Meskipun demikian, melalui pembuktian dan penelitian yang dilakukan secara intensif, memang diketahui bahwa protein PrP^C yang berubah menjadi protein PrP^{SC} memang penyebab penyakit “scrapie”. Atas perannya dalam penemuan prion ini, maka Stanley Prusiner dianugerahi Nobel untuk bidang Fisiologi atau Kesehatan pada tahun 1997.

Sampai sekarang masih dikaji bagaimana prion ini bisa terbentuk. Prion sendiri dikode oleh **gen *prnp*** yang secara normal ada pada genom mamalia. Protein ini diketahui dapat mengekspresikan protein yang terdapat pada sel-sel saraf. Namun fungsinya belum dapat diketahui dengan jelas.

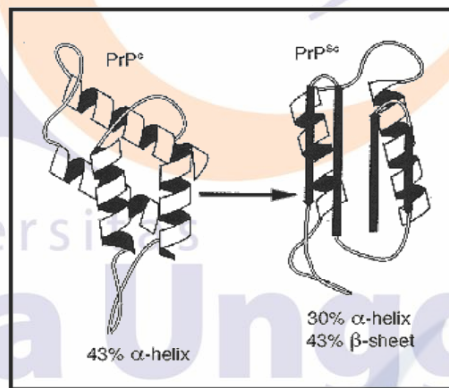
Prion dapat mengakibatkan penyakit ***Transmissible Spongiform Encephalopathies (TSE)***, dimana ini adalah kelompok penyakit yang dapat menyerang mamalia dan mengakibatkan kerusakan otak. Kerusakan otak yang terjadi dapat berupa bentuk otak yang seperti spons (Gambar 12).



Gambar 12. Pengamatan mikroskop pada otak penderita TSE menampakkan adanya bentuk seperti spons pada otak (sumber: Wikipedia).

Penyakit TSE bisa menyerang sapi, kambing hingga manusia. Pada sapi penyakitnya disebut dengan *Bovine Spongiform Encephalitis* atau yang dikenal dengan penyakit sapi gila (*mad cow*). Pada kambing disebut dengan penyakit "scrapie". Penyakit TSE juga bisa menyerang manusia dan disebut dengan Creutzfeldt-Jacob Disease. Akibat dari TSE adalah disorientasi aktivitas individu dan kematian. Penyakit sapi gila sendiri dapat mengakibatkan kematian pada sapi-sapi sehingga menurunkan jumlah produksi sapi pada peternakan. Penyakit ini juga dapat menular pada manusia jika memakan daging sapi yang menderita penyakit sapi gila. Sampai saat ini belum diketahui cara pengobatan penyakit ini.

Prion sendiri memiliki karakteristik yang khas, berbeda dengan protein biasa. Karakteristik yang paling menonjol adalah prion **tidak dapat didigesti dengan proteinase**. Selain itu jika dilihat strukturnya, maka prion memiliki struktur β -sheet yang lebih banyak dibandingkan dengan α -helix (Gambar 13). Prion sendiri sampai saat ini memiliki inang yang spesifik. Sehingga prion pada satu organisme bisa berbeda dengan prion organisme lain. Contohnya prion pada tikus berbeda dengan prion pada hamster.



Gambar 13. Prion (PrP^{Sc}) memiliki struktur β -sheet yang lebih banyak dibandingkan dengan struktur α -helix (sumber: <https://bioprinciples.biosci.gatech.edu/>)

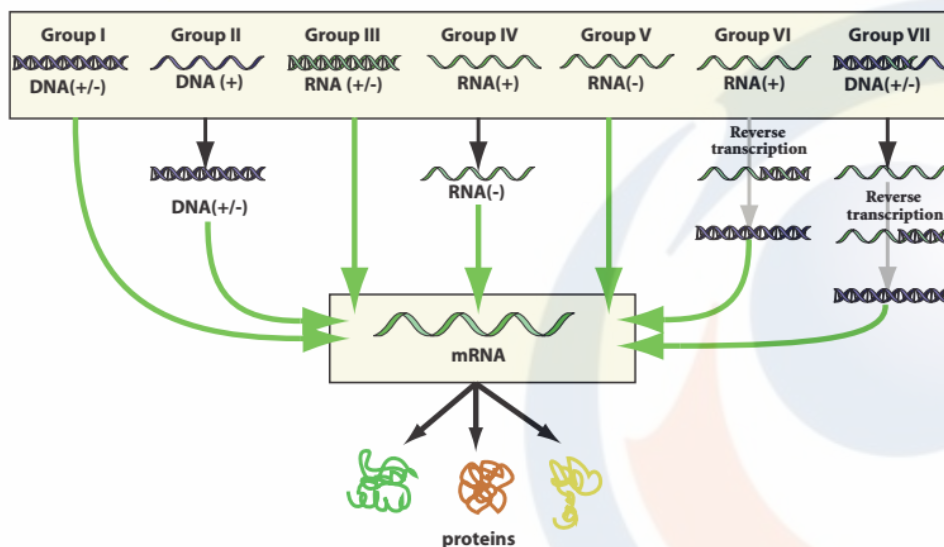
4. Klasifikasi Virus.

Sekarang kita akan masuk pada bagian bagaimana virus dapat dikelompokkan atau diklasifikasikan. Sama dengan makhluk hidup, virus juga dapat dikelompokkan berdasarkan karakteristik yang dibawanya. Variasi virus

sangat banyak sehingga harus dikelompokkan menjadi kelompok-kelompok tertentu. Terdapat 2 cara yang sampai sekarang digunakan untuk mengelompokkan virus. Pertama adalah dengan menggunakan sifat-sifat virus dan yang kedua adalah dengan memperhatikan material genetik yang ada pada virus tersebut.

Organisasi yang secara internasional dikenal untuk mengelompokkan virus adalah **International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV)**. Organisasi ini bertanggung jawab untuk membuat suatu prosedur pengelompokkan virus dan juga menentukan virus tertentu ada pada kelompok tertentu. Beberapa karakter seperti struktur virus, metode replikasi, jumlah dan ukuran protein struktural dan non struktural, sekuen genom, jenis inang, tropisme sel dan inang, patogenesis, cara transmisi dan masih banyak karakteristik lain yang digunakan untuk mengelompokkan virus.

Cara pengelompokkan virus yang kedua yaitu dengan melihat jenis material genetik virus tersebut. Metode yang dikenal sampai sekarang adalah dengan sistem Baltimore. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa virus memiliki jenis asam nukleat yang berbeda, DNA atau RNA, bisa berbentuk linier atau sirkuler, dan bahkan bisa dalam bentuk untai ganda maupun untai tunggal. Pada sistem Baltimore virus dikelompokkan menjadi beberapa grup berdasarkan variasi material genetik ini (Gambar 14). Hal ini akan kita pelajari lebih detil pada pembahasan mengenai genom virus.



Gambar 14. Pengelompokkan virus berdasarkan sistem Baltimore membedakan virus berdasarkan material genetiknya (sumber: Condit, 2013).

C. Latihan

- a. Bagaimanakah struktur virus itu?
- b. Berdasarkan bentuk kapsidnya, virus dapat dibedakan menjadi....
- c. Apakah virion itu?
- d. Apakah viroid itu?
- e. Apakah prion itu?

D. Kunci Jawaban

- a. Virus tersusun atas material genetik dan protein.
- b. Virus spiral, ikosahedral dan kompleks.
- c. Virion adalah bentuk infeksius dari virus, artinya siap untuk menginfeksi sel dan siap mentransmisikan genom virus ke sel inang.
- d. Viroid adalah agen infeksius yang berbentuk RNA untai tunggal tanpa protein.
- e. Prion adalah agen infeksius berupa protein yang mengalami ketidaknormalan pelipatan tanpa material genetik,

E. Daftar Pustaka

1. Brooks, G.F, et al. 2013. Jawetz, Melnick & Adelberg's Medical Microbiology. 26th ed. Mc.Graw Hill Medical. New York
2. Flint, J, et al. 2015. Principles of Virology. 4th ed. ASM Press. Washington.
3. Hull, R. 2014. Plant Virology. 5th ed. Academic Press. London.
4. Pommerville, J.C. 2011. Alcamo's Fundamentals of Microbiology. 9th ed. Jones and Bartlett Publishers. Massachusetts.
5. Condit, R.C. 2013. Fields Virology. 6th Edition. Lippincott Williams and Wilkins. Philadelphia.
6. Kovalskaya, N and R.W, Hammond. 2014. Molecular Biology of Viroid-Host Interaction and Disease Control Strategies. *Plant Science*. 228. 48-60.

7. Avecedo-Morantes, C and H. Wille. 2014. The Structure of Human Prion: From Biology to Structural Models-Consideration and Pitfalls. *Viruses*. 6. 3875-3892.



Universitas
Esa Unggul