



**MODUL VIROLOGI
(IBL 363)**

**MODUL SESI KE-3
GENOM VIRUS**

DISUSUN OLEH

Dr. Henny Saraswati, S.Si, M.Biomed

Universitas
Esa Unggul

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

2021

GENOM VIRUS

A. Kemampuan Akhir Yang Diharapkan

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan mahasiswa mampu :

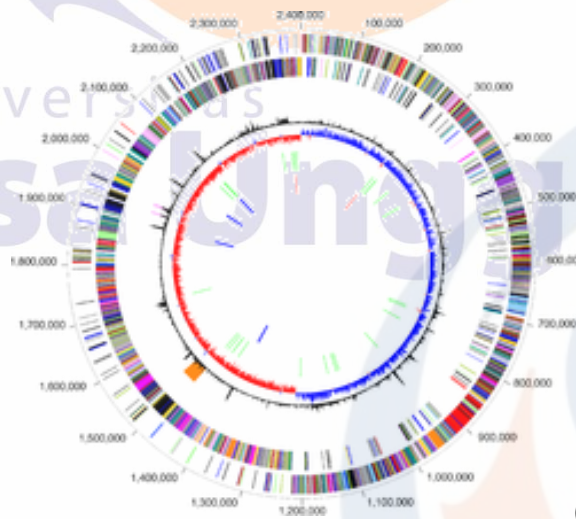
1. Mahasiswa dapat menjelaskan genom virus DNA.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan genom virus RNA.
3. Mahasiswa dapat menjelaskan proses pembentukan protein dan penggandaan genom pada berbagai bentuk genom.

B. Uraian dan Contoh

1. Menenal genom

Saat kita mempelajari material genetik makhluk hidup kita sering mendengar istilah genom. Pada saat kita membaca buku-buku genetika pun kita pernah membaca mengenai gen dan genom. Tentu kita menjadi bertanya-tanya, apakah gen dan genom itu? Apa perbedaan antara keduanya?

Genom adalah keseluruhan informasi genetika yang terdapat pada makhluk hidup atau organisme. Sedangkan **gen** adalah material genetik yang mengkode protein tertentu. Gen merupakan bagian dari genom sehingga genom terdiri dari beberapa gen dan juga material genetik di antara gen (Gambar 1).



(www.wikipedia.com)

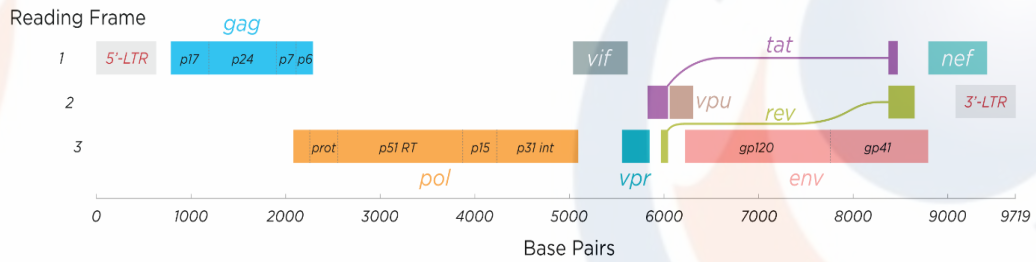
Gambar 1. Genom, yang tersusun dari puluhan hingga ratusan ribu gen.

Pada makhluk hidup tingkat tinggi, jumlah gen dalam genom bisa mencapai ratusan ribu gen. Karena diperlukan dalam fungsi kehidupan makhluk hidup tingkat tinggi yang sangat kompleks. Pada manusia contohnya, dalam genomnya terdiri dari beratus-ratus ribu gen. Namun menariknya, sebagian besar gen ini justru tidak mengkode protein tertentu, sehingga sering disebut "*junk DNA*".

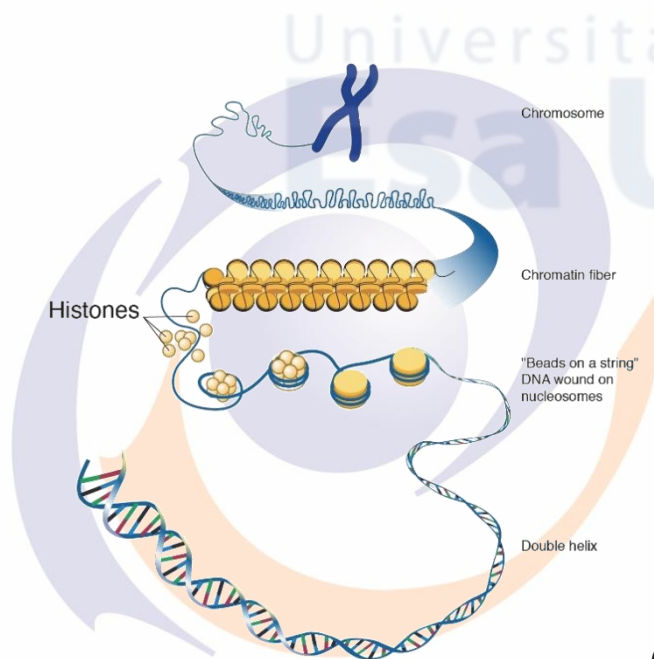
Pada virus, yang notabene belum bisa disebut sebagai makhluk hidup, juga terdapat genom. Material genetik ini berfungsi juga untuk mengkode protein yang diperlukan dalam keberlangsungan hidupnya, seperti dalam pembentukan struktur tubuhnya dan dalam perkembangbiakannya.

Meskipun demikian, terdapat beberapa perbedaan dibandingkan dengan genom makhluk hidup tingkat tinggi, antara lain :

- (1) Pada virus, genom yang ada pada dirinya hanya berupa DNA (*Deoxyribonucleic Acid*) **atau** RNA (*Ribonucleic Acid*). Hanya sedikit virus yang memiliki kedua jenis genom ini.
- (2) Genom pada virus hanya sedikit memiliki gen yang mengkode protein.
- (3) Ukurannya tidak sebesar pada makhluk hidup tingkat tinggi (kurang dari 2.000 basa hingga lebih besar dari 2,5 juta basa). Pada genom HIV misalnya, memiliki panjang ± 9.000 basa (9 kb) yang mengkode beberapa gen baik struktural (gen *gag* dan *env*) serta gen yang mengkode beberapa protein yang diperlukan untuk memperbanyak dirinya (gen *pol*, *vif*, *nef*, *tat*, *vpu*, *ref* dan *vpr*) (Gambar 2).
- (4) Genom virus tidak memiliki protein histon. Protein ini diperlukan dalam pengepakan atau pengemasan genom di dalam inti sel yang berukuran sangat kecil, sehingga genom dapat masuk ke dalam inti sel. Seperti yang telah disampaikan pada sebelumnya bahwa beberapa organisme memiliki ukuran genom yang sangat panjang karena tersusun dari ratusan ribu basa DNA. Apabila tidak dikemas bersama dengan histon, maka genom ini dimungkinkan tidak dapat masuk ke dalam inti sel. Sehingga protein histon ini membantu dalam pengemasan genom (Gambar 3).



Gambar 2. Genom HIV dengan panjang 9.000 basa tersusun dari gen pengkode protein struktural maupun non struktural (sumber: www.wikipedia.com).



(www.genome.gov)

Gambar 3. Genom dikemas bersama dengan protein histon membentuk kromosom sehingga dapat masuk ke dalam inti sel (www.genome.gov).

2. Karakteristik genom pada virus

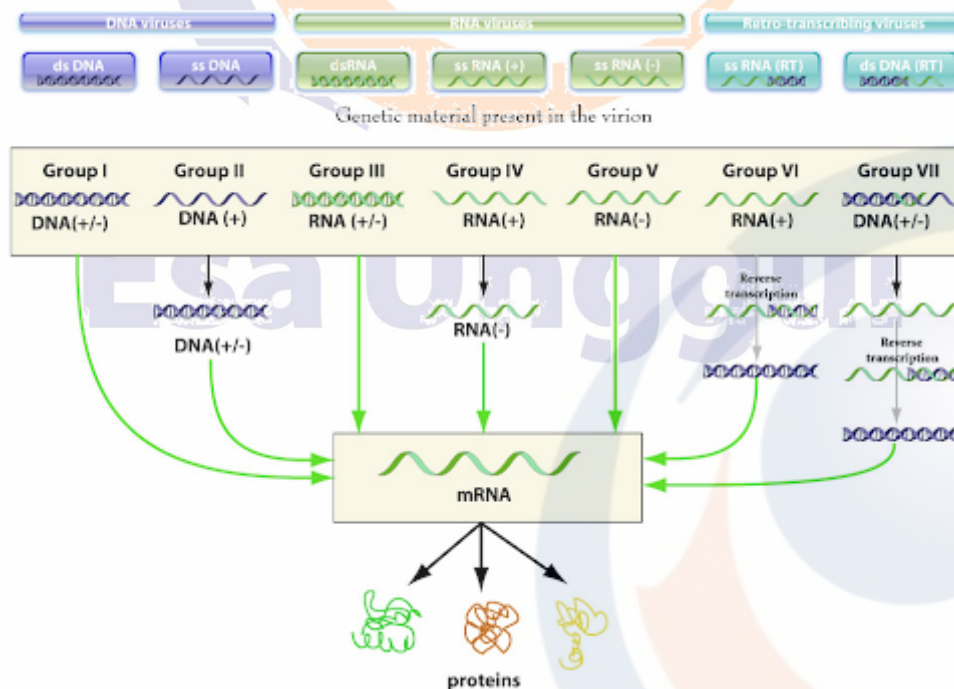
Seperti yang telah disampaikan, genom virus hanya terdiri DNA atau RNA. Namun, bentuk genom virus ini bisa bermacam-macam. Oleh karena itu, berdasarkan genomnya virus dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok dalam **sistem Baltimore**. Sistem pengklasifikasian virus ini diciptakan oleh David Baltimore yang mendapatkan hadiah Nobel pada tahun 1975 untuk bidang Fisiologi atau Kedokteran. Genom virus memiliki beberapa bentuk yaitu :

1. DNA untai ganda (dsDNA).
2. DNA untai tunggal (ssDNA).

3. DNA untai ganda bercelah (gapped DNA).
4. RNA untai ganda (dsRNA).
5. RNA untai tunggal (ssRNA) dengan untai positif.
6. RNA untai ganda (ssRNA) dengan untai negatif.
7. RNA untai tunggal yang dutranskripsikan dari DNA intermedier.

Berdasarkan bentuk genom ini, maka virus dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok/grup (sistem Baltimore), yaitu

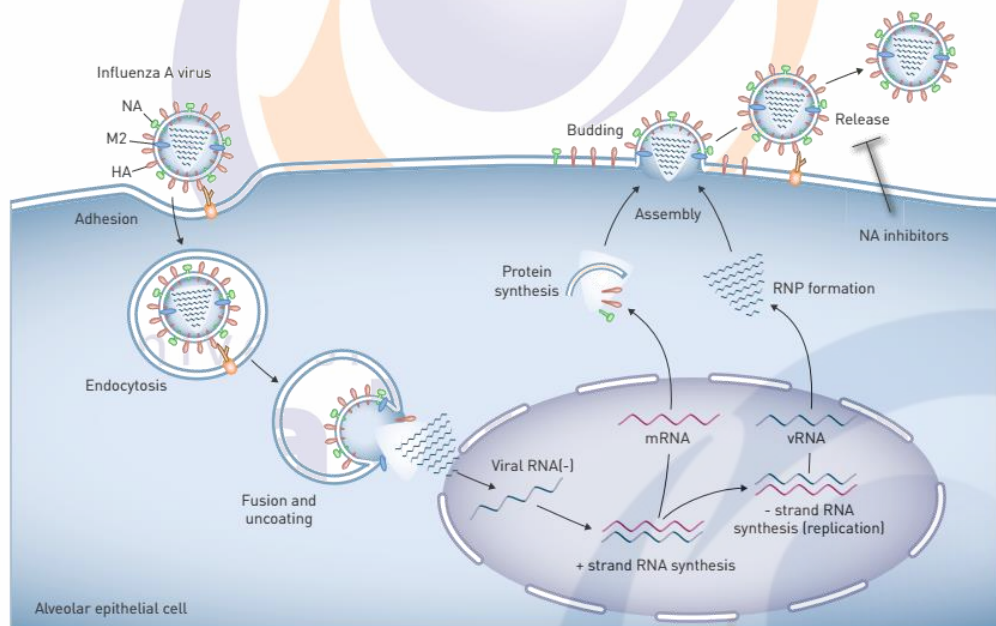
- Grup I** : virus DNA untai ganda (dsDNA).
- Grup II** : virus DNA untai tunggal (ssDNA).
- Grup III** : virus RNA untai ganda (dsRNA).
- Grup IV** : virus RNA untai tunggal (ssRNA) dengan untai positif.
- Grup V** : virus RNA untai tunggal (ssRNA) dengan untai negatif.
- Grup VI** : virus RNA untai tunggal yang bereplikasi dengan DNA intermedier.
- Grup VII** : virus DNA untai ganda yang bereplikasi dengan intermedier RNA untai tunggal.



Gambar 4. Sistem klasifikasi virus Baltimore yang berdasarkan genom virus (sumber: www.viralzone.expasy.org).

Selain untuk mengkode protein tertentu, genom virus yang terdiri dari banyak sekuen DNA atau RNA dapat digunakan dalam studi kekerabatan. Dalam studi ini akan dapat diketahui apakah satu virus memiliki kemiripan secara genetik dengan kelompok virus lain. Jika ada, maka dianggap kedua virus ini dari kelompok yang sama. Dari studi ini dapat dikembangkan studi mengenai sifat-sifat virus dalam interaksinya dengan inang seperti proses infeksiya atau proses perkembangbiakannya di dalam sel inang. Kegunaan lain dari genom virus akan dijabarkan lebih lanjut di sub bab mengenai pemanfaatan genom virus.

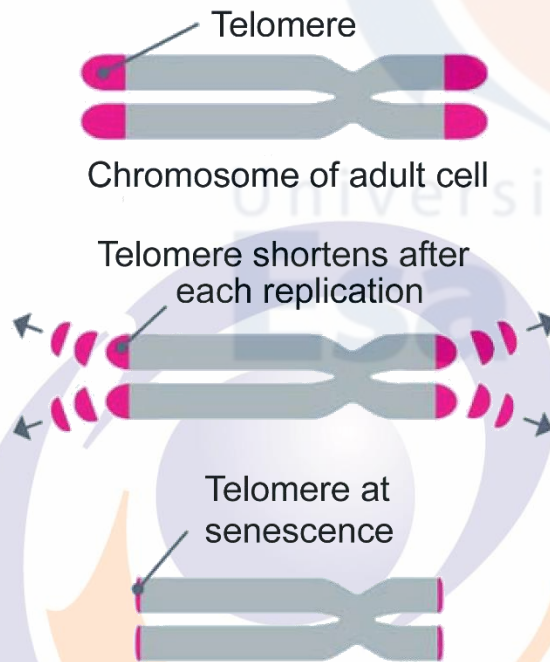
Perlu diperhatikan, bahwa genom virus tidak memiliki gen pengkode protein yang diperlukan dalam sintesis protein, yaitu protein ribosom serta tidak dapat menghasilkan rRNA yang diperlukan dalam pembentukan organel ribosom. Konsekuensinya virus tidak dapat menghasilkan protein sendiri, tetapi harus menggunakan perangkat sintesis dari sel inang. Sehingga perkembangbiakan virus sangat tergantung dari sel inang yang diinfeksiya.



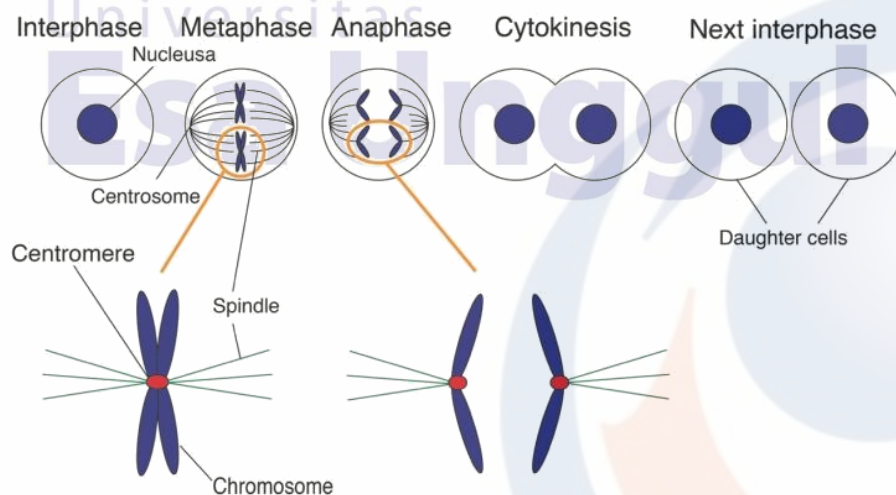
Gambar 5. Proses infeksi virus ke dalam sel hidup (sumber: Herold, 2014).

Selain itu genom virus tidak memiliki telomer yang berfungsi dalam melindungi kromosom saat pembelahan sel. Pada saat pembelahan sel, kromosom dapat memendek karena mekanisme penggandaan kromosom (Gambar 6). Telomer pada ujung kromosom dapat melindunginya dari pemendekan.

Genom virus juga tidak memiliki sentromer yang pada hewan dan tumbuhan sangat berperan dalam proses pembelahan sel. Sentromer merupakan tempat pelekatan benang-benang spindle, untuk kemudian membagi kromosom menuju ke sel-sel hasil pembelahan (Gambar 7).



Gambar 6. Telomer pada kromosom akan memendek saat proses pembelahan (sumber: www.wildgenesgroup.com).



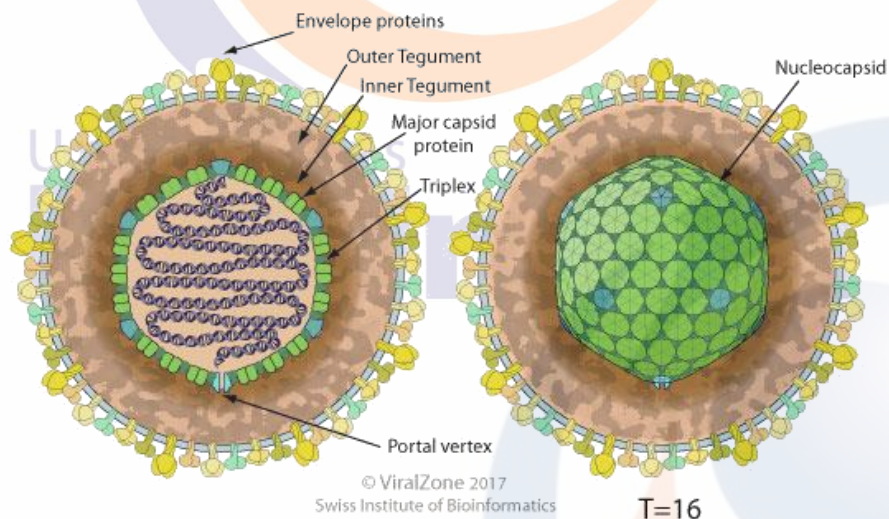
Gambar 7. Sentromer pada kromosom berperan sebagai tempat pelekatan benang spindle dan membagi kromosom ke 2 sel hasil pembelahan (sumber: www.biocompare.com).

3. Jenis-jenis Genom Virus.

3.1. Virus DNA

Setiap jenis genom pada virus memiliki mekanisme pembentukannya masing-masing. Demikian juga dalam proses sintesis proteinnya. Kita akan mempelajari bagaimana cara virus menggandakan genomnya dan bagaimana cara sintesis proteinnya. Untuk mempermudah dalam pemahaman mengenai genom virus, maka penyebutan virus bisa menggambarkan jenis genom yang dimiliki. Misalnya virus DNA, artinya bahwa virus ini memiliki genom DNA. Pada bagian ini kita akan memahami bagaimana genom DNA direplikasikan pada virus dan bagaimana genom ini dapat digunakan dalam sintesis protein. Kita mulai dari genom DNA untai ganda (dsDNA) terlebih dahulu.

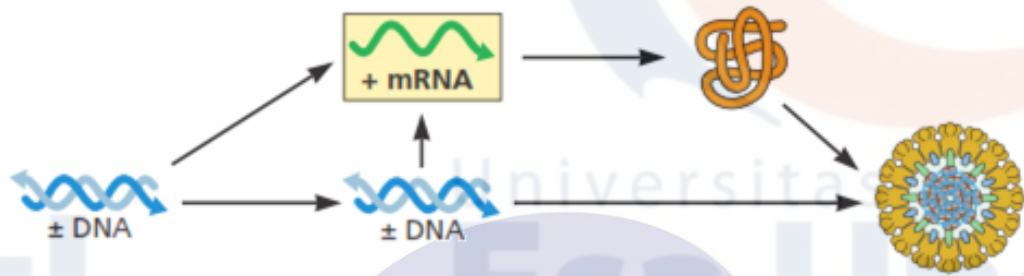
Pada virus DNA terdapat genom **DNA untai ganda (dsDNA)** yang dimiliki oleh beberapa famili virus seperti *Adenoviridae*, *Asfarviridae*, *Herpesviridae*, *Papillomaviridae*, *Polyomaviridae* dan *Poxviridae*. Contoh spesies pada beberapa famili ini antara lain Human Papillomavirus (HPV, penyebab penyakit kanker serviks), simian virus 40 (SV 40), Human Herpesvirus 1 (HHV 1) atau Human Simplex Virus 1 (HSV 1).



Gambar 8. Struktur virus yang termasuk famili Herpesviridae yang memiliki genom berupa DNA untai ganda (dsDNA) (sumber: www.viralzone.expasy.org).

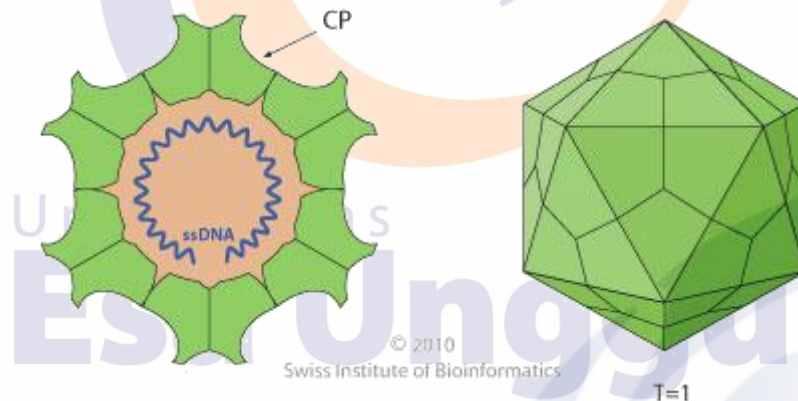
Pada virus ini, genom dsDNA akan mengalami transkripsi membentuk mRNA dan mengalami translasi menghasilkan protein (Gambar 9). Hal ini seperti

proses sintesis protein yang sering kita pelajari. Untuk penggandaan genomnya, DNA untai ganda akan menjadi cetakan bagi DNA untai baru. Apakah kalian masih mengingat proses replikasi DNA? Jika iya, maka akan mudah bagi kalian untuk membayangkan proses penggandaan DNA pada virus ini.



Gambar 9. Proses pembentukan protein pada virus DNA untai ganda (dsDNA) (sumber: Flint et al, 2015).

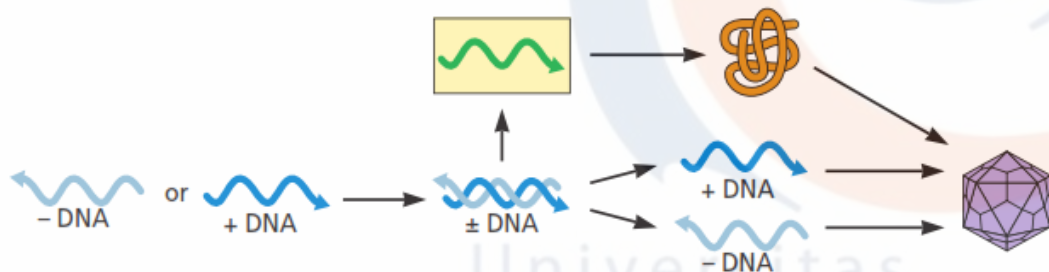
Sedangkan genom DNA **untai tunggal** (ssDNA) dimiliki oleh beberapa virus seperti virus-virus dalam famili *Anelloviridae*, *Circoviridae* dan *Parvoviridae*. Contoh spesies yang masuk ke dalam famili ini adalah Human Parvovirus B19,



Gambar 9. Struktur Parvoviridae yang memiliki genom DNA untai tunggal (ssDNA) (sumber: www.viralzone.expasy.org).

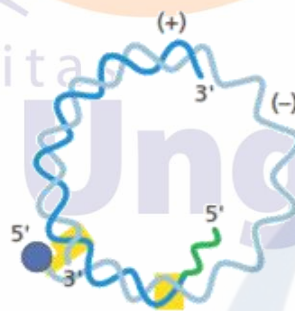
Untuk virus-virus ini pembentukan protein juga melalui proses transkripsi dan translasi. Namun, DNA untai tunggal terlebih dahulu membentuk DNA untai ganda dengan bantuan enzim DNA polimerase dari inang, karena proses transkripsi hanya akan berjalan jika DNA berbentuk untai ganda. Setelah itu, pembentukan mRNA dapat dilakukan dan dilanjutkan dengan proses translasi (Gambar 10).

Pembentukan genom baru juga berasal dari DNA untai ganda yang kemudian menjadi cetakan bagi untai tunggal DNA yang baru.

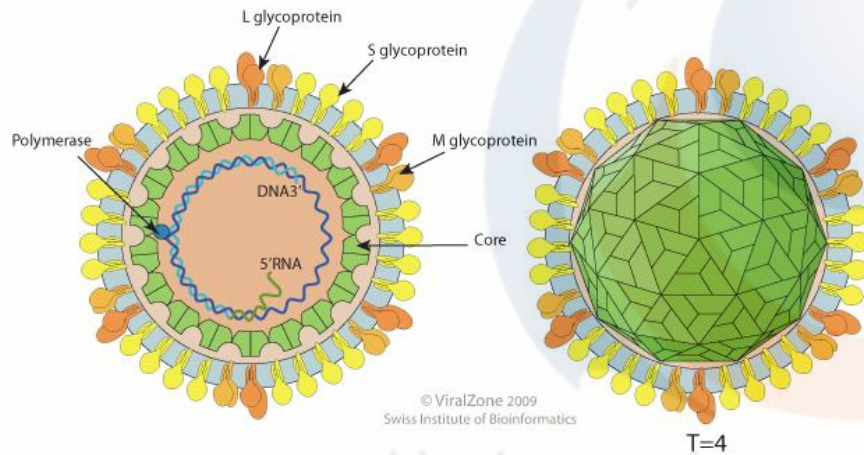


Gambar 10. Proses pembentukan protein dan replikasi DNA pada virus DNA untai tunggal (sumber: Flint et al, 2015).

Terdapat jenis genom yang cukup unik pada virus, yaitu genom DNA bercelah (*gapped DNA*) (Gambar 11). Genom ini terdapat pada virus yang masuk dalam famili *Hepadnaviridae*, salah satu contohnya yang terkenal adalah virus Hepatitis B. Bentuk genom ini cukup unik karena hanya sebagian yang berbentuk DNA untai ganda. Pembentukan genom DNA bercelah ini dihasilkan dari proses transkripsi balik RNA menggunakan enzim *reverse transcriptase* yang dihasilkan oleh virus.

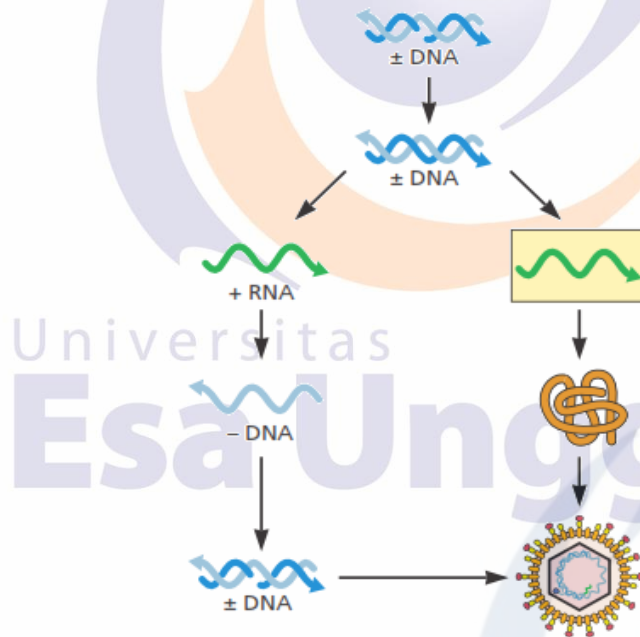


Gambar 11. Bentuk genom DNA bercelah (*gapped DNA*), yang memiliki struktur unik karena terdapat protein pada salah satu ujung 5' DNA dan juga adanya molekul RNA pada ujung 5' lain. Pada proses replikasi genom dan sintesis protein, kedua molekul ini harus dihilangkan (sumber: Flint et al, 2015).



Gambar 12. Struktur Hepadnaviridae yang memiliki genom DNA bercelah (gapped DNA) (sumber: www.viralzone.expasy.org).

Pada virus dengan genom ini, proses sintesis proteinnya dilakukan dengan membentuk DNA untai ganda terlebih dahulu. Setelah itu barulah dilakukan proses transkripsi dan translasi untuk pembentukan protein. (Gambar 13).

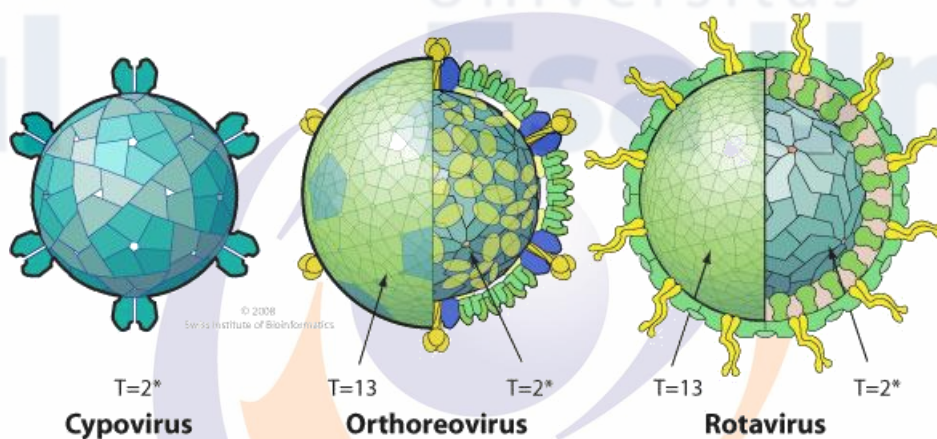


Gambar 13. Cara sintesis protein pada genom dengan DNA bercelah (*gapped DNA*) (sumber: Flint et al, 2015).

3.2 Virus RNA

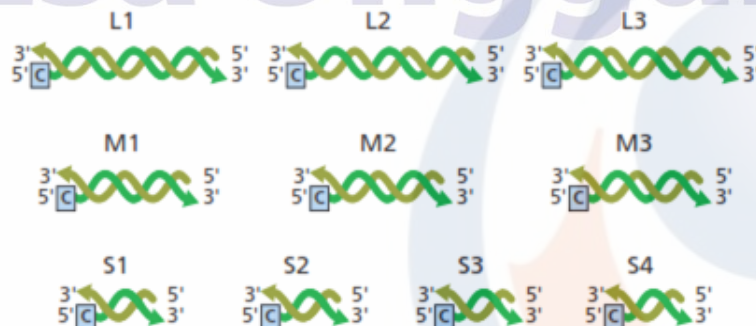
Pada virus RNA terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum memahami proses sintesis proteinnya dan juga penggandaan RNA nya, yaitu bahwa

pada virus ini terdapat enzim RNA polimerase yang dapat menghasilkan mRNA dari cetakan RNA (*RNA dependent RNA polymerase*). Hal ini tidak dapat dilakukan oleh sel inang. Enzim ini dapat membentuk mRNA sekaligus untuk menghasilkan untai RNA baru sebagai genom. Genom selanjutnya adalah yang terdapat pada virus RNA, yaitu **RNA untai ganda (dsRNA)**. Genom ini terdapat pada beberapa virus yang masuk dalam famili *Totiviridae*, *Reoviridae* dan *Endornoviridae*. Salah satu contoh virus yang masuk dalam kelompok ini adalah Rotavirus penyebab diare pada anak-anak.



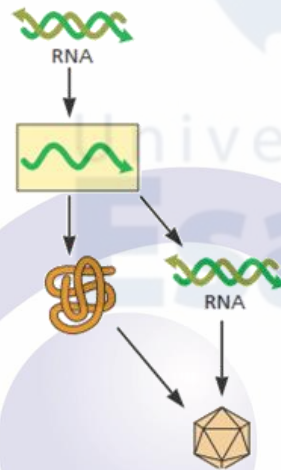
Gambar 14. Beberapa virus yang termasuk dalam famili Reoviridae (sumber: www.viralzone.expasy.org).

Bentuk genom ini dapat tersusun dari 1 (satu) segmen, bisa juga dalam bentuk bersegmen-segmen (Gambar 15). Contoh untuk genom RNA untai ganda yang bersegmen-segmen terdapat pada famili *Reoviridae*.



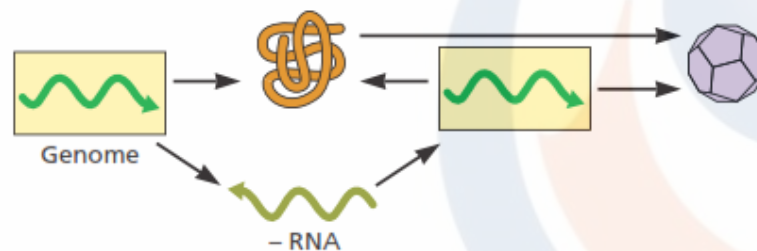
Gambar 15. Genom bersegmen-segmen pada famili *Reoviridae* (sumber: Flint et al, 2015).

Pada genom ini, terdapat 2 jenis untai RNA yaitu untai positif (+) dan untai negatif (-). Untai (+) tidak dapat digunakan untuk membentuk mRNA, sehingga untai (-) yang membentuk mRNA. Proses pembentukan mRNA ini menggunakan RNA polimerase yang dihasilkan oleh virus. Setelah mRNA terbentuk kemudian dilanjutkan dengan proses translasi untuk menghasilkan protein (Gambar 16).



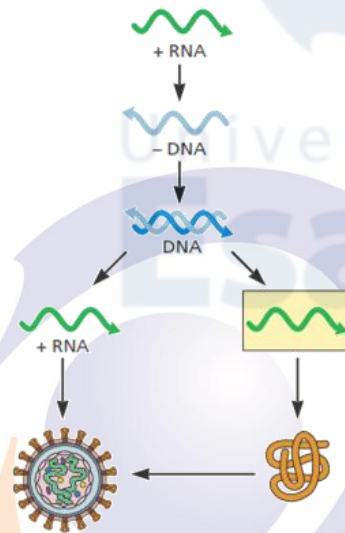
Gambar 16. Proses sintesis protein pada genom RNA untai ganda (dsRNA).

Genom selanjutnya masih pada virus RNA yaitu **RNA untai tunggal (ssRNA) dengan untai (+)**. Virus dengan genom ini merupakan kelompok virus yang paling banyak ditemui. Genom ini terdapat pada beberapa famili virus yaitu *Asteriviridae*, *Astroviridae*, *Caliciviridae*, *Coronaviridae*, *Flaviviridae*, *Hepeviridae*, *Nodaviridae*, *Picornaviridae* dan *Togaviridae*. Proses sintesis protein bisa dilakukan langsung dengan translasi untai (+) ini. Sedangkan untuk perbanyak genomnya, untai (+) diubah dahulu menjadi untai (-) kemudian digunakan untuk produksi untai (+) baru (Gambar 17).



Gambar 17. Proses sintesis protein pada genom RNA untai tunggal (ssRNA) dengan untai positif (+) (sumber: Flint et al, 2015).

Terdapat pula genom **RNA untai tunggal (ssRNA) untai positif (+) dengan DNA intermedier**. Pada genom ini proses sintesis proteinnya dilakukan dengan transkripsi balik RNA untai (+) menjadi DNA. Proses ini dilakukan dengan enzim *reverse transcriptase* dari virus. Setelah itu DNA digunakan untuk produksi protein maupun untuk membentuk genom RNA kembali (Gambar 18). Genom ini dimiliki oleh virus dari famili *Retroviridae*.



Gambar 18. Proses pembentukan protein pada genom RNA untai tunggal (ssRNA) untai (+) dengan DNA intermedier (sumber: Flint et al, 2015).

Kemudian terdapat juga genom **RNA untai tunggal (ssRNA) untai negatif (-)**. Genom ini terdapat pada virus-virus dalam famili *Bornaviridae*, *Filoviridae*, *Orthomyxoviridae*, *Paramyxoviridae* dan *Rhabdoviridae*. Dalam proses sintesis proteinnya untai (-) akan diubah dulu menjadi untai (+) untuk kemudian ditranslasi menjadi protein. Sedangkan untuk memperbanyak genomnya, untai (+) akan diubah kembali menjadi untai (-) (Gambar 19).



Gambar 19. Proses pembentukan protein pada genom RNA untai tunggal (ssRNA) untai (-) (sumber: Flint et al, 2015).

Demikianlah jenis-jenis genom yang ada pada virus. Sangat beragam, bisa dilihat dari jenisnya apakah DNA atau RNA, kemudian pada keduanya juga bisa berbentuk untai ganda atau tunggal. Kemudian jika kita amati lagi bentuknya bisa berupa sirkuler dan ada pula yang linier. Semoga pembelajaran hari ini memberikan tambahan pengetahuan bagi kalian. Jangan lupa juga selalu membaca referensi yang banyak tersedia untuk meningkatkan pengetahuan kalian.

C. Latihan

- a. Apakah yang dimaksud dengan genom?
- b. Genom pada virus tidak memiliki....
- c. Sistem pengelompokan virus berdasarkan genomnya disebut dengan...
- d. Virus DNA memiliki genom....
- e. Apakah penyusun material genetik virus sama dengan organisme?

D. Kunci Jawaban

- a. Genom adalah keseluruhan informasi genetik pada organisme.
- b. Gen yang mengkode ribosom dan rRNA.
- c. Sistem Baltimore.
- d. Genom DNA.
- e. Material genetik pada virus disusun oleh komponen yang sama seperti pada organisme.

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 et al, J, et al. 2015. Principles of Virology. 4th ed. ASM Press. Washington.
3. Pommerville, J.C. 2011. Alcamo's Fundamentals of Microbiology. 9th ed. Jones and Bartlett Publishers. Massachusetts.