

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*)

1. Model Pembelajaran

Model pembelajaran adalah suatu rencana atau pola yang bahkan dapat digunakan untuk membentuk kurikulum (rencana pembelajaran jangka panjang), merancang bahan-bahan pembelajaran, dan membimbing pembelajaran di kelas atau lingkungan belajar lain, Joyce & Weil dalam (Rusman, 2018:144).

Penggunaan model pembelajaran yang kurang tepat dapat menyebabkan siswa merasa bosan dan kurang paham akan materi yang disampaikan sehingga siswa kurang termotivasi akan pembelajaran yang berlangsung. Oleh karena itu, variasi model pembelajaran sangat dibutuhkan untuk perubahan suasana dalam pembelajaran.

2. Model *Project Based Learning* (PJBL)

Model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) adalah berupa kegiatan pemberian tugas kepada siswa untuk dikerjakan secara berkelompok dimana siswa dituntut untuk membaca, mengamati, dan meneliti. Model PjBL adalah sebuah model yang memfokuskan pada permasalahan nyata dan adanya sebuah proyek agar memotivasi siswa untuk lebih aktif dalam pembelajaran (Putri et al., 2022:291). Model pembelajaran ini melibatkan siswa dalam kegiatan pemecahan masalah dan tugas-tugas lainnya, memberikan peluang kepada siswa untuk bekerja sendiri dengan ide-ide kreatif yang di miliki oleh siswa dan kemudian akan menghasilkan proyek atau produk sebagai media pemecahan masalah dalam pembelajaran yang berlangsung.

Project based learning memungkinkan guru untuk “belajar dari siswa” dan “belajar bersama siswa”. Pembelajaran melalui PJBL juga dapat digunakan juga sebagai sebuah metode belajar untuk

mengembangkan kemampuan siswa dalam membuat perencanaan, berkomunikasi, menyelesaikan masalah dan membuat keputusan.

Model pembelajaran *Project Based Learning* juga sering disebut pembelajaran berbasis proyek. Pembelajaran *Project Based Learning* merupakan model pendekatan pembelajaran inovatif dengan kerja proyek, dimana siswa perlu merancang, memecahkan masalah, mengambil keputusan, melakukan kegiatan penelitian, dan memberikan kesempatan kepada siswa untuk bekerja secara mandiri. (Purta & Basuki, 2018:11)

Project based learning dapat diartikan sebagai sebuah pembelajaran jangka panjang yang melibatkan peserta didik dalam merancang, membuat dan memamerkan produk hasil dari mengatasi suatu permasalahan. Model *project based learning* merupakan sebuah strategi belajar mengajar yang melibatkan siswa secara aktif dalam mengerjakan sebuah proyek. Pembelajaran berbasis proyek juga merupakan pendekatan pendidikan yang efektif yang berfokus pada kreativitas berfikir, pemecahan masalah dan interaksi antara siswa dengan teman sebaya mereka untuk menciptakan dan menggunakan pengetahuan baru.

Melalui model pembelajaran ini, siswa juga akan dapat diharapkan menjadi aktif menyelidiki (belajar) dengan menyajikan dunia nyata (bukan abstrak) kepada mereka. Adanya peluang untuk menyampaikan ide, mendengarkan ide-ide orang lain, dan merefleksikan ide sendiri pada ide-ide orang lain, adalah suatu bentuk pengalaman pemberdayaan individu. Proses interaktif dengan kawan sejawat itu membantu proses konstruksi pengetahuan (*meaning making process*).

3. Langkah-langkah Pelaksanaan Proses Pembelajaran Berbasis *Project Based Learning*

Tabel 2.1
Langkah-langkah PJBL

Sintaks Model PjBl	Keterangan
Penentuan Pertanyaan Mendasar	Tahap ini sebagai langkah awal agar peserta didik mengamati lebih dalam terhadap pertanyaan yang muncul dari fenomena yang ada.
Membuat Desain Proyek	Sebagai langkah nyata menjawab pertanyaan yang ada disusunlah suatu perencanaan proyek bisa melalui percobaan.
Menyusun Penjadwalan	Penjadwalan sangat penting agar proyek yang dikerjakan sesuai dengan waktu yang tersedia sesuai dengan target.
Memonitor Kemajuan Proyek	Guru melakukan monitoring terhadap pelaksanaan dan perkembangan proyek. Peserta didik mengevaluasi proyek yang sedang dikerjakan.
Penilaian Hasil	Langkah ini dilakukan untuk memberikan penilaian terhadap proyek yang sedang dikerjakan.
Evaluasi Pengalaman	Tahapan ini dilakukan agar siswa dapat menyampaikan perasaan dan pengalamannya selama mengerjakan proyek.

Sumber: (Ari Yulianto, 2017:2)

4. Tujuan Model pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*)

Tujuan model pembelajaran berbasis proyek (*project based learning*) yaitu:

- a. Meningkatkan kemampuan peserta didik dalam pemecahan masalah proyek.
- b. Memperoleh pengetahuan dan keterampilan baru dalam pembelajaran.

- c. Membuat peserta didik lebih aktif dalam memecahkan masalah proyek yang kompleks dengan hasil produk nyata.
- d. Mengembangkan dan meningkatkan keterampilan peserta didik dalam mengelola bahan atau alat untuk menyelesaikan tugas atau proyek.
- e. Meningkatkan kolaborasi peserta didik khususnya pada PJBL yang bersifat kelompok.

5. Kelebihan dan Kekurangan Model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*)

Kelebihan dan kekurangan dari model pembelajaran berbasis proyek (*project based learning*) adalah sebagai berikut:

- a. Kelebihan Pembelajaran Berbasis Proyek:
 - 1) Meningkatkan motivasi belajar peserta didik untuk belajar, mendorong kemampuan mereka untuk melakukan pekerjaan penting, dan mereka perlu untuk dihargai.
 - 2) Meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.
 - 3) Membuat peserta didik menjadi lebih aktif dan berhasil memecahkan problem-problem yang kompleks.
 - 4) Meningkatkan kolaborasi.
 - 5) Mendorong peserta didik untuk mengembangkan dan mempraktikkan keterampilan komunikasi.
 - 6) Meningkatkan keterampilan peserta didik dalam mengelola sumber.
 - 7) Memberikan pengalaman kepada peserta didik pembelajaran dan praktik dalam mengorganisasi proyek, dan membuat alokasi waktu dan sumber-sumber lain seperti perlengkapan untuk menyelesaikan tugas.
 - 8) Menyediakan pengalaman belajar yang melibatkan peserta didik secara kompleks dan dirancang untuk berkembang sesuai dunia nyata.
 - 9) Membuat suasana belajar menjadi menyenangkan, sehingga peserta didik maupun pendidik menikmati proses pembelajaran.

b. Kekurangan Pembelajaran Berbasis Proyek:

- 1) Memerlukan banyak waktu untuk menyelesaikan masalah.
- 2) Membutuhkan biaya yang cukup banyak.
- 3) Banyak instruktur yang merasa nyaman dengan kelas tradisional, di mana instruktur memegang peran utama di kelas.
- 4) Banyaknya peralatan yang harus disediakan.
- 5) Peserta didik yang memiliki kelemahan dalam percobaan dan pengumpulan informasi akan mengalami kesulitan.
- 6) Ada kemungkinan peserta didik yang kurang aktif dalam kerja kelompok.
- 7) Ketika topik yang diberikan kepada masing-masing kelompok berbeda, dikhawatirkan peserta didik tidak bisa memahami topik secara keseluruhan.

Untuk mengatasi kelemahan dari pembelajaran berbasis proyek di atas seorang pendidik harus dapat mengatasi dengan cara memfasilitasi peserta didik dalam menghadapi masalah, membatasi waktu peserta didik dalam menyelesaikan proyek, meminimalis dan menyediakan peralatan yang sederhana yang terdapat di lingkungan sekitar, memilih lokasi penelitian yang mudah dijangkau sehingga tidak membutuhkan banyak waktu dan biaya, menciptakan suasana pembelajaran yang menyenangkan sehingga instruktur dan peserta didik merasa nyaman dalam proses pembelajaran.

B. Motivasi Belajar

1. Motivasi Belajar

Motivasi adalah perubahan energi dalam diri seseorang yang ditandai dengan munculnya *feeling* dan didahului dengan tanggapan terhadap adanya tujuan, Donald dalam (Musab & Witri, 2019:8). Ada tiga komponen pokok dalam motivasi yaitu menggerakkan, dimana motivasi menimbulkan kekuatan kepada seseorang untuk bertindak sesuatu. Yang kedua adalah mengarahkan, motivasi mengarahkan tingkah laku seseorang

terhadap tujuannya, dan yang ketiga adalah motivasi menopang, artinya motivasi menjaga dan menopang tingkah laku dimana keadaan lingkungan sekitar individu juga harus menguatkan dorongan dan kekuatan yang ada dalam individu.

Motivasi adalah suatu dorongan kehendak yang menyebabkan seseorang melakukan suatu perbuatan untuk mencapai tujuan tertentu (Ahmad Susanto, 2018:32). Dapat disimpulkan bahwa, motivasi adalah suatu perubahan untuk mencapai tujuan yang diinginkan yang diperoleh dari dorongan orang lain ataupun dari dalam diri sendiri yang bersifat membangun.

Terdapat dua faktor yang membuat seseorang dapat termotivasi untuk belajar, yaitu: 1) motivasi belajar berasal dari faktor internal. Motivasi ini terbentuk karena kesadaran diri atas pemahaman betapa pentingnya belajar untuk mengembangkan dirinya dan bekal untuk menjalani kehidupan; dan 2) motivasi belajar dari faktor eksternal, yaitu dapat berupa rangsangan dari orang lain, atau lingkungan sekitarnya yang dapat memengaruhi psikologis orang yang bersangkutan. Faktor-faktor intrinsik yang mempengaruhi motivasi belajar siswa ialah: (1) minat terhadap bidang ilmu yang dipelajarinya; dan (2) orientasinya dalam mengikuti pendidikan tinggi. Sementara untuk faktor-faktor ekstrinsiknya ialah: (1) kualitas guru yang mengajar; (2) bobot materi pelajaran yang diajarkan; (3) metode pembelajaran yang digunakan guru; (4) kondisi dan suasana ruang kelas; dan (5) fasilitas perpustakaan yang dapat dimanfaatkan oleh siswa.

Motivasi dan belajar merupakan dua hal yang sangat berkaitan, motivasi belajar merupakan hal pokok yang ada dalam kegiatan belajar mengajar, sehingga tanpa motivasi seseorang tidak dapat melakukan kegiatan belajar dengan baik dalam artian siswa tersebut tidak akan fokus terhadap kegiatan belajar yang berlangsung. Motivasi merupakan penggerak seseorang dalam melakukan sesuatu untuk tujuan yang dikehendaki oleh para siswa.

2. Indikator motivasi belajar

Menurut Raymond dan Judith dalam (Syafi'i, 2018: 48), indikator motivasi belajar yaitu sebagai berikut:

- a. Menghargai dan menikmati aktivitas belajar
- b. Senang memecahkan persoalan-persoalan dalam belajar
- c. Tertarik untuk selalu belajar yang menunjukkan kepada arah yang positif
- d. Senang melakukan hal-hal yang membimbingnya kepada sesuatu
- e. Selalu menginginkan sesuatu yang sulit.

3. Prinsip Motivasi Belajar

Agar peranan motivasi lebih maksimal, maka prinsip motivasi dalam belajar tidak hanya diketahui, tetapi harus juga diterangkan dalam kegiatan belajar mengajar. Menurut Permatasari (2018:42) ada beberapa prinsip motivasi dalam belajar, yaitu sebagai berikut:

- a. Motivasi sebagai dasar penggerak yang mendorong aktivitas belajar

Seseorang yang berminat untuk belajar belum tentu mempunyai motivasi belajar yang penuh. Minat merupakan kecenderungan psikologis yang menyenangkan suatu objek, tetapi belum sampai tahap yang melakukan kegiatan tersebut. Namun, minat juga merupakan alat motivasi dalam belajar.

- b. Motivasi intrinsik lebih utama daripada motivasi ekstrinsik dalam belajar

Efek yang sangat tidak diharapkan dalam motivasi ekstrinsik dalam belajar adalah siswa yang cenderung ketergantungan terhadap segala sesuatu di luar dirinya. Selain kurang percaya diri, siswa menjadi seseorang yang bermental pengharapan dan mudah terpengaruh oleh semua hal. Oleh karena itu, motivasi intrinsik lebih utama dalam belajar, karena berasal dari dalam diri siswa tersebut dan menjadi pendorong untuk melakukan kegiatan atau tindakan belajar.

c. Motivasi berupa pujian lebih baik daripada hukuman

Memuji orang lain berarti memberikan penghargaan kepada seseorang terhadap prestasi kerja yang telah dilakukan. Hal ini memberikan semangat kepada seseorang untuk lebih baik lagi dalam meningkatkan prestasi kerjanya. Tetapi, pujian juga harus bisa mengetahui tempat dan situasi yang terjadi karena bisa saja hal tersebut dianggap sebagai ejekan terhadap seseorang tersebut.

Berbeda halnya dengan pujian, hukuman merupakan hal yang dilakukan dengan untuk menghentikan seseorang tersebut melakukan tindakan negatif yang dilakukannya.

d. Motivasi berhubungan erat dengan kebutuhan dalam belajar

Di dalam dunia pendidikan siswa membutuhkan penghargaan. Berbagai peranan dalam kehidupan yang dipercayakan kepadanya yang dipercayakan kepadanya sama halnya dengan memberikan rasa percaya diri kepada siswa. Perhatian, ketenaran, status, martabat, dan sebagainya merupakan kebutuhan yang wajar bagi siswa, karena hal tersebut merupakan salah satu hal yang mendorong siswa untuk termotivasi dalam belajar.

e. Motivasi melahirkan prestasi dalam belajar

Dari berbagai hasil penelitian membuktikan bahwa motivasi dalam belajar dapat meningkatkan prestasi siswa. Tinggi rendahnya motivasi selalu dijadikan indikator baik buruknya prestasi belajar seorang siswa.

4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Motivasi Belajar

Faktor-faktor yang mempengaruhi motivasi belajar adalah, sebagai berikut:

a. Guru

Guru berperan penting dalam kegiatan belajar mengajar di sekolah. Guru juga berperan dalam mempengaruhi motivasi belajar siswa melalui metode pembelajaran yang digunakan dalam menyampaikan materi pelajaran. Guru harus menggunakan metode pembelajaran yang

sesuai dengan materi yang akan disampaikan karena sangat berpengaruh pada salah satu tujuan dari belajar itu sendiri.

b. Orang Tua dan Keluarga

Tidak hanya Guru di sekolah, tetapi orang tua dan juga keluarga di rumah juga sangat berperan penting dalam hal mendorong, membimbing, dan mengarahkan anak untuk lebih giat dalam belajar. Orang tua dan keluarga harus bisa mendorong dan membimbing serta mengarahkan anak dalam menghadapi kesulitan-kesulitan yang terjadi dalam belajar. Saat anak tersebut dapat memahami konsep di dalam pelajaran, anak akan dengan mudah termotivasi untuk belajar lebih giat dan serius.

c. Masyarakat dan Lingkungan

Masyarakat dan lingkungan juga mempengaruhi anak dalam motivasi belajar. Lingkungan yang mempengaruhi anak dalam motivasi belajar adalah teman sepermainan. Seorang anak yang rajin melakukan kegiatan belajar secara rutin akan mempengaruhi dan mendorong anak lain untuk melakukan hal yang sama dan secara tidak langsung motivasi belajar dalam diri anak tersebut muncul bersamaan dengan apa yang dilihatnya pada teman sepermainannya tersebut.

C. Kemampuan Berfikir Kreatif

Kreativitas itu merupakan suatu konsep yang mengandung unsur kebebasan untuk berpikir, bertindak dan menghasilkan suatu karya (Supriatna dan Maulidah, 2020:16). Kreativitas itu adalah suatu proses yang tercermin dalam kelancaran (*fluency*), kelenturan (*fleksibilitas*) dan originalitas dalam berpikir. Kreativitas sebagai kemampuan untuk memberikan gagasan-gagasan baru yang dapat diterapkan dalam pemecahan masalah, atau sebagai kemampuan untuk melihat hubungan-hubungan baru antara unsur-unsur yang sudah ada sebelumnya.

Kreativitas peserta didik sangat diperlukan dalam pembelajaran, karena dengan kreativitas yang dimiliki peserta didik tersebut dapat menghasilkan

suatu pemikiran yang baru serta dapat memberikan gagasan-gagasan baru yang dapat diterapkan dalam pemecahan masalah. Pengertian ini menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kreatif seseorang makin tinggi, jika ia mampu menunjukkan banyak kemungkinan jawaban pada suatu masalah. Berpikir (*thinking*) adalah proses mental seseorang yang lebih dari sekedar mengingat (*remembering*) dan memahami (*comprehending*)”

1. Kemampuan Berfikir Kreatif

Berfikir kreatif adalah berfikir yang memberikan perspektif yang baru atau menangkap peluang yang baru hingga menghasilkan ide-ide yang baru dan belum pernah ada (Mulyaningsih, 2018:34). Berpikir kreatif merupakan kemampuan berpikir yang dilatih secara terus menerus dengan memperhatikan naluri, meningkatkan imajinasi dan ide-ide yang menarik (Ananda, 2019:4). Berpikir kreatif adalah kemampuan seseorang yang didapatkan atau berdasarkan suatu informasi untuk menghasilkan suatu ide baru, baik berupa karya nyata maupun pemikiran yang berbeda dengan ide sebelumnya (Hikmah & Agustin, 2018:3).

Kemampuan berfikir kreatif sangat diperlukan baik untuk masa ini ataupun dimasa yang akan datang, terutama untuk menghadapi keadaan dunia yang selalu berubah-ubah (Muthahara,dkk. 2018:64). Siswa yang memiliki kemampuan berpikir kreatif dapat berpikir lancar (*fluency*) yaitu memunculkan banyak ide dan jawaban dalam menyelesaikan masalah; berpikir luwes (*flexibility*) yaitu meliputi menghasilkan jawaban yang bervariasi; berpikir orisinal (*originality*) yaitu mampu melahirkan jawaban yang unik serta dapat memikirkan cara yang tak lazim; berpikir elaborasi (*elaboration*) yaitu mengembangkan suatu gagasan dengan menambah atau merinci suatu gagasan (Munandar Putra 2018: 48).

Terdapat dua faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan berfikir kreatif yaitu faktor dorongan dari dalam diri individu (internal) dan faktor dorongan dari lingkungan atau luar diri individu (eksternal). Kemampuan berpikir kreatif dapat diketahui dari keahlian menganalisis suatu data, serta memberikan respons penyelesaian masalah yang

bervariasi (Dewi, dkk. 2019:236). Untuk melatih kemampuan berfikir peserta didik perlu dirancang instrumen yang valid. Instrumen tersebut meliputi soal non-rutin yang dapat melatih kemampuan berfikir kreatif peserta didik.

2. Indikator Kemampuan Berfikir Kreatif

Sejumlah tes kreativitas telah disusun dan digunakan, diantaranya tes Torrance untuk mengukur pemikiran kreatif (Torrance Test Of Creative Thinking: TTCT). Ada empat indikator berfikir kreatif yang diukur melalui tes ini, yaitu: kelancaran, keluwesan, keaslian dan merinci.

Tabel 2.2

Indikator Kemampuan Berfikir Kreatif

Indikator Kemampuan Berfikir Kreatif	Sub Indikator Kemampuan Berfikir Kreatif
Kelancaran (<i>fluency</i>)	a. Menghasilkan banyak gagasan yang relevan b. Menghasilkan semangat belajar c. Arus pemikiran lancar
Keluwesan (<i>flexibility</i>)	a. Menghasilkan gagasan yang sama b. Mampu mengubah cara c. Arah pemikiran berbeda
Keaslian (<i>originality</i>)	a. Menghasilkan gagasan yang tidak lazim b. Menghasilkan gagasan lain daripada yang lainnya c. Menghasilkan gagasan yang jarang diberikan kebanyakan orang
Merinci (<i>elaboration</i>)	a. Mengembangkan, menambah dan memperkaya gagasan b. Merinci secara detail c. Memperluas suatu gagasan

Sumber: (Andiyana, 2018:241)

3. Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis proyek Terhadap Kemampuan Berfikir Kreatif

PJBL merupakan model pembelajaran yang sudah banyak digunakan dan dikembangkan di negara-negara maju seperti Amerika Serikat. Beberapa penelitian menunjukkan, bahwa model PJBL merupakan salah satu strategi pembelajaran yang dapat membantu peserta didik agar memiliki kreativitas berfikir, pemecahan masalah dan interaksi untuk membantu dalam penyelidikan yang mengarah pada penyelesaian masalah-masalah nyata.

Pembelajaran berbasis proyek dapat mengembangkan kemampuan berfikir kreatif, ide untuk membuat proyek serta melaksanakan pembuatan proyek yang membutuhkan kreativitas siswa, melalui proses belajar yang mencakup:

- a. Pengembangan imajinasi,
- b. Menghasilkan sesuatu yang orisinal (asli),
- c. Meningkatkan produktivitas,
- d. Penyelesaian masalah,
- e. Menghasilkan sesuatu yang bernilai.

Model PJBL berfokus pada pembelajaran aktif dimana siswa mengeksplorasi pertanyaan yang autentik, menanyakan dan menyelidiki konsep, mengembangkan rencana, secara reflektif mengevaluasi solusi, dan menghasilkan banyak gagasan. Hal tersebut bersesuaian dengan definisi berpikir kreatif yaitu keterampilan individu dalam menggunakan proses berpikirnya untuk menghasilkan suatu ide yang baru, konstruktif, dan baik, berdasarkan konsep-konsep yang rasional, serta merupakan pemikiran yang bersifat asli, reflektif, dan menghasilkan suatu produk yang kompleks.

Topiknya umumnya merupakan masalah yang bisa diatasi oleh siswa dengan eksperimen atau observasi. Setiap individu atau kelompok mulai menyelidiki informasi tentang topik tertentu. Dengan demikian, siswa menawarkan saran untuk memecahkan masalah, saran ini

dinamakan sebagai rencana proyek di sekolah tersebut. Kemudian, setiap individu atau kelompok mengumpulkan informasi dan dokumen yang diperlukan untuk membuktikan atau mendukungnya. Berdasarkan kajian literatur tersebut, sangat erat kaitannya antara model PJBL dengan kemampuan berpikir kreatif. Dimana PJBL sebagai alternatif model pembelajaran dianggap dapat mengembangkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik melalui tugas proyek yang diberikan sehingga peserta didik dapat membangun pengetahuannya dengan hasil pemikirannya sendiri.

D. Materi Pembelajaran Virus

1. Virus

Virus termasuk bagian dari mikroorganisme. Dinamakan bagian dari mikroorganisme karena merupakan makhluk hidup dengan ukuran hanya beberapa mikro atau mungkin lebih kecil dari itu, karena 1 mikron sama dengan 0,001 mm. Virus berasal dari bahasa Latin yang berarti “racun”. Hampir semua virus mampu menyebabkan berbagai macam penyakit yang dapat menyebar diantara organisme (Campbell, 2020).

2. Sejarah Penemuan Virus

Penyakit yang menyerang tanaman tembakau dapat menghalangi pertumbuhan tembakau dan menyebabkan daun tembakau bertotol-totol atau mosaik. Seorang ilmuwan Jerman yang bernama Adolf Mayer pada tahun 1883, menemukan bahwa penyakit ini bisa menular dari tanaman ke tanaman lain dengan cara menggosokkan getah yang telah diekstrak dari daun tembakau yang berpenyakit ke daun tembakau yang sehat. Setelah gagal mencari mikroba yang menginfeksi getah tersebut, Mayer berpendapat bahwa penyakit mosaik tembakau disebabkan oleh bakteri yang luar biasa kecil sehingga tidak bisa dilihat di mikroskop. Hipotesis ini diuji oleh Dimirti Ivanowsky pada tahun 1892, seorang ahli biologi Rusia yang menyaring getah dari daun tembakau yang terinfeksi melalui filter yang dirancang untuk menahan bakteri. Setelah filtrasi, getah tetap

saja menyebabkan penyakit mosaik. Ivanowsky berpendapat sama dengan Mayer bahwa penyebab penyakit mosaik tembakau adalah bakteri (Campbell, 2020).

Seorang ahli botani Belanda, Martinus Beijerinck melaksanakan serangkaian percobaan yang menunjukkan bahwa agen penginfeksi dalam getah yang difilter dapat bereproduksi. Faktanya patogen itu hanya bereproduksi dalam sel inang yang terinfeksi. Beijerinck membayangkan suatu partikel yang bisa bereproduksi, berukuran jauh lebih kecil dan lebih sederhana daripada bakteri. Kecurigaan ini di konfirmasi pada tahun 1935 ketika Wendell Stanley seorang ilmuwan Amerika mengkristalkan partikel penginfeksi, kini dikenal sebagai *Tobacco Mosaic Virus* (TMV). Setelah itu, TMV dan berbagai jenis virus lainnya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron (Campbell, 2020).

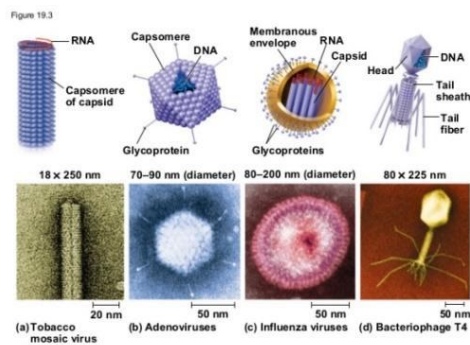
3. Ciri-ciri Virus

Dibawah ini merupakan ciri-ciri virus (Campbell, 2020), yaitu:

- Virus bersifat aseluler (tidak mempunyai sel).
- Berukuran sangat kecil sekitar 20-300 nm.
- Dapat dikristalkan (sebagai benda tak hidup).
- Dalam tubuh virus terkandung salah satu asam nukleat, DNA atau RNA saja.
- Tidak dapat memperbanyak diri tanpa sel inang, karena virus bersifat parasit obligat.

4. Struktur Virus

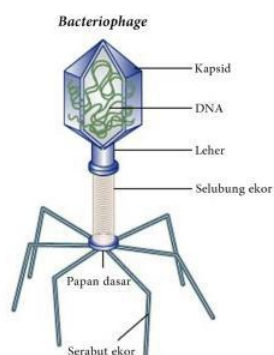
Virus dapat berbentuk oval, batang (memanjang), huruf T, dan dapat juga berbentuk bulat. Cangkang protein yang menyelubungi genom virus disebut kapsid. Bentuk kapsid tergantung pada bentuk dari virus. Kapsid tersusun atas banyak sub-unit protein yang disebut kapsomer (Campbell, 2020).



Sumber: Campbell, 2020

Gambar 2.1 Bentuk virus

Sejumlah virus memiliki struktur aksesoris yang membantu virus menginfeksi inang. Misalnya, amplop atau disebut membran luar yang mengelilingi kapsid virus influenza dan banyak virus lain yang di temukan di hewan dan manusia. Virus yang dilengkapi dengan amplop digunakan untuk sel inang. Glikoprotein virus menjalar di permukaan luar amplop. Bagian ini berikatan ke molekul reseptor spesifik pada permukaan sel inang (Campbell, 2010). Virus kompleks seperti pada virus bakteriofag memiliki struktur tambahan, yaitu selubung ekor, papan dasar, dan serabut ekor. Papan dasar dan serabut ekor berfungsi untuk melekat dan menginfeksi inangnya. Contoh virus kompleks ini adalah bakteriofag T4.



Sumber: faisalimamprasetyo.blogspot.co.id

Gambar 2.2 Bakteriofag T4

5. Reproduksi Virus

Infeksi virus dimulai ketika genom virus menembus masuk ke sel inang. Mekanisme masuknya genom bergantung pada tipe virus dan tipe sel inang. Misalnya, fag T menggunakan ekornya untuk menyuntikan

DNA ke dalam bakteri. Virus-virus lain masuk melalui endositosis. Pada virus yang beramplop, berfusi antara amplop virus dengan membrane plasma. Ketika genom virus berada di dalam sel hidup inangnya, protein-protein yang dikodekan dapat membajak inang, memprogram ulang sel untuk menyalin asam nukleat virus dan membuat protein-protein virus (Campbell, 2020).

Tipe siklus reproduksi virus yang paling sederhana berakhir dengan keluarnya ratusan atau ribuan virus dari sel inang yang terinfeksi. Fag adalah virus yang paling sederhana, walaupun sebagian diantaranya tergolong virus yang paling kompleks. Fag T4 bereproduksi melalui dua mekanisme, yaitu:

a. Siklus Litik

Siklus reproduksi fag T4 yang mencapai puncaknya pada kematian sel inang dikenal sebagai siklus litik. Istilah ini mengacu pada tahap infeksi terakhir, ketika bakteri lisis (pecah) dan melepaskan fag-fag yang dihasilkan dalam sel inang (Campbell, 2020). Ada beberapa tahapan dalam siklus lisis, yaitu tahap adsorpsi (pelekatan), tahap injeksi (masuknya DNA virus), tahap sintesis (pembentukan), tahap perakitan, dan tahap litik (pelepasan).

1) Tahap Adsorpsi

Pada tahap ini, ekor fag mulai menempel di dinding sel bakteri. Fag menempel pada dinding sel yang mengandung protein khusus yang dapat ditempel protein fag. Menempelnya fag pada dinding sel disebabkan oleh adanya reseptor pada ujung serabut ekor. Setelah menempel, fag akan mengeluarkan enzim lisozim yang dapat menghancurkan atau membuat lubang pada inang.

2) Tahap Injeksi

Seludang ekor berkontraksi, menyuntikkan DNA fag ke dalam sel inang dan meninggalkan kapsid kosong di luar. DNA sel kemudian dihidrolisis (Campbell, 2020).

3) Tahap Sintesis

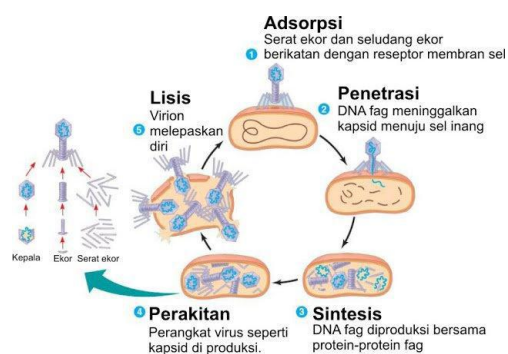
Fag tidak dapat melakukan sintesis sendiri, tetapi fag akan melakukan sintesis dengan menggunakan sel inangnya. Setelah DNA disuntikkan ke dalam sel bakteri, segera menimbulkan perubahan-perubahan besar pada metabolisme sel yang terinfeksi. Enzim penghancur yang dihasilkan oleh fag akan menghancurkan DNA bakteri yang menyebabkan sintesis DNA bakteri terhenti. Posisi ini digantikan oleh DNA fag yang kemudian mengendalikan kehidupannya. Dengan fasilitasi dari DNA bakteri yang sudah tidak berdaya, DNA fag akan mereplikasikan diri berulang kali dalam jumlah yang sangat banyak. DNA fag kemudian akan mengendalikan sintesis DNA dan protein yang akan dijadikan kapsid fag.

4) Tahap Perakitan

Pada tahap ini, kapsid fag yang masih terpisah-pisah antara kepala, ekor, dan serabut ekor akan mengalami proses perakitan menjadi kapsid yang utuh. Kemudian kepala yang sudah terbentuk diisi dengan DNA fag. Proses ini dapat menghasilkan 100-200 buah.

5) Tahap Lisis

Dinding bakteri yang sudah dilunakkan oleh enzim lisozim akan pecah dan diikuti oleh pembebasan virus-virus baru yang siap untuk mencari sel-sel baru.



Sumber: referensibebas.com

Gambar 2.3 Siklus Litik

b. Siklus Lisogenik

Berbeda dengan siklus lisis yang membunuh sel inang, siklus lisogenik memungkinkan replikasi genom fag tanpa menghancurkan inang. Fag yang mampu menggunakan kedua reproduksi dalam bakteri disebut **fag temperat**. Fag temperat yang disebut lamda (λ), sering digunakan dalam penelitian biologi. Fag λ menyerupai T4, namun ekornya hanya satu, dengan serat ekor yang pendek (Campbell, 2020).

Pada siklus lisogenik, tahap yang dilalui lebih banyak daripada siklus litik. Tahap adsorpsi dan tahanan injeksi sama dengan siklus litik. Akan tetapi, sebelum tahap sintesis terlebih dahulu virus melewati tahap penggabungan dan tahap pembelahan. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan perakitan dan tahap litik.

1) Tahap Adsorpsi dan Tahap Injeksi

Tahap adsorpsi dan tahap injeksi pada siklus lisogenik sama seperti pada siklus litik.

2) Tahap Penggabungan

Tahap ini adalah tahap ketika DNA fag masuk ke dalam tubuh bakteri dan terjadinya penggabungan antara DNA bakteri dan DNA fag. Proses ini terjadi ketika DNA yang berbentuk kalung tak berujung pangkal terputus sehingga DNA fag menyisip diantara DNA bakteri yang terputus tadi. Kemudian terbentuklah DNA utuh yang terinfeksi atau tersisipi DNA fag.

3) Tahap Pembelahan

DNA fag telah tersambung dengan DNA bakteri. DNA fag tidak dapat bergerak atau disebut **profag**. Karena bergabung dengan DNA bakteri, ketika DNA bakteri melakukan replikasi selnya secara langsung, profag juga melakukan replikasi. Demikian juga ketika sel bakteri mengalami pembelahan, secara langsung dua anak sel bakteri yang mengandung profag tersebut

juga ikut mengalami pembelahan. Dengan kata lain jumlah profag sama dengan jumlah bakteri inangnya.

4) Tahap Sintesis

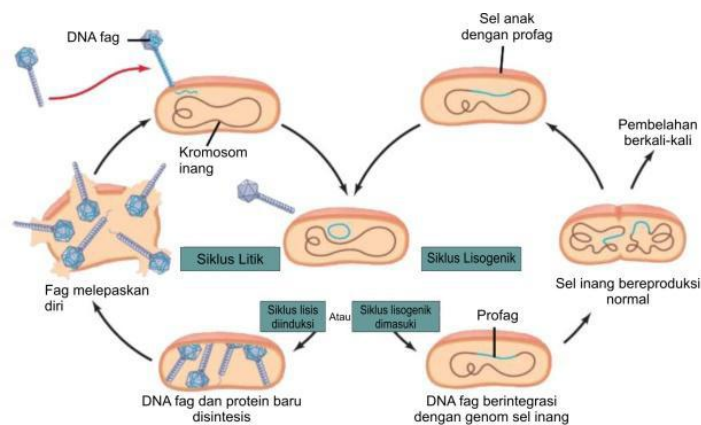
Pada kondisi lingkungan tertentu, profag menjadi aktif. Profag dapat saja memisahkan diri dengan DNA bakteri dan merusak DNA bakteri. Kemudian menggantikan peran DNA bakteri dengan DNA fag untuk sintesis protein yang berfungsi sebagai kapsid bagi fag-fag baru dan replikasi DNA.

5) Tahap Perakitan

Pada tahap ini, terjadi perakitan kapsid-kapsid virus yang utuh sebagai selubung virus. Setelah kapsid virus utuh, diisi dengan DNA hasil replikasi, terjadi virus-virus baru.

6) Tahap Lisis

Tahap ini sama seperti tahap litik pada siklus lisis saat dinding bakteri akan pecah dan virus baru berhamburan keluar. Virus baru ini akan menyerang bakteri lain. Begitu seterusnya, virus akan mengalami siklus lisis dan siklus lisogenik.



Sumber: q4sains.wordpress.com

Gambar 2.4 Siklus Lisogenik

6. Peran Virus bagi Kehidupan

a. Virus yang Menguntungkan

DNA sebagai pembawa materi genetik dapat mengubah sifat makhluk hidup. Dalam siklus lisogenik, penggabungan DNA bakteri dan DNA virus menjadikan DNA bakteri mengandung DNA virus. Pada saat DNA virus aktif dan DNA hancur, sebagian DNA bakteri tidak hancur sehingga sebagian DNA virus tetap membawa gen bakteri. Jika di dalam DNA virus terkandung DNA bakteri A dan DNA virus tersebut menginfeksi bakteri B, di dalam bakteri B mengandung DNA virus dan DNA bakteri A. Dengan demikian, sebagian sifat bakteri A dapat dimiliki oleh bakteri B. Berdasarkan teori di atas, virus dapat berperan sebagai berikut:

1) Memproduksi Vaksin

Vaksin merupakan patogen yang telah dilemahkan sehingga tidak berbahaya jika menyerang manusia.

2) Membuat Antitoksin

Antitoksin dapat dibuat dengan menggabungkan DNA virus dan gen yang mempunyai sifat menguntungkan sehingga jika virus menginfeksi bakteri, di dalam sel bakteri tersebut terkandung gen yang menguntungkan.

3) Melemahkan Bakteri

Virus yang menyerang bakteri patogen merupakan virus yang menguntungkan. Jika DNA virus lisogenik menginfeksi DNA bakteri patogen, bakteri tersebut menjadi melemah atau tidak bahaya.

b. Virus yang Merugikan

Infeksi virus tentunya dapat menyebabkan penyakit pada makhluk hidup seperti pada manusia, tanaman, hewan. Infeksi virus dapat menghasilkan gejala-gejala melalui sejumlah rute yang berbeda virus mungkin merusak atau membunuh sel dengan cara menyebabkan pelepasan enzim-enzim. Sejumlah virus menyebabkan sel yang

terinfeksi menghasilkan toksin yang menimbulkan gejala penyakit, dan sejumlah virus lain memiliki komponen molekuler yang toksik, misalnya amplop. Besarnya kerusakan tergantung pada kemampuan jaringan yang terinfeksi untuk bergenerasi melalui pembelahan sel (Campbell, 2020).

c. Penyakit yang disebabkan oleh virus

Adapun penyakit yang disebabkan oleh virus baik pada manusia, hewan maupun tumbuhan, yaitu sebagai berikut:

- 1) Cacar variola disebabkan oleh virus jenis *Orthophoxvirus*.
- 2) Campak disebabkan oleh *Morbilivirus*.
- 3) AIDS disebabkan oleh HIV, yaitu *Human Immunodeficiency Virus*.
- 4) Flu disebabkan oleh virus influenza atau prainfluenza
- 5) Flu burung disebabkan oleh HPAIV yaitu *High Pathogenic Avian Influenza Virus*.
- 6) Rabies disebabkan oleh *Rhabdovirus*.
- 7) Tetelo disebabkan oleh virus NCD.
- 8) Mosaik disebabkan oleh TMV atau *Tobacco Mosaic Virus*.